



**UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
ZAMORA**

Memoria final del Proyecto de Innovación Docente ID2022/039

**Aprendizaje basado en problemas y nuevas prácticas de
laboratorio en asignaturas de Electrónica para
ingenierías**

**Participantes: Beatriz García Vasallo (coordinadora)
Elena Pascual Corral
Gaudencio Paz Martínez
Sergio García Sánchez**

**Área de Electrónica
Departamento de Física Aplicada**

Datos del Proyecto de Innovación Docente

TÍTULO: Aprendizaje basado en problemas y nuevas prácticas de laboratorio en asignaturas de Electrónica para ingenierías.

REFERENCIA: ID2022/039

PDI COORDINADOR:

BEATRIZ GARCÍA VASALLO

MIEMBROS DEL EQUIPO:

BEATRIZ GARCÍA VASALLO (B. G. Vasallo)

ELENA PASCUAL CORRAL (E. Pascual)

GAUDENCIO PAZ MARTÍNEZ (G. Paz)

SERGIO GARCÍA SÁNCHEZ (S. García-Sánchez)

CENTRO EN EL QUE SE HA LLEVADO A CABO EL PROYECTO:

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

DURACIÓN:

CURSO ACADÉMICO 2022/23

FINANCIACIÓN: 0 €

Índice

Introducción	4
Motivación y contexto docente	4
Objetivos	7
Actuaciones realizadas y resultados	8
ABP en Arquitectura de Computadores I	8
Experiencia práctica basada en DAQ	13
Conclusiones	17

Introducción

Motivación y contexto docente

La **principal motivación** con la que abordamos la innovación docente es la mejora continua en la docencia de las asignaturas del Área de Electrónica en el ámbito de las ingenierías impartidas en la Escuela Politécnica Superior de Zamora (EPSZ). En particular, nos interesa mejorar la motivación de los estudiantes de las diversas materias y titulaciones y ofrecer los sistemas más actualizados posibles. Así, en proyectos anteriores, hemos tratado múltiples temas, desde el aprendizaje basado en proyectos, el uso y generación de contenidos TIC de elaboración propia, la comunicación a través de redes sociales, etc. Además, habíamos detectado que el esquema de las asignaturas es recurrente porque está basado en criterios de reparto docente, pero podría ser mejorado de manera paulatina incluyendo metodologías y nuevas prácticas de laboratorio. Téngase en cuenta que nuestras asignaturas tienen tres grandes ejes sobre los que abordamos la docencia: las clases de teoría, los seminarios de problemas y las prácticas de laboratorio. La conexión entre estas actividades depende de la metodología empleada y es fundamental para una comprensión completa de la asignatura. También hemos tenido en cuenta que, cuando las asignaturas están situadas en los primeros cursos de los planes de estudios, se debe incrementar la motivación y facilitar la adquisición de competencias como la evaluación de las diferentes soluciones circuitales y la autonomía en el laboratorio.

En este presente proyecto, hemos propuesto mejorar el enfoque general de nuestra docencia introduciendo en el mayor grado posible las técnicas de Aprendizaje Basado en Problemas (APB)^{1,2,3} y actualizar las prácticas de laboratorio con la introducción en ellas de Sistemas de Adquisición de Datos (Data Acquisition Systems, DAQ)⁴. El contexto en el que nos movemos se sitúa, como hemos mencionado, en la EPSZ. En particular, vamos a abordar la mejora de dos asignaturas: “Arquitectura de Computadores I” (1er curso, 2º cuatrimestre, Grado en Ingeniería Informática en Sistemas de Información o GIISI) y “Fundamentos de

¹ Morales Bueno, P. y Landa Fitzgerald, V., “Aprendizaje basado en problemas. Problem-based learning”, *Theoria*, Vol. 13: 145-157, 2004.

² Parra Castrillón, J. E., Amariles Camacho, M. J., y Castro Castro, C. A., “Aprendizaje basado en problemas en el camino a la innovación en ingeniería”, *Ingenierías USBMed*, Vol. 7: 97-103, 2016

³ Rodríguez González, C.A., and Fernández Batanero, J.M., “A review of Problem-Based Learning applied to Engineering”, *International Journal on Advances in Education Research*, Vol. 3: 14-31, 2016.

⁴ <https://www.ni.com/es-es/shop/data-acquisition.html>

Electrónica” (2º curso, 1er cuatrimestre, Grado en Ingeniería Mecánica o GIMEC y Doble Grado en Ingeniería de Materiales e Ingeniería Mecánica o GIMAT-GIMEC).

“**Arquitectura de Computadores I**”⁵ es una asignatura básica de 6 ECTS que forma parte de la materia “Computadores” y que es previa a “Arquitectura de Computadores II”, que se imparte en el 2º curso. Entre los objetivos que se contemplan en esta asignatura, encontramos: (i) conocer los diferentes sistemas de codificación para representar la información en circuitos digitales y manejo de los principios del álgebra de Boole, (ii) implementar en el laboratorio de diferentes circuitos digitales, (iii) analizar y diseñar circuitos combinacionales y secuenciales, donde se incluye el conocimiento de los principios de los circuitos aritméticos digitales, (iv) conocer los distintos tipos de memorias utilizados en aplicaciones informáticas, y (v) diseño y utilización de circuitos conversores de señales analógicas a digitales (A/D) y viceversa (D/A). Es importante que, al término de esta asignatura, los estudiantes sean capaces de relacionar los distintos circuitos digitales estudiados con su papel en la organización y arquitectura de un computador. En el presente proyecto se tratará de plantear los objetivos de la asignatura en forma de problemas que deban ser solucionados y discutidos por los estudiantes como parte de la organización de un sistema computador. La solución de los problemas no es única, pues hay diferente forma tanto de enfocarlos como de optimizarlos, por lo que la realimentación en grupos de estudiantes es fundamental para su comprensión, y de ahí que técnicas como APB sean tan valoradas. En esta asignatura, suele haber aproximadamente 60 estudiantes matriculados. La división en grupos de seminarios está permitida a partir de 50 alumnos, pero debido a la habitual falta de asistencia, particularmente a partir de la mitad del curso (cuando la evaluación continua de otras asignaturas empieza a presionar) normalmente se realizan los seminarios en grupo único. De hecho, **la falta de asistencia es uno de los problemas más graves** en las asignaturas de Electrónica en 1º curso de GIISI. Por otra parte, la división habitual de grupos de prácticas se realiza inicialmente dividiendo la totalidad en 2 grupos de 30 alumnos. Estos 30 alumnos asisten a cada sesión de prácticas de laboratorio asistidos por 2 profesores y en grupos reducidos de un máximo de 3 alumnos. La temporización de las prácticas de laboratorio ha de ser prevista con suficiente antelación al comienzo del curso y la coordinación entre los profesores es fundamental. En el presente curso académico se ha dejado atrás el modelo de 3 prácticas presenciales asistidas por simuladores que han formado parte de los últimos años tras las restricciones presenciales debidas al Covid. Así, hemos recuperado el modelo anterior de 6 prácticas presenciales en las que la presencia del

⁵ <https://guias.usal.es/node/167385>

simulador queda reducida en beneficio de la implementación directa del circuito, aprovechando al máximo las capacidades del Laboratorio de Electrónica en la EPSZ.

“Fundamentos de Electrónica”⁶ es una asignatura obligatoria de 6 ECTS que se imparte en el 2º curso del Grado en Ingeniería Mecánica. La asignatura está encuadrada dentro del bloque común de la Rama Industrial. Los objetivos de esta asignatura abarcan la Electrónica Analógica y la Digital. Entre los primeros, encontramos: (i) conocer las propiedades de los materiales semiconductores, (ii) utilizar dispositivos electrónicos básicos (diodos, transistores, dispositivos optoelectrónicos y dispositivos de potencia) y (iii) conocer el funcionamiento del amplificador operacional y sus aplicaciones. A esta parte de la asignatura le corresponden 4 prácticas de laboratorio. Entre los segundos, encontramos: (iv) implementar en el laboratorio diferentes circuitos digitales, (v) analizar y diseñar circuitos combinatoriales y secuenciales y (vi) adquirir experiencia de trabajo de laboratorio (utilización de osciloscopios, fuentes de alimentación, generadores de señal, componentes y sistemas de montaje). A esta parte, le corresponden 3 prácticas de laboratorio. Como observamos, la segunda parte de esta asignatura está relacionada con “Arquitectura de Computadores I”, que hemos descrito anteriormente. El número de estudiantes matriculados en esta asignatura es, aproximadamente, 30, es decir, la mitad de “Arquitectura de Computadores I”, lo que a efectos prácticos se traduce en una mejor comunicación con los estudiantes no solo en las prácticas de laboratorio (donde es fácil establecer dicha comunicación por la división en grupos) sino también en las clases de teoría y en los seminarios de ejercicios.

Cabe señalar que los conocimientos previos que tienen los alumnos acerca de la Electrónica son muy básicos en ambas asignaturas. En el caso de “Arquitectura de Computadores I”, los estudiantes han cursado la asignatura “Física” en el 1er cuatrimestre, que concluye con la explicación del funcionamiento de puertas lógicas básicas y está relacionada con la primera parte de “Fundamentos de Electrónica”. Debido a sus similitudes, hemos planteado en el presente proyecto innovaciones que afectan sobre todo a “Arquitectura de Computadores I”, pero que son fácilmente adaptables a “Fundamentos de Electrónica”.

⁶ <https://guias.usal.es/node/167794>

Objetivos

El **objetivo principal** de este proyecto ha sido la aplicación de la metodología ABP y la introducción de nuevas prácticas de laboratorio basadas en sistemas DAQ en asignaturas impartidas por el Área de Electrónica del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Salamanca. En particular, nos referimos a las siguientes asignaturas:

Arquitectura de Computadores I (1er curso, 2º cuatrimestre, GISSI)

La novedad más significativa de nuestra propuesta consiste en la aplicación de la metodología de ABP en esta asignatura. Para ello, se han diseñado problemas estructuradores relacionados con la Electrónica Digital que engloban varias competencias que los estudiantes deben adquirir. También se ha invertido el esquema temporal seguido hasta ahora en cuanto a teoría, seminarios y prácticas. Asimismo, algunas soluciones circuitales basadas en un DAQ, recurso de gran interés por su portabilidad y versatilidad, han sido analizadas y se ha elegido una experiencia magistral concreta para comprobar su viabilidad.

Fundamentos de Electrónica (2º curso, 1er cuatrimestre, GIMEC y Doble Grado GIMAT-GIMEC)

Hemos comprobado que es factible y recomendable trabajar con sistemas basados en DAQ, ya que puede ser adaptado como generador de funciones y osciloscopio portables para aplicaciones fuera de laboratorio. Por su versatilidad, este recurso es generalizable a otras asignaturas de Electrónica de otros cursos y grados. Puesto que las fechas de resolución de los proyectos de innovación docente suelen situarse en el mes de noviembre y esta asignatura se imparte en el primer semestre, la nueva experiencia práctica ha sido diseñada y ensayada en “Arquitectura de Computadores I” en el curso 22/23, aunque, como se ha mencionado, la adaptabilidad del sistema para las prácticas de Electrónica Analógica de “Fundamentos de Electrónica” en el curso 23/24 ha sido verificada.

Para visibilizar estas prácticas docentes, en un primer momento se incluyó como objetivo la presentación de los resultados en el **VII Congreso Internacional Virtual en Investigación e Innovación Educativa (CIVINEDU)**⁷ en septiembre de 2023. La fecha límite para el envío de *abstracts* es el 7 de septiembre de 2023. Actualmente, estamos trabajando en la elaboración del resumen que podría ser presentado en esta conferencia en caso de

⁷ <https://www.civinedu.org/>

encontrar financiación (en el presente proyecto no fue concedida ninguna ayuda económica).

Debido a la falta de financiación del presente proyecto, nuestros logros principales están situados en el escenario del ABP adaptado a “Arquitectura de Computadores I”, mientras que las prácticas de laboratorio basadas en DAQ han sido restringidas a demostraciones realizadas en el aula a las que tuvieron acceso tanto a la forma de programación como a la implementación circuital los alumnos asistentes. La innovación fue implementada de esta forma por la previsión de asistencia de estudiantes y porque el aula reunía las condiciones adecuadas para la demostración.

Actuaciones realizadas y resultados

ABP en Arquitectura de Computadores I

Diseño de la metodología ABP

Como hemos mencionado, la novedad metodológica más significativa de este proyecto ha sido el desarrollo del ABP en “Arquitectura de Computadores I”. El primer paso fue la inversión en la estructura de la asignatura, que se ha basado en el diseño de problemas estructuradores que han sido expuestos al principio de los temas en los que se estudia el análisis y el diseño de circuitos combinacionales y circuitos secuenciales. Para esto, se realizó una revisión exhaustiva de los contenidos junto con una actualización de las diferentes prácticas de laboratorio y se elaboró un calendario de actividades (sesiones de teoría, seminarios y prácticas de laboratorio) para facilitar la coordinación entre los profesores que intervienen en la docencia de esta asignatura. Cabe señalar que este calendario no está cerrado y existe cierta flexibilidad para permitir cambios (por ejemplo, si alguno de los profesores debe asistir a alguna conferencia, etc). B. G. Vasallo es responsable de la teoría y de un grupo de Laboratorio, mientras que E. Pascual y S. García-Sánchez son responsables de otro grupo de Laboratorio. G. Paz intervino en la programación porque, aunque no forma parte del profesorado de la asignatura, realizó el diseño de la práctica basada en DAQ que se describe en la siguiente sección. S. García-Sánchez fue incluido en el proyecto desde que se incorporó al Área de Electrónica en septiembre de 2022. Cabe señalar que, por razones de equilibrio docente a lo largo del curso, otro profesor fue responsable de los seminarios de problemas y de prácticas de Laboratorio, pero su inclusión en el

presente proyecto no fue posible ya que esta docencia fue asignada con posterioridad a la fecha en la que se podían hacer cambios (hacia enero de 2023).

El planteamiento de los enunciados de los problemas estructuradores estuvo disponible para ser presentado en cada tema, al inicio del 2º cuatrimestre (finales de enero de 2023). De esta forma, después de una introducción a la Electrónica Digital, estos problemas justificaron dos temas de la asignatura. En los ejercicios de Electrónica Digital no existe una solución única y, además, ésta puede alcanzar diferentes grados de optimización. Cada estudiante debe trabajar de forma individual en esta solución, aunque debe también apoyarse en el trabajo en grupo (tanto en seminarios como en el laboratorio). Debido a la dificultad que plantea la evaluación de las diferentes soluciones y su proceso de obtención, dicha evaluación se incluyó también como tarea. Tanto en las sesiones de teoría y seminarios en el aula como en las prácticas de laboratorio, se fomentó el diálogo con los estudiantes para evaluar de manera adecuada el proceso de solución de los ejercicios propuestos y los diseños circuitales.

Implementación en la asignatura

En los temas centrales de la asignatura se han incluido problemas estructuradores que facilitan la adquisición de las competencias relacionadas por parte de los alumnos. Estos temas son los relacionados con circuitos combinacionales y secuenciales síncronos, que constituyen el núcleo central de la asignatura. En concreto, los problemas en los que se basa esta parte de la asignatura fueron presentados como sigue.

El problema principal de la asignatura es la **comprensión, por partes y de forma razonada, de un sistema computador**. En la arquitectura habitual de von Neumann, existen 3 elementos fundamentales que constituyen el sistema: el sistema de CPU (Unidad Central de Procesamiento), el sistema de memoria y el sistema de entrada/salida, todos ellos unidos mediante buses de comunicación de datos e instrucciones. Para que el sistema de CPU, que es el que ocupa la parte central del diseño, funcione adecuadamente, debe estar centrado en circuitos aritméticos que realicen en el menor tiempo posible las cuentas que tendrán lugar en la Unidad Aritmético Lógica (ALU), pero también han de existir circuitos que, realizando operaciones secuenciales como el registro de datos, de forma que su actividad depende del valor de las entradas, pero también del estado anterior. En particular, los circuitos secuenciales síncronos realizan esta función siguiendo el ritmo temporal marcado por pulsos de reloj. También la parte de memoria está incluida en la asignatura, y habrá que diferenciar qué tipos de memoria se basan en sistemas combinacionales y qué tipos se basan en elementos de memoria estudiados en los circuitos secuenciales.

Las señales físicas que se manejan en un computador (o un sistema digital en general) son señales de voltaje. En la asignatura “Física”⁸, se explica qué es un 0 lógico o un 1 lógico y la relación que hay con dos valores de voltaje suficientemente separados entre sí. El primer tema de “Arquitectura de Computadores I” está relacionado con la codificación de esta información. Siendo la continuación de la asignatura anterior y estando reforzados estos conocimientos (en particular los referidos a Álgebra de Boole) en la asignatura “Matemática discreta y lógica”⁹, desde el principio se optó por no incorporar ABP en este tema. Otros temas que han permanecido sin estructurar en base a un problema estructurador son los conversores A/D y D/A y las tecnologías de memorias, aunque se han incluido dentro del problema principal de comprensión de un sistema computador.

En el siguiente tema, donde se estudian **circuitos combinacionales**, el problema estructurador es el diseño de una ALU, como se muestra en la Fig. 1.

Diseñe una Unidad Aritmético Lógica con dos entradas de datos D1 y D2 y dos entradas de control C1 y C2 que realice la función que se describe en la tabla. Se debe implementar con puertas NAND.

Código		Función
C_1	C_2	$z_1 z_2$
0	0	$D_1 + D_2$ suma.
0	1	$D_1 - D_2$ resta.
1	0	$D_1 + \overline{D_2}$ suma aritm.
1	1	$\overline{D_1} + D_2$ suma aritm.

Fig. 1. Problema estructurador del tema *Circuitos combinacionales*.

Para resolver este problema, se necesitan conocimientos de diseño de circuitos combinacionales y la posibilidad de su implementación utilizando exclusivamente puertas NAND o puertas NOR, además de la simplificación de funciones lógicas que se ha visto en el tema anterior. Para entender el diseño, se suele explicar previamente el análisis de circuitos combinacionales. Además, puesto que se trata de un circuito que realiza operaciones aritméticas, también se explican los circuitos aritméticos combinacionales (es decir, circuitos sumadores, restadores, comparadores, etc.). La explicación del circuito sumador y

⁸ <https://guias.usal.es/node/167398>

⁹ <https://guias.usal.es/node/167417>

restador incluye la primera explicación del concepto de entrada de control, que también será empleado en la resolución del problema estructurador. Para la selección de datos o la distribución de información, se debe entender el comportamiento de circuitos combinacionales integrados como decodificadores y multiplexores.

El cambio hacia la metodología ABP exige que las prácticas sean justificadas mediante las competencias que deben adquirir los estudiantes en base a los problemas estructuradores y, además, se adelanten temporalmente con respecto a la impartición de los seminarios correspondientes. Además del ajuste de calendario que se ha explicado en la sección anterior, esta metodología exige una adaptación de los guiones de las prácticas. Para esto, hemos aprovechado la vuelta a la presencialidad total y la restitución de las 6 prácticas de laboratorio presenciales. Para facilitar en mayor medida la comprensión del funcionamiento de este tipo de circuitos, se realizaron con anterioridad al seminario dos prácticas en las que se estudiaba el funcionamiento de puertas lógicas y el diseño de un circuito combinacional sencillo.

El problema estructurador del tema de **circuitos secuenciales síncronos** es el que se muestra en la Fig. 2.

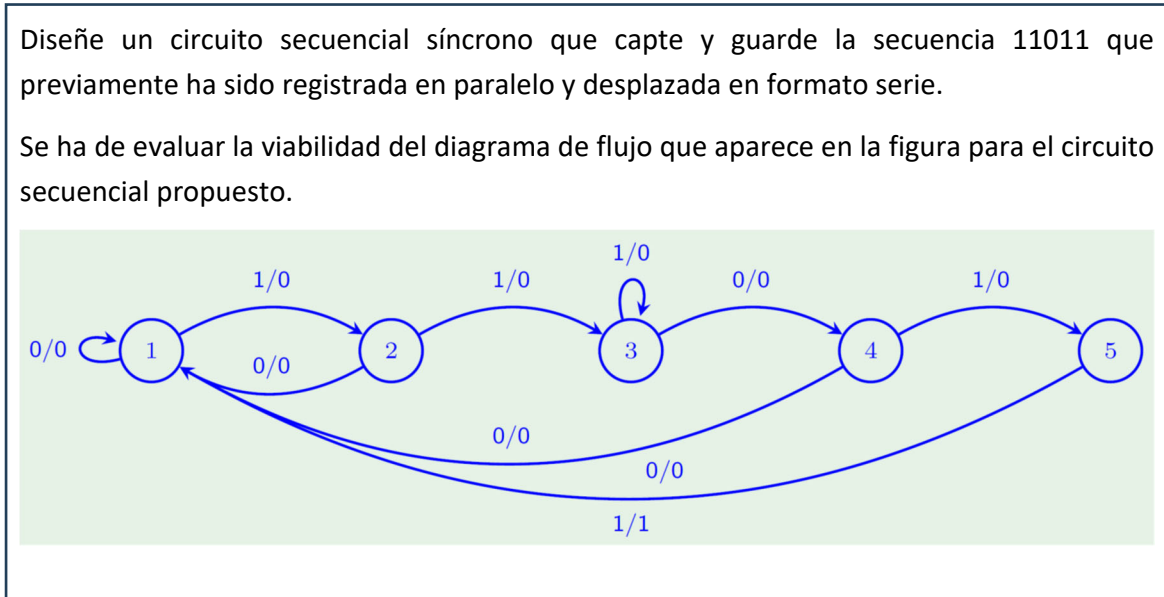


Fig. 2. Problema estructurador del tema *Circuitos secuenciales síncronos*.

Este problema es la conjunción de dos problemas típicos cuando se afronta el diseño de circuitos secuenciales síncronos. La primera parte, consiste en un circuito detector de una secuencia de datos que llegan en serie a través de una entrada x . El diagrama de flujo se aporta para su comprensión y evaluación (dependiendo de cómo se quiera detectar la

secuencia, es decir, si se admiten solapamientos o no, el diagrama puede sufrir variaciones). La segunda parte es un registro de desplazamiento con posibilidad de carga paralelo/serie cuya entrada sería el bus de datos en paralelo y la salida es la entrada x del circuito detector de secuencia. Se ha elegido este problema porque, además de elementos de memoria como *latches* y biestables, el análisis y la síntesis de circuitos secuenciales síncronos genéricos y los registros de desplazamiento, es necesario entrecruzar ideas para entender que el pulso de reloj, que será común al registro de desplazamiento y al circuito detector de secuencia, hace que todo funcione de forma ordenada en el tiempo. Entender que la salida de un circuito es la entrada del circuito posterior es algo que, aunque parece evidente, a la hora de enfrentarse a este tipo de problemas es lo que suscita mayores dudas, tal y como hemos podido comprobar en base a nuestra experiencia.

En este caso, tuvo lugar una práctica con anterioridad al seminario pertinente en la que se estudiaba la implementación de *latches* con puertas lógicas discretas y el funcionamiento de los biestables de tipo JK, con anterioridad al seminario donde se explicaban circuitos secuenciales.

Resultados y evaluación de la propuesta

Tanto los problemas estructuradores como el cambio en el calendario tradicional de las prácticas de laboratorio influyeron, como pudimos comprobar mediante la observación directa y los comentarios de los estudiantes en el laboratorio, una buena acogida en términos de motivación y comprensión de los contenidos. Este ha sido el **punto fuerte** de ambas actividades. Al dotar de una unidad a las explicaciones que se necesitan para abordar los problemas y al integrar las prácticas para la comprensión de dichas explicaciones, se logra una mayor comprensión de los circuitos. Cabe señalar que, debido a la naturaleza de los conceptos que se han de explicar en esta asignatura, la metodología ABO solo ha podido aplicarse de forma parcial, cuestión que se intentará soslayar durante el curso 23/24. Para ello, se ha de incluir al menos un problema estructurador que justifique la explicación de los circuitos secuenciales asíncronos tanto de modo de nivel como de modo de pulso. Cabe señalar que no se ha podido comprobar mediante un grupo de control los resultados de la propuesta de forma cuantitativa, no obstante, podemos concluir que sería beneficioso introducir esta técnica metodológica en toda la asignatura.

En cuanto a los **puntos débiles**, hemos detectado los siguientes. En el tema en que se explican circuitos combinacionales, normalmente se incluye el funcionamiento de dispositivos lógicos programables, como la memoria programable de solo lectura, las matrices lógicas programables y la matriz lógica genérica, ya que pertenecen a este tipo de

circuitos. Sin embargo, esta explicación queda desligada del problema estructurador, que debe ser revisado. Otra solución posible es recolocar estos conceptos en la última parte de la asignatura, normalmente destinada a las tecnologías de memoria. Esta última opción es más factible porque permite otorgar mayor importancia al último tema del curso y, además, sirve de repaso de sistemas combinacionales. Otro punto débil detectado es que, en el tema en el que se explican circuitos secuenciales síncronos, también se incluyen circuitos asíncronos tanto de modo de nivel como de modo de pulso. Este tipo de circuitos presenta muchas dificultades y, por falta de tiempo, no se ha logrado un sistema circuital con el que se pueda explicar de forma estructurada este tipo de sistemas. Para el próximo curso, pretendemos diseñar otro problema que otorgue importancia y significado a este tipo de circuitos.

Por último, cabe señalar que, aunque hemos intentado tender a una metodología plenamente ABP, esta solo ha podido llevarse a cabo de forma parcial. Más problemas que puedan ser resueltos y discutidos por los alumnos para una mejor estructuración de la asignatura deberían ser desarrollados en posteriores cursos académicos.

Experiencia práctica basada en DAQ

Diseño de la práctica

Para completar las competencias que adquieren los estudiantes en lo referente al manejo de circuitos, se ha incluido una práctica adicional en la que se maneja un DAQ para la comprobación de una señal PWM. Ha sido puesta en marcha en “Arquitectura de Computadores I” y se ha ensayado las posibilidades de funcionamiento de este como osciloscopio y generador de funciones portátil para demostraciones de Electrónica Analógica en “Fundamentos de Electrónica”.

El objetivo inicial de la propuesta incluía el manejo en grupos medianos del DAQ por parte de los estudiantes para varias prácticas, pero no ha sido posible debido a la falta de financiación. Por esto, hemos optado por tomar prestado uno de los DAQ que se utilizan en otras asignaturas en la Facultad de Ciencias para realizar una demostración de tipo magistral. La experiencia diseñada, que se basa en la **explicación y demostración de una señal modulada por pulsos**, ha sido incluida en el penúltimo tema del curso, que está dedicado al funcionamiento de sistemas de conversión A/D y D/A. De esta manera, además de la implementación de un circuito conversor D/A en escalera que se realiza tradicionalmente como práctica en el laboratorio, se ha profundizado en los contenidos del

tema y se ha mostrado un sistema actual para manejo de datos y, aunque no en detalle, se ha introducido la programación gráfica en Labview, también muy utilizada.

Esta experiencia o prácticas similares son adaptables. Por ejemplo, si la práctica se realizara al margen del tema, simplemente sería necesario comenzar con una introducción a los sistemas de conversión D/A. En el caso de “Arquitectura de Computadores I”, después de todos los conocimientos adquiridos en sistemas digitales, se debe explicar la interfaz entre el mundo analógico real y los sistemas digitales de procesamiento de datos. La dificultad radica en la inclusión de elementos analógicos (como el amplificador diferencial).

Una técnica que utilizan los sistemas digitales para generar señales analógicas es la modulación por anchura de pulsos. Se trata de obtener una señal entre 0 V y un voltaje alto (5 V en nuestro caso) que se mantenga en alto durante una parte del periodo. Esta señal debe ser entrada de un filtro pasa-baja para adquirir la señal analógica definitiva. En la Fig. 3 hemos representado la señal generada. El ciclo de trabajo, definido como $duty\ cycle = T_{on}/(T_{on} + T_{off})$, es la magnitud que se emplea para caracterizar esta señal.

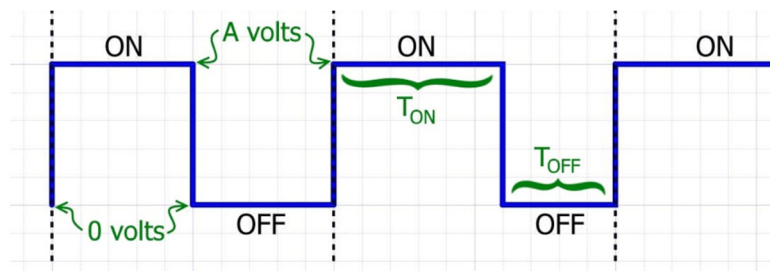


Fig. 3. Señal digital generada y definición de ciclo de trabajo.¹⁰

El valor nominal de la señal analógica generada está determinado por el ciclo de trabajo y el valor de voltaje en alto. Si denotamos este valor por A (como “amplitud” de la señal). El filtro que se va a utilizar es, como hemos mencionado, un circuito RC sencillo que pueda ser fácilmente explicado con los conocimientos que ya se adquirieron en la asignatura “Física”. En el dominio de frecuencia, el filtro pasa-baja elimina los componentes de alta frecuencia de la señal que se le suministra, manteniendo idealmente sólo la componente DC del espectro. En el dominio del tiempo, esto se traduce en una suavización de la señal pulsada hasta llegar a un valor medio en la señal de salida del filtro. Si por ejemplo el ciclo de trabajo es del 50 %, es decir, durante una mitad del periodo la señal pulsada está en alto y durante la otra mitad está en bajo, y estamos trabajando con una señal de amplitud 5 V,

¹⁰ <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/turn-your-pwm-into-a-dac/>

obtendremos en la salida una señal analógica continua de 2.5 V. Para cualquier otro ciclo de trabajo y otra amplitud de la señal, obtendremos a la salida del pulso una señal continua de valor $A \times duty\ cycle$.

Implementación en la asignatura

El material empleado fue llevado desde la Facultad de Ciencias hasta la EPSZ ya habiendo probado la viabilidad de la experiencia en el laboratorio de Electrónica del Edificio Trilingüe. Siendo al final de curso, la asistencia de los estudiantes a las clases suele disminuir bastante, por lo que, como estaba previsto, aproximadamente 20 alumnos estuvieron presentes. Precisamente, con este tipo de experiencias hemos tratado desde hace años aumentar la motivación de los estudiantes por la Electrónica y mejorar la asistencia, sobre todo de cara a la última parte del curso académico. Habiendo dos alternativas (laboratorio o aula), se optó por permanecer en el aula para facilitar la integración entre la explicación teórica y la demostración práctica. Durante la sesión teórica, se explicó tanto el funcionamiento del DAQ como las señales PWM y posteriormente se realizó la demostración. En la Fig. 4 se muestra la fotografía tomada al finalizar la experiencia y la Fig. 5 corresponde a una ampliación del DAQ que tomamos prestado y el circuito implementado; una vista general del aula se muestra en la Fig. 6.

Al finalizar la sesión, los estudiantes pudieron acercarse a la mesa y ver de cerca tanto el circuito como la parte de programación del DAQ. Es entonces cuando se plantean todas las dudas y preguntas que no se han planteado anteriormente (que son la mayoría).

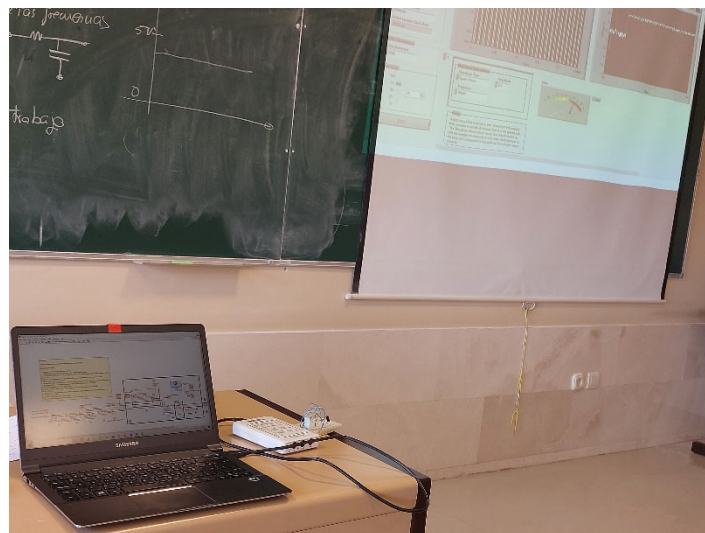


Fig. 4. Fotografía tras la experiencia práctica basada en DAQ.



Fig. 5. Circuito implementado para la experiencia práctica basada en DAQ.



Fig. 6. Vista general del aula una vez acabada la experiencia práctica basada en DAQ.

Resultados y evaluación de la propuesta

El **punto fuerte** de la experiencia llevada a cabo es, como en todas las demostraciones prácticas, que los estudiantes pueden comprobar por sí mismos las explicaciones teóricas, de manera que éstas pueden ser más fácilmente comprendidas y asimiladas. De hecho, una de las ventajas de explicar la teoría con una demostración que se inicia al principio de la clase y se concluye al final ofrece, además, la ventaja de la amenidad en las explicaciones y la curiosidad que puede derivar en un incremento de la motivación.

El principal **punto débil** detectado, basado principalmente en la falta de recursos propios que puedan ser utilizados de forma continuada en la EPSZ, es la imposibilidad de que los estudiantes tengan el tiempo suficiente como para familiarizarse con estos sistemas. La introducción de prácticas de laboratorio en grupos medianos o pequeños está sujeta a la obtención de una financiación adecuada. En cualquier caso, una vez comprobada la buena acogida que tuvo la experiencia, se pretende soslayar este inconveniente incluyendo este

sistema u otros similares que permitan una mejor conexión entre las explicaciones teóricas y la realidad.

Conclusiones

Los objetivos principales de este proyecto han sido la aplicación de la metodología ABP y la introducción de nuevas prácticas de laboratorio basadas en sistemas DAQ en la asignatura “Arquitectura de Computadores I” (1er curso, 2º cuatrimestre, GIISI). Los resultados de la última parte también son aplicables a la asignatura “Fundamentos de Electrónica” (2º curso, 1er cuatrimestre, GIMEC y Doble Grado GIMAT-GIMEC). Debido a la falta de tiempo y de financiación, los objetivos solo han sido adquiridos parcialmente, no obstante, existen conclusiones muy significativas que permiten la mejora futura de nuestra práctica docente.

El principal interés tanto de la tendencia a metodologías como APB aplicadas a asignaturas de ingenierías como la actualización de las prácticas de laboratorio es la buena acogida entre los estudiantes en términos de motivación y, también, de comprensión de conceptos complejos. En particular, uno de los principales problemas que encontramos en las asignaturas básicas de GIISI es falta de asistencia a las actividades, problema que se agrava a medida de avanza el curso. Por eso, mejorar la motivación por la materia y amenizar las explicaciones teóricas es nuestro propósito curso tras curso. Hemos comprobado con este proyecto de innovación docente que la consecución de este objetivo es posible mediante las técnicas empleadas. Como ya hemos señalado, aunque hemos intentado tender a una metodología plenamente ABP, esta sólo ha podido llevarse a cabo de forma parcial y es nuestro objetivo futuro la aplicación total de esta técnica.

Por otro lado, la renovación de las prácticas de laboratorio con sistemas novedosos es necesaria para que los futuros ingenieros trabajen con los sistemas más actuales. En este caso, el punto débil es la falta de recursos económicos que permitan realizarlo de una forma operativa. Dada la importancia de soslayar este punto, intentaremos solicitar futuros proyectos de innovación docente para seguir mejorando como profesores de Electrónica en ingenierías.