



Desarrollo e implementación de un conjunto didáctico de circuitos electrónicos básicos con fines educativos

Julián Calderón-Almendros^a, Francisco David Trujillo-Aguilera^a, Carmen García-Berdones^a, Eva González-Parada^a, Elidia Beatriz Blázquez-Parra^b y Miguel Ángel Sáez-Mendoza^c

^aDepartamento Tecnología Electrónica, Universidad de Málaga, {jcalderon, fdtrujillo, berdones, gonzalez}@uma.es, ^bDepartamento Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Málaga, ebeatriz@uma.es, ^csaezmendoza@gmail.com

Abstract

The current university frame involves an important change towards new models that promote the active role of students in the teaching/learning process. Furthermore, it is necessary that students get involved more efficiently and their independent behavior and active participation must be encouraged. Therefore, students gain prominence and their learning is more significant.

With this objective in mind, a set of basic electronic circuits is implemented (both analog and digital ones). Due to the use of this educational tool, and once the theory has been explained in class, students can check the performance of several circuits in laboratory, analyzing both voltages and currents in the oscilloscope. Each designed circuit includes an interactive printed circuit board where the circuit components are placed.

So, this remarkable teaching tool makes feasible the reinforcement of theoretical contents of the basic electronics. In the particular case of the Escuela Politécnica Superior belonging to the Universidad de Málaga, the use of this initiative covers subjects as “Fundamentals of Electronics” in different bachelor degree.

Keywords: *Analog Electronics, Digital Electronics, interactivity, educational innovation, teaching/learning process.*

Resumen

Numerosos estudios aseguran que las clases interactivas mejoran el rendimiento de los estudiantes, así como fomentan su interés en el aprendizaje.

Los alumnos aprenden más y mejor cuando participan activamente en el proceso de enseñanza/aprendizaje: cuanto mayor es su participación en su propio aprendizaje, más profunda es la comprensión y la retención a largo plazo, ya que lo estudiado pasa a formar parte del andamiaje mismo de su conocimiento. Por lo tanto, con esta iniciativa, se pretende dar protagonismo al alumnado, de forma que pueda probar y comprobar directamente, de su propia mano, lo explicado en clase.

Para ello, se implementa físicamente un conjunto de circuitos electrónicos básicos, tanto analógicos como digitales, de forma que los estudiantes puedan verificar la funcionalidad que cada circuito realiza y probar los diversos montajes, analizados y explicados en el aula, a través de un panel de prueba que pueden manejar ellos mismos. Este panel de prueba consiste, para cada diseño desarrollado, en una placa de circuito impreso interactiva en la que los alumnos pueden comprobar el funcionamiento de cada diseño. En esta placa se disponen los diversos componentes que conforman el montaje así como las conexiones para poder comprobar su funcionamiento y medir tanto tensiones como intensidades.

De esta forma se dispone de una herramienta didáctica de gran valor educativo que abarca los contenidos más elementales que debe tener cualquier materia sobre electrónica básica; cubriéndose, de esta forma, los conocimientos de asignaturas como “Fundamentos de Electrónica”, presente en las diversas titulaciones de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Málaga.

Palabras clave: *Electrónica Analógica, Electrónica Digital, interactividad, innovación educativa, proceso de enseñanza/aprendizaje.*

Introducción

La renovación pedagógica acaecida durante los últimos años en la enseñanza universitaria ha desembocado en un cambio radical en la concepción del aprendizaje y de la enseñanza. La clásica didáctica universitaria ha dejado paso a un nuevo modelo general en el que el fomento de la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje (Bautista Pérez, 2006) se ha convertido en la piedra angular de la nueva praxis. Amén de ello, es necesario impulsar la independencia y participación activa de los alumnos, promoviendo la adquisición de destrezas, habilidades y competencias como el trabajo en grupo, la expresión oral, la defensa y discusión de ideas, etc. (Hannafin et ál., 1999), desembocando en un giro radical en el tradicional proceso de enseñanza/aprendizaje.

En este sentido, el renovado marco educativo al amparo de este nuevo modelo ha supuesto un reto para el docente toda vez que este nuevo escenario ha planteado un cambio radical en la enseñanza: el centro de la misma es el alumno y las nuevas estrategias pedagógicas deben estar basadas en la forma de fomentar el aprendizaje del estudiante. Según esto, múltiples investigaciones (Beauchamp y Kennewell, 2010; Dewey, 1962; Barge, 2010; Savannah y Parsell, 2013) han demostrado que las clases interactivas mejoran el rendimiento de los estudiantes, fomentando su interés en la materia y el aprendizaje de la misma. Los alumnos aprenden más y mejor cuando participan activamente en el proceso de enseñanza/aprendizaje: cuanto mayor es su participación en su propio aprendizaje, más profunda es la comprensión y la retención a largo plazo, ya que lo estudiado pasa a formar parte del andamiaje mismo de su conocimiento. Teniendo como punto de partida este objetivo, se desarrolla el trabajo que se expone a continuación, con la idea de otorgar mayor protagonismo a los estudiantes, de forma que puedan probar y comprobar directamente, de su propia mano, los conceptos explicados en clase, en el ámbito de la electrónica básica (Hambley, 2003), tanto analógica como digital.

De esta forma, se desarrolla la implementación física de un conjunto de circuitos electrónicos elementales, permitiendo al alumnado la comprobación de la funcionalidad y la verificación de las prestaciones de cada circuito, que previamente ha sido analizado y explicado en el aula. Esta interacción alumno-materia (circuitos electrónicos) se lleva a cabo a través de un panel de prueba que los alumnos pueden manejar. Dicho panel de prueba consiste, para cada diseño, en una placa de circuito impreso interactiva, pudiendo los alumnos observar los diversos componentes que conforman el montaje así como las conexiones entre ellos para dar lugar a una función circuital concreta que pueden probar midiendo tanto tensiones como intensidades en diversos puntos del circuito, así como visualizando las variables que consideren oportunas y necesarias para una mejor comprensión del funcionamiento global del circuito.

Los circuitos implementados abarcan desde diseños básicos, como puertas lógicas, de diferente tecnología, realizadas a bajo nivel a partir de transistores, hasta diseños más complejos convertidores digital/analógico y analógico/digital o circuitos de integración y derivación.

La orientación del trabajo viene suscitada por el marco académico en el cual se desarrollan las asignaturas objeto, como son, por ejemplo, “Fundamentos de Electrónica”, impartida en diversos títulos de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Málaga (Grado en Ingeniería Electrónica Industrial, Grado en Ingeniería Eléctrica y Grado en Ingeniería Mecánica) o “Electrónica y Automatización del Producto”, impartida en el título de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. Pero es fácilmente extensible a otras asignaturas con contenidos y competencias similares a las citadas, que aborden el estudio de la electrónica básica.

Electrónica digital implementada

La electrónica digital (Floyd, 2009) es una rama de la electrónica más moderna que la electrónica analógica y que evoluciona más rápidamente. Engloba sistemas electrónicos en los que la información está codificada en estados discretos, a diferencia de los sistemas analógicos donde la información toma un rango continuo de valores. En la mayoría de sistemas digitales, el número de estados discretos es dos y se les denomina niveles lógicos. Estos niveles lógicos puede ser representados, por ejemplo, por un par de valores de tensión: uno cercano al valor de referencia del circuito (normalmente 0 voltios), y otro cercano al valor dado por la fuente de alimentación del circuito. Estos dos estados discretos (frecuentemente denominados “0” y “1”) permiten hacer uso del Álgebra de Boole, lo que proporciona herramientas muy potentes para realizar cálculo sobre las señales electrónicas de entrada.

Como ya se ha citado, la implementación de circuitos básicos de electrónica analógica y digital, usando para ello componentes comunes, consigue que una persona inexperta en la materia pueda llegar a comprender su funcionamiento. De esta forma, se facilita que el usuario que los utilice pueda interactuar con las implementaciones entendiendo su funcionamiento y los resultados que muestra.

Los dispositivos digitales más elementales se conocen con el nombre de puertas lógicas. Las puertas lógicas originalmente deben su nombre a la capacidad de permitir o retardar el flujo de información digital. En general, una puerta lógica tiene una o más entradas y produce una salida que es función de los valores de las entradas, modelándose esta salida para que únicamente pueda tomar dos valores discretos, “0” o “1”.

Una parte del trabajo que se va a presentar, se basa en el diseño e implementación de dispositivos digitales gracias a componentes analógicos. Esto es importante dado que la separación habitual entre lo digital y lo analógico llega a ser de tal magnitud que, habitualmente, los alumnos desconocen la relación que existen entre ambos mundos, llegando incluso a suponer una desconexión total entre estas dos divisiones de la electrónica básica.

Las puertas lógicas implementadas corresponden a todo el repertorio de puertas lógicas digitales, como son:

- Puerta NOT
- Puerta AND
- Puerta OR
- Puerta XOR
- Puerta NAN
- Puerta NOR
- Puerta XNOR

*J. Calderón-Almendros, F. D. Trujillo-Aguilera, E. González-Parada,
C. García-Berdónés, E. B. Blázquez-Parra y M. A. Sáez-Mendoza*

A modo de ejemplo, se detalla el procedimiento de desarrollo y fabricación de una de estas puertas nombradas; concretamente, la puerta NAND de dos entradas. Esta puerta (Figura 1) tiene un comportamiento de salida, en función de las entradas, definido según la Tabla 1 (la salida de la puerta NAND permanecerá en el estado “0” si y solo si las entradas presentan el estado “0”).

Figura 1 Símbolo de la puerta lógica NAND de dos entradas

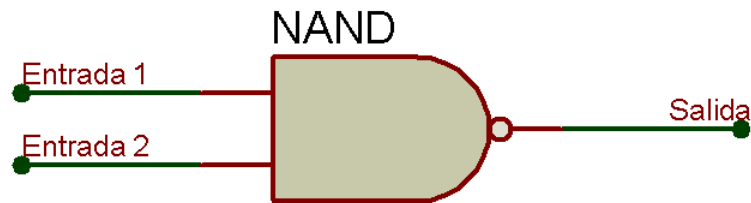
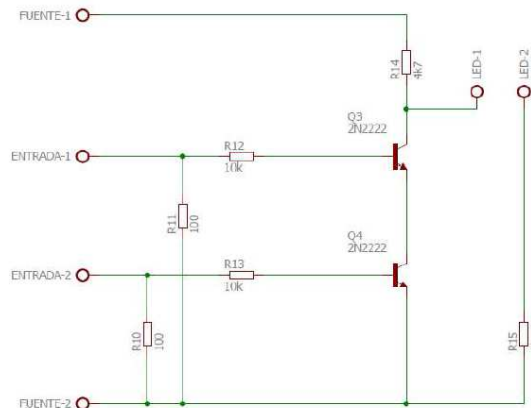


Tabla 1. Definición del funcionamiento de la puerta lógica NAND de dos entradas

Entrada 1	Entrada 2	Salida
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Figura 2 Esquema circuital de la puerta lógica NAND



La puerta lógica NAND se puede encontrar en circuito integrado, pero con el objeto de que el alumnado pueda trabajar con ella y comprender su funcionamiento, se presenta su diseño en base a elementos básicos que la conforman (Figura 2).

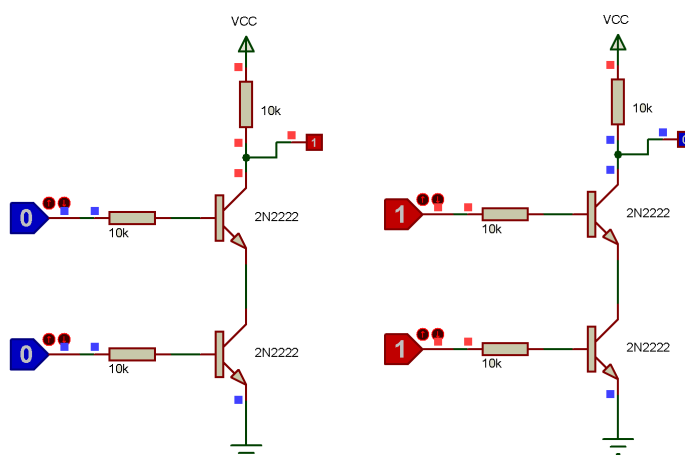
Como puede apreciarse en la Figura 2, amén de la circuitería (resistencias y transistores), aparecen las dos entradas (terminales ENTRADA-1 y ENTRADA-2), la fuente de alimentación (terminales FUENTE-1 y FUENTE-2) y un LED (LED-1) (Light-Emitting Diode; diodo emisor de luz). La fuente de alimentación, de la que se hablará más adelante, está presente en todos los montajes realizados, dado que es necesaria para y la correcta conversión de la corriente alterna en corriente continua, lo que permite el adecuado funcionamiento de los circuitos implementados.

La situación del denominado LED-1 indica el funcionamiento de la puerta lógica. Así, si LED-1 está apagado, la salida de la puerta lógica es “0”; y si LED-1 está encendido, la salida de la puerta lógica es “1”. Todo ello acorde con la tabla de verdad de la puerta lógica, descrita en la Tabla 1.

Las diversas resistencias del circuito toman sus correspondientes valores para conseguir la activación correcta de los transistores así como evitar la rotura del LED-1 y evitar posibles fallos de funcionamiento de la puerta lógica.

Se complementa la explicación de la puerta lógica con la descripción del comportamiento, según el estado de las dos entradas y la activación, si corresponde, de los transistores y el correspondiente encendido o apagado del LED de salida. A modo de ejemplo, en la Figura 3 se muestra este comportamiento para las entradas “0-0” (izquierda) y “1-1” (derecha).

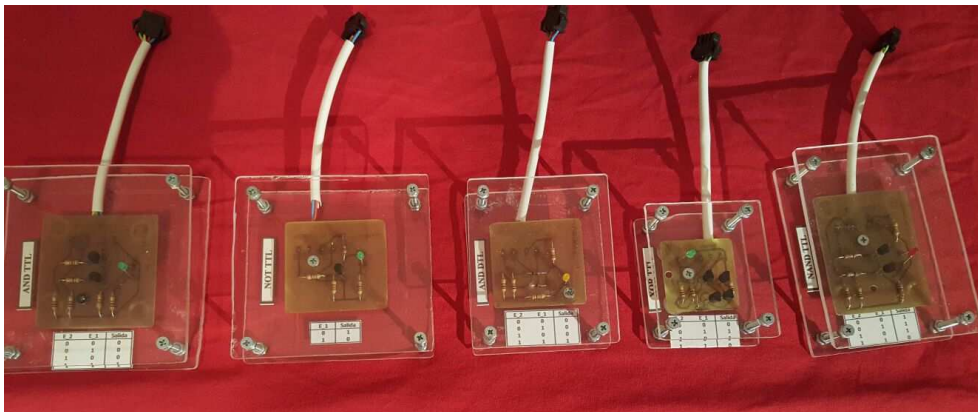
Figura 3 Comportamiento de salida según diversas condiciones de entrada



*J. Calderón-Almendros, F. D. Trujillo-Aguilera, E. González-Parada,
C. García-Berdónés, E. B. Blázquez-Parra y M. A. Sáez-Mendoza*

De forma análoga a lo descrito para la puerta lógica NAND, se sigue el mismo procedimiento para el resto de puertas lógicas. El resultado definitivo de los diversos circuitos digitales elementales implementados se muestra en la Figura 4, donde puede comprobarse como una de ellas se corresponde a la puerta lógica NAND descrita en este apartado.

Figura 4 Circuitos digitales elementales implementados



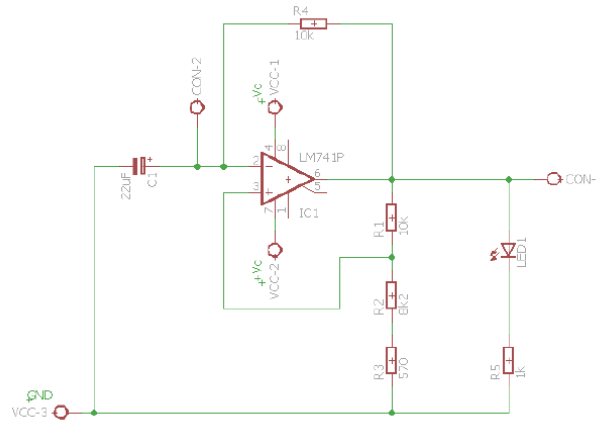
Electrónica analógica implementada

La electrónica analógica (Malik, 2003) es una rama de la electrónica que estudia los sistemas cuyas variables (tensión, corriente, etc.) varían de una forma continua en el tiempo y pueden tomar, al menos teóricamente, valores infinitos. En contraposición con ello se encuentra la electrónica digital, cuyas variables únicamente pueden tomar valores discretos y tienen siempre un estado perfectamente definido.

En el apartado relativo a la electrónica analógica, se ha desarrollado un conjunto de circuitos para conocer algunas de las topologías más elementales y básicas de este campo de la electrónica. Así, por ejemplo, un oscilador de relajación y diversos circuitos de integración y diferenciación; todo ello con el objetivo de aprender a trabajar con el amplificador operacional, un dispositivo comúnmente utilizado en numerosas aplicaciones. Además, una fuente de alimentación, necesaria para el funcionamiento de las diversas placas de circuitos desarrolladas.

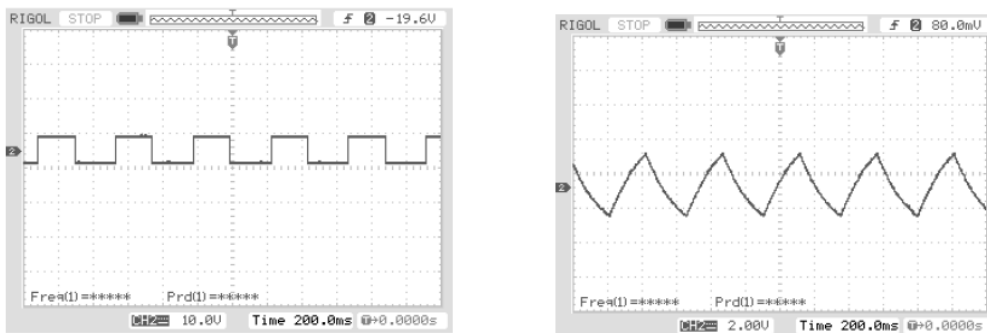
Del mismo modo que se ha explicado para los dispositivos digitales, a modo de ejemplo, se detalla los resultados del desarrollo del oscilador de relajación. Un oscilador de relajación (Figura 5) es un circuito de repetición, cuya repetición se basa en la carga de un condensador hasta un cierto umbral. La tensión de salida de un oscilador de relajación es una onda cuadrada definida por los valores de las resistencias y el condensador de carga.

Figura 5 Configuración de un oscilador de relajación



Los valores de las diversas resistencias y del condensador se calculan para establecer el tiempo de repetición que se desee. En la Figura 6 puede observarse la tensión de salida del circuito (izquierda) y la forma de onda de la carga y descarga del condensador C1 (derecha).

Figura 6 Formas de onda significativas del oscilador de relajación



De la misma forma se procede a la definición de los diversos elementos que componen la fuente de alimentación del sistema, formada por los siguientes bloques (Figura 7): tensión de entrada, transformador, puente rectificador, filtro y regulador de tensión.

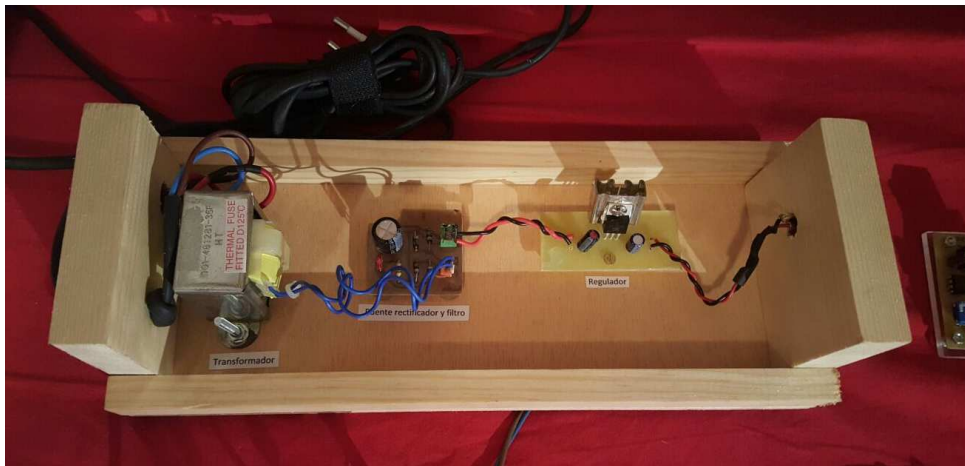
*J. Calderón-Almendros, F. D. Trujillo-Aguilera, E. González-Parada,
C. García-Berdónés, E. B. Blázquez-Parra y M. A. Sáez-Mendoza*

Figura 7 Bloques que componen la fuente de alimentación diseñada



En la Figura 8 se muestra el resultado de la implementación de esta fuente de alimentación.

Figura 8 Fuente de alimentación diseñada

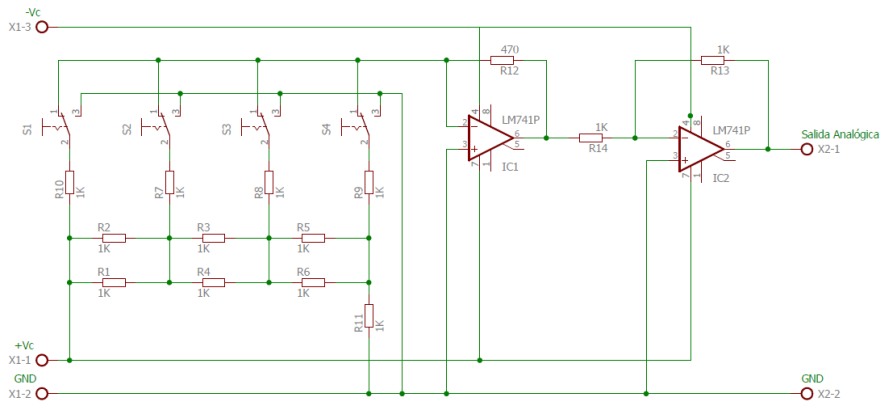


La conversión entre los dos mundos

Por último y al objeto de que los estudiantes pueda comprobar el paso del mundo analógico al digital y viceversa, se diseñan dos convertidores: digital/analógico (DAC) y analógico/digital (ADC).

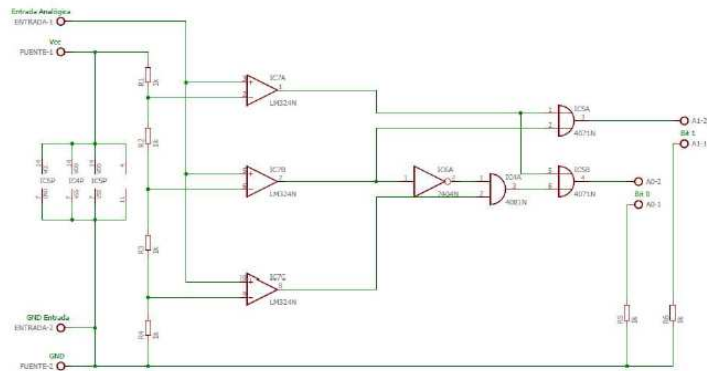
El primero de ellos (DAC) presenta una información digital a modo de señal de entrada y la transforma en tensión o corriente analógica. Para el diseño de este montaje se ha usado una circuitería de tipo escalera, dado que únicamente hace uso de un valor de resistencia para todo el montaje, ofreciendo un resultado muy preciso (Figura 9).

Figura 9 Convertidor digital/análogo



El segundo de los convertidores (ADC) se hace necesario para que los datos tomados de un sistema físico (normalmente de forma analógica) puedan ser convertidos en datos digitales. El circuito implementado para este convertidor hace uso de un comparador en paralelo, que presente una salida de 2 bits (Figura 10).

Figura 10 Convertidor analógico/digital



A modo de resumen, se presenta, en la Figura 11, todos los circuitos diseñados e implementados a fin de conseguir el objetivo inicialmente planteada de que los alumnos puedan comprobar con estos diseños el comportamiento teórico de los diversos circuitos electrónicos elementales explicados en el aula.

*J. Calderón-Almendros, F. D. Trujillo-Aguilera, E. González-Parada,
C. García-Berdónés, E. B. Blázquez-Parra y M. A. Sáez-Mendoza*

Figura 11 Conjunto de circuitos implementados



Conclusiones y consideraciones futuras

El desarrollo de la experiencia descrita entra dentro de la actual renovación pedagógica que viene tildando la enseñanza universitaria durante los últimos años, introduciendo dentro del campo de la innovación educativa una interesante y relevante herramienta para el afianzamiento, en laboratorio, de los contenidos teóricos de un cualquier curso de electrónica básica, gracias a la interactividad que proporciona el trabajo desarrollado, consistente en un conjunto didáctico de circuitos electrónicos básicos; dado que este tipo de asignaturas se caracteriza porque si bien, tiene una componente teórica importante, no menos importante es su parte práctica que propicia la consolidación de los conceptos teóricos.

Al tratarse de una herramienta desarrollada durante el presente curso, no ha sido posible realizar encuestas de satisfacción a los estudiantes, donde poder tener constancia subjetiva acerca de la adecuación de la herramienta al aprendizaje de la electrónica básica. Por tanto, como posible futura línea de trabajo, se contempla el desarrollo de esta encuesta de opinión de los usuarios, amén de poder llevar a cabo una comparativa de resultados académicos de los estudiantes, a modo de constancia objetiva, a través de la cual poder observar y corroborar si se ha mejorado el aprendizaje de los mismos y en qué medida se ha logrado dicha mejoría.

Aunque pueda parecer una herramienta totalmente cerrada, la aplicación desarrollada está abierta a posibles mejoras y modificaciones en un futuro, como puede ser la incorporación

Desarrollo e implementación de un conjunto didáctico de circuitos electrónicos básicos con fines educativos

de otros circuitos electrónicos, más complejos, con la misma filosofía con la cual se han desarrollado los expuestos en este artículo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Universidad de Málaga en el marco del Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech.

Referencias

- Barge, S. (2010). *Principles of Problem and Project Based Learning .The Aalborg PBL Model*.
- Bautista Pérez, G. (2006). *Didáctica universitaria en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje*. Narcea S. A. de Ediciones, Madrid.
- Beauchamp, G. y Kennewell, S. (2010). Interactivity in the classroom and its impact on learning, *Computers and Education*, 54 (3), 759-766.
- Dewey, J. (1962). *The Higher Learning in America*. Yale University Press, New Haven.
- Floyd, T. L. (2009). *Fundamentos de sistemas digitales*. Prentice-Hall, Madrid.
- Hambley, A. R. (2003). *Electrónica*. Prentice-Hall, Madrid.
- Hannafin, M., Land, S. y Oliver, K. (1999). Open-learning environments: foundations, methods, and models. En C. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models (Vol II)*, Mahway-Erlbaum, Nueva Jersey.
- Malik, N. R. (2003). *Circuitos electrónicos. Análisis, simulación y diseño*. Prentice-Hall, Madrid.
- Savanah, S. y Parsell, M. (2013). *How to apply active learning techniques. Learning through meaning*. Macquarie University, Sidney.