

USO DE TARJETAS DE DESARROLLO DE BAJO COSTE (tipo ARDUINO) COMO DUMMIES⁽²⁾ PARA POTENCIAR EL APRENDIZAJE Y DESTREZA EN LA TOMA DE MEDIDAS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS EN ASIGNATURAS DE ELECTRÓNICA

José M^a Guerrero-Rodríguez, Clemente Cobos-Sánchez, Ángel Quirós-Olozábal, Juan A. Leñero-Barballo*, Luis Rubio-Peña, José M^a Sierra-Fernández*

Departamento de Ingeniería en Automática, Electrónica, Arquitectura y Redes de computadores, Escuela Superior de Ingeniería, *Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz (UCA), ** Ahora en la Universidad de Sevilla.

josem.guerrero@uca.es

RESUMEN:

En la docencia de asignaturas propias de la ingeniería en electrónica es imprescindible desarrollar la capacidad y destreza suficiente para abordar el diseño/construcción de circuitos prácticos pero especialmente la agilidad en el manejo de la instrumentación a la hora de tomar medidas sobre el mismo.

Pero en asignaturas de mayor complejidad como el caso más representativo de la *Instrumentación Electrónica* (que *per-se* está dirigida al aprendizaje de métodos, equipos y tecnologías de medidas) o bien cualquier otra especialidad que persiga la evaluación externa del resultado de un sistema, el montaje del propio circuito donde ejercer posteriormente las acciones de ensayo/diagnosis puede representar una reducción importante del tiempo de práctica disponible, que restarán para las medidas y toma de decisiones y merman así créditos experimentales de lo que se persigue en ese instante del alumnado.

Se presenta un emulador de sistemas físicos, propio, diseñado en la UCA, de bajo coste, basado en la Plataforma *Arduino*®, que permite virtualmente comportarse como un circuito objeto sobre el que ensayar. Esta misma técnica hemos comprobado que es susceptible de utilizar en otras especialidades como la automática o la física. Además, es un producto compacto que puede ser exportable a cualquier otra institución docente.

PALABRAS CLAVE: proyecto, innovación docente, prácticas, laboratorio, instrumentación electrónica, emulación, simulación, *Arduino*, hardware/software libre.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio permiten adquirir competencias curriculares destinadas a dar valor a los conocimientos teóricos satisfechos por el alumnado. Para el caso de las asignaturas propias de las especialidades específicas de la Ingeniería, dichas prácticas no solo deben someter a los estudiantes a una situación cercana a su futuro profesional, sino además, permitir manejar tanto los materiales constructivos de su especialidad así como conocer y manejar los instrumentos adecuados de medida.

Sin embargo, hay que tener en cuenta dos limitaciones generales a la hora de abordar contenidos prácticos en el laboratorio:

1.- Por un lado, el propio material y los instrumentos/herramientas para su comprobación y manipulación, con el consiguiente despliegue de recursos económicos para adquisición de los propios componentes, maquinaria,

equipos de medida y manipuladores, etc.

2.- La distribución temporal de las experiencias, que obliga a impartirse con menor densidad de contenidos experimentales aun teniendo capacidad humana y recursos para impartirlos.

Ello nos lleva a que un objetivo fundamental de las experiencias debe ser la optimización temporal y material de los laboratorios. Es por ello, que se presentó en el pasado curso 2017, una propuesta de Innovación Docente, basada en ideas anteriores perfiladas por nuestra experiencia como docentes del Área de Electrónica de la Universidad de Cádiz.

Particularizando al problema que nos encontramos desde este Área a la hora de ejecutar los contenidos de tipo práctico, nuestra particularidad es que la docencia en electrónica requiere adquirir competencias que permitan tanto el análisis de circuitos, como el diseño y construcción física de los mismos.

La experiencia acumulada como profesores nos permite asegurar que, de manera general, uno de los problemas detectados es la ralentización de la experiencia en el momento en que las/os estudiantes deben elegir los componentes electrónicos y montar su circuito. Después, requieren una fase de comprobación y medida para asegurar el correcto funcionamiento del circuito, lo que requiere a su vez cierta destreza a la hora de manejar los instrumentos propios de la especialidad.

Así que la propuesta es la siguiente:

a) Las asignaturas de contenido más específico a la electrónica, donde se requiere esa competencia de montaje de circuitos, pasen por una fase de montaje como parte intrínseca de la experiencia de laboratorio.

b) Asignaturas más generales, el hacer uso de emulación de circuitos para agilizar la parte de montaje (que sería sustituida por un simulador electrónico núcleo de la experiencia) para dejar el tiempo de la experiencia realmente a adquirir las competencias de manejo de la instrumentación así como la toma de datos experimentales y su correcta interpretación.

Con este objetivo, ya en el curso 2016/17 se diseñó un pequeño prototipo de interfaz simulador con el *Arduino® UNO* para llevarlo al laboratorio de Instrumentación Electrónica y comprobar su eficacia. Este primer circuito emulador procuraba hacer un mínimo uso de componentes electrónicos adicionales a la propia tarjeta de *Arduino*, para así facilitar montaje, abaratar costes y facilitar el uso a otros profesores.

La materialización inicial de nuestro producto era muy restringida a la aplicación concreta que tratábamos de exponer en el laboratorio. Pero precisamente esta limitación hizo surgir la idea de elevar la tarjeta de prototipos a un modelo más general y configurable para admitir un mayor número de

circuitos a emular, desde la perspectiva de la electrónica analógica como la digital.

Se inicia un proceso de diseño especulativo para el diseño de una nueva tarjeta emuladora de mayor flexibilidad, que requiere añadir mayor número de componentes electrónicos y una construcción más compleja, pero que permitiría implementar un mayor número de experiencias, con mayor facilidad.

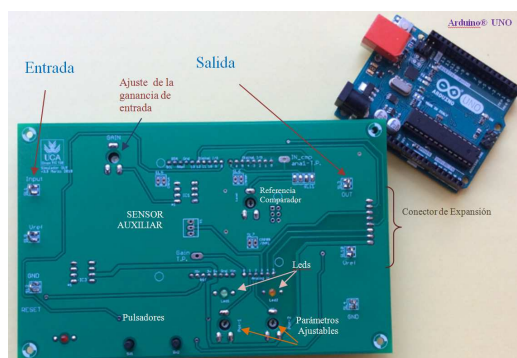


Figura N.1: Tarjeta simuladora montada, cara superior, mostrando algunas de sus características principales.

Tras la concesión, se inicia ya el diseño formal del primer prototipo extendido, que tras distintas reuniones va tomando forma en los objetivos fundamentales a cubrir, contemplando aspectos como el coste, la facilidad de uso, el tiempo disponible y la posibilidad de fabricarse con los recursos existentes en el laboratorio del grupo de investigación de *Diseño Microelectrónico*, TIC138, de la UCA. Ello permitirá abaratar costes de montaje al realizarse manualmente la fabricación de las tarjetas definitivas, e independizarnos así de una fabricación profesional externa a nuestra Universidad.

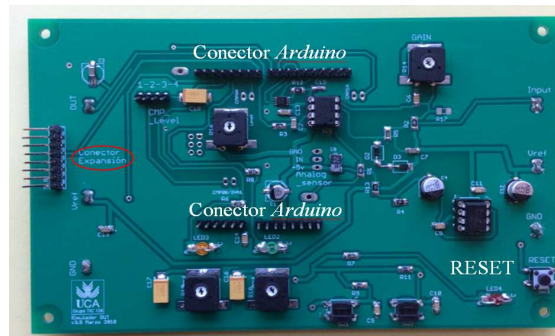


Figura N.2: Cara inferior montada de la tarjeta de simulación a falta aun de conectar la tarjeta *Arduino®*.

Se concluye en una tarjeta fabricada en los laboratorios de la Escuela Superior de Ingeniería (ESI), (figuras N.1, N.2, N.3). Pronto, y como ya se ha comentado, esa nueva tarjeta diseñada permitía ya extrapolar la idea y satisfacer más experiencias dentro de la misma especialidad o incluso de otras como la Automática, electricidad o la Física.



Figura N.3: Conexión de la tarjeta *Arduino® UNO* a la cara inferior de la tarjeta de emulación proyectada.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Como se ha comentado, la emulación/simulación requiere plasmar tanto el diagrama/esquema en sí del circuito sobre el que ensayar, como el comportamiento eléctrico. La primera, pasa por diseñar una carátula que acerque la idea conceptual del elemento físico sobre el que ensayar; una segunda, requiere programar el comportamiento del circuito en cuestión, desde el IDE de *Arduino*.

Dicha carátula, intercambiable según la experiencia en curso, puede dibujarse fácilmente partiendo de una carátula patrón, donde están todos los elementos a la distancia física correcta a la hora de ser impresa, y haciendo uso de herramientas soft sencillas y difundidas como *PaintBrush* y similares, así como el manejo gráfico que proporcionan los editores de textos actuales.

En cuanto a la programación, se parte de una estructura base de programa en el lenguaje propio de *Arduino* donde el profesor-programador decida qué elementos de software incluye en su emulación específica, añadiendo

los tratamientos necesarios que permitan obtener la respuesta deseada del sistema real a simular.

Hay que decir que el simulador que presentamos se adecúa a experiencias que reporten valores eléctricos. Se persigue desarrollar competencias prácticas en torno a la medida de variables físicas.

Como ejemplo, la figura N.4 presenta un conjunto de carátulas para escenificar diversas prácticas que han surgido como ideas en el proceso de puesta a punto de los prototipos.



Figura N.4: Distintas carátula para diferentes prácticas utilizando la tarjeta para simular circuitos eléctricos, osciladores, líneas de transmisión, tratamiento digital, etc.

Básicamente, el principio de funcionamiento es emular el circuito bajo ensayo con los recursos que tiene disponible la tarjeta proyectada, esto es, un canal de entrada analógico, con capacidad de modificar la ganancia para manejar señales pequeñas, y un convertidor analógico digital interno de la tarjeta de *Arduino*. Esto permite al programador de la experiencia contar con datos analógicos externos sobre los que realizar el procesado.

Para interactuar con el medio, se incorpora un convertidor digital-analógico que permitirá llevar al exterior valore analógicos de tensión que representen el resultado físico de la emulación, y susceptible de poder observarse con instrumentación electrónica.

También se dispone de tres puntos de interfaz digital que pueden ser tratados, según programación, como entradas o salidas digitales. Aprovecharemos estos puntos para modificar el comportamiento del programa según estímulos discretos externos (entradas) o cuando se quiera representar al sistema simulado con respuesta discreta (salidas).

Existe, combinado con uno de estos tres puntos digitales, un potenciómetro que permite fijar un valor de referencia a efectos de utilizar el comparador analógico de la tarjeta *Arduino* como elemento de decisión.

FABRICACIÓN Y PUESTA A PUNTO

Se llevó a cabo en las propias instalaciones de la ESI, dentro del *Grupo de Diseño Microelectrónico de la UCA* (TIC-138, figura N.5) y con la ayuda de los alumnos colaboradores adscritos este curso al área de Electrónica.

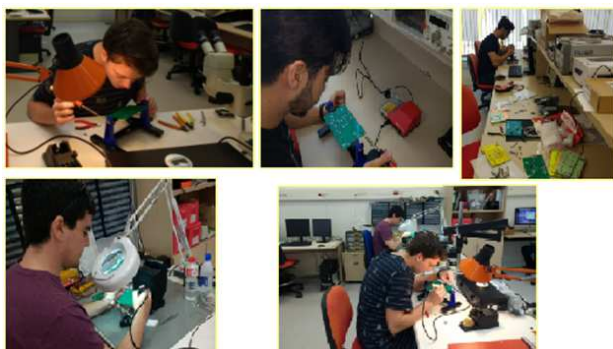


Figura N.5: Fabricación de las placas en la ESI. Participación de Alumnos Colaboradores que han aprovechado también esta experiencia.

Además este proceso constructivo ha brindado una oportunidad a los colaboradores en lo que respecta a aumentar su experiencia práctica en lo que se refiere a la manufactura propia de la industria electrónica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Creemos que este Proyecto proporciona una aportación doble:

- Por una parte, se ha desarrollado, con tecnología propia y por profesorado de la UCA, un equipo hardware/software que permite simplificar experiencias, basado en emulación

y con aplicaciones dentro de muchos campos científico/tecnológicos.

- Por otra, aportar una metodología docente en el laboratorio que permite optimizar el tiempo para concentrar el esfuerzo solo en la toma de medidas eléctricas y su consiguiente evaluación.

Además, el hecho de tener que montar 12 tarjetas electrónicas, ha permitido incluir en la participación a los alumnos colaboradores del Área de Electrónica, que transversalmente han adquirido competencias muy cercanas a las de su futuro desarrollo profesional en la industria y la electrónica.

Podemos también incluir el que la idea del emulador puede convertirse en un producto a exportar a otras áreas de conocimiento e incluso otros centros académicos y Universidades.

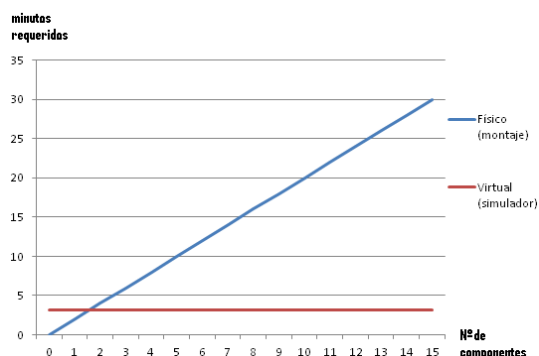


Figura N.6: Aproximación del tiempo de desarrollo comparando el caso de un montaje físico del dispositivo, y el tiempo de preparación del simulador para una práctica sobre el mismo circuito (anexo #3).

Los resultados entre el alumnado han sido muy positivos como se puede extraer de las encuestas tratadas en los anexos adjuntos (figura 6). Se demuestra que conforme más elementos posee el circuito sobre el que ensayar, mejor rendimiento presenta contar con el equipo objeto de este proyecto (figura 7).

También la idea ha sido recibida muy favorablemente entre los profesores a los que se les ha presentado el producto. Igualmente, consta en las encuestas solicitadas a los mismos y que constan en el anexo oportuno.

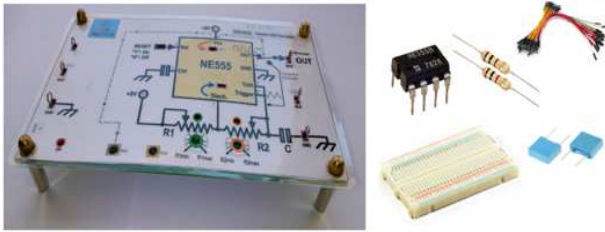


Figura N.7: Simulador completo con su carátula (en este caso, una dedicada al experimentar sobre el oscilador 555) y componentes físicos para su montaje manual (el circuito integrado junto a los resistores, capacitores placa de prototipaje y cables).

Para terminar, se presenta nuestra concepción de un producto en forma de pack para darle mayor difusión (figura N.8).

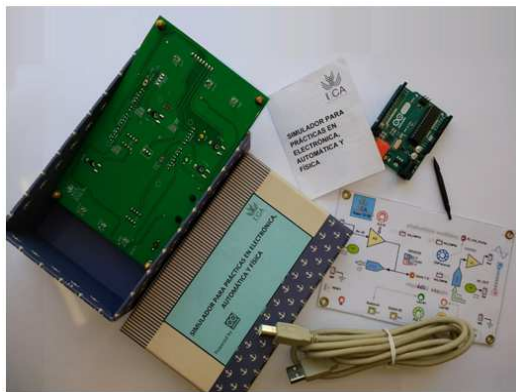


Figura N.8: Pack de presentación del equipo de simulación, con *Arduino UNO*, su cable, y algunos elementos más a forma de kit.

TRABAJO FUTURO

(consulte anexo informe detallado)

ANEXOS

1.- Informe detallado (Anexo#0) de la idea, su gestación, el proceso de construcción, indicaciones sobre el producto y las carátulas, etc, imprescindible, que permite la comprensión del presente documento:

- [sol-201700083174-tra_Informe_Detallado.pdf](#)

2.- Anexos citados en Anexo#0 o Informe Detallado, sobre encuestas y resultados, así como procedimiento de comprobación del equipo emulador:

- [sol-201700083174-tra_Anexo#1.pdf](#)

- [sol-201700083174-tra_Anexo#2.pdf](#)

- [sol-201700083174-tra_Anexo#3.pdf](#)

- [sol-201700083174-tra_Anexo#4.pdf](#)

- [sol-201700083174-tra_Anexo#5.pdf](#)

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos que han participado en el montaje/puesta a punto y/o en la experiencia piloto:

Abrahán Fandiño Calviño
Víctor Galvín Coronil
Miguel Jaramillo Rosado
Joaquín Jurado García
Pablo López Osorio
Roberto Méndez Romero
José Antonio Priego Borralló
Salvador Varela Martín
Javier Villaverde Ramallo

Así como a los profesores que han valorado el producto y sugerido nuevas ideas:

Dr. Germán Álvarez Tey
Dr. José Luis Cárdenas Leal
Dra. Mirian Cifredo Chacón
Dr. Agustín Conseglieri Castilla
Dr. Francisco García Pacheco
Dr. Germán Jiménez Ferrer
Dr. Luis Lafuente Molinero
Dr. Fernando Pérez Peña
Dr. Manuel Prián Rodríguez
Dr. Diego Sales Lérica
Dra. Águeda Vázquez López –Escobar