

# *Adaptación de las prácticas de la asignatura de Instrumentación Electrónica a la modalidad semipresencial*

Medrano-Sánchez, Carlos  
*EduQTech, EUPT, Dpto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones*  
Universidad de Zaragoza  
Teruel, España  
ctmedra@unizar.es

Bono-Nuez, Antonio  
*EINA, Dpto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones*  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
antoniob@unizar.es

Igual-Catalán, Raúl  
*EduQTech, EUPT, Dpto de Ingeniería Eléctrica*  
Universidad de Zaragoza  
Teruel, España  
rigual@unizar.es

Martín-del-Brío, Bonifacio  
*EINA, Dpto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones*  
Universidad de Zaragoza  
Zaragoza, España  
bmb@unizar.es

Plaza-García, Inmaculada  
*EduQTech, EUPT, Dpto de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones*  
Universidad de Zaragoza  
Teruel, España  
inmap@unizar.es

**Abstract—** En este proyecto se pretende realizar la adaptación de las prácticas de laboratorio de la asignatura de Instrumentación Electrónica del grado de Ingeniería Electrónica y Automática a la modalidad semipresencial. Presentamos el diseño y el material necesario para realizar dicha adaptación: guiones de prácticas, simuladores, material complementario de apoyo, etc. Además, se identificarán las herramientas de Moodle que permitan gestionar las prácticas y verificar su realización, de forma que el profesor pueda evaluar el progreso del alumno de una forma efectiva, informando a su vez al estudiante.

**Keywords —** Instrumentación Electrónica, enseñanza semipresencial, prácticas de laboratorio.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene su origen en el interés desde la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel (Universidad de Zaragoza) en ampliar su oferta formativa. Así, se convocó a una reunión a todos los profesores del centro en noviembre de 2014. Fruto de dicha reunión se formaron varios grupos de trabajo constituidos por voluntarios, entre ellos, el grupo de “Formación Semipresencial”. Tras presentar el trabajo en varias Juntas de Centro, se aprobaron varias vías como prioritarias en julio de 2015. Entre ellas está la adaptación del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática a la modalidad semipresencial, manteniendo también la opción presencial.

La propuesta se trasladó a la Escuela de Ingeniería y Arquitectura, en el Campus Río Ebro (Zaragoza), que imparte la misma titulación. En concreto se realizaron las siguientes acciones:

- Reuniones previas de los equipos directivos de los dos centros.
- Reuniones de las Comisiones de Garantía de la Calidad Conjunta para el Grado de Ingeniería Electrónica y Automática.

Finalmente, en enero de 2017 se aprobaron las propuestas de modificación de la Memoria de Verificación del Grado, incluidas en el Plan Anual de Innovación y Mejora, para dar

cabida a la opción semipresencial. Actualmente se está trabajando en la modificación de la Memoria del título, que incluye otros aspectos debido al tiempo transcurrido desde que se redactó el documento original. La implantación se realizaría curso a curso, empezando por primero en el curso 18/19 como pronto.

Además de estos trámites y documentación, numerosos profesores a nivel individual han estado reflexionando y preparando el paso a semipresencial de sus asignaturas. Las alternativas de cursos online y semipresenciales (“Blended Learning”) han atraído un gran interés desde hace varios años ([1, 2]). La enseñanza de laboratorio es un reto adicional. En un trabajo previo [3] se realizó un estudio de los requisitos para adaptar 13 asignaturas del grado de Ingeniería Electrónica y Automática a la modalidad semipresencial. Se analizaron varias soluciones que combinan diferentes herramientas para enseñanza práctica: laboratorios virtuales, escritorios virtuales, laboratorios de bajo coste y laboratorios remotos. La estimación de la parte práctica que podía ser realizada por los estudiantes en casa dependía de la asignatura en cuestión, en un margen de 0% a 85%.

Como continuación al trabajo previo en común [3], en la asignatura de Instrumentación Electrónica se ha continuado con la búsqueda de información y se ha ido un paso más allá adaptando el material de prácticas de laboratorio para una posible modalidad semipresencial. La realización de prácticas de laboratorio pensando en un alumno semipresencial plantea una serie de retos:

- ¿Qué parte de los circuitos típicos con sensores y de acondicionamiento de señal es posible/aconsejable simular?
- ¿Qué alternativas viables puede tener un estudiante para trabajar con sistemas de adquisición de datos sin desplazarse a la universidad?
- ¿Qué herramientas de Moodle pueden ser utilizadas para realizar un seguimiento de las prácticas?

En este estudio veremos lo que se ha avanzado en el diseño de la asignatura hasta ahora, y reflexionaremos sobre su posible evaluación previa, aplicación para la mejora de la docencia presencial y el trabajo futuro que resta.

## II. MÉTODO DE TRABAJO

En este estudio se parte del material de prácticas en modalidad presencial. Para cada práctica, se ha realizado un trabajo consistente en comprobar qué parte podría ser simulada por el alumno sin desplazarse a la universidad. En algunos casos se han desarrollado materiales específicos (simuladores o vídeos de apoyo), mientras que en otros se ha recurrido a simuladores ya desarrollados (LTSpice). Se ha intentado mantener un equilibrio entre la simulación y el trabajo de montaje presencial, de forma que ambos estén compensados (aproximadamente a la mitad como veremos posteriormente). Las prácticas de la asignatura de Instrumentación Electrónica se pueden dividir en dos grandes grupos: trabajo con tarjetas DAQ para PC y sensores y acondicionamiento de señal. En ambos se ha planteado tanto simulación como montaje físico. Inicialmente se pensó en esta división simulación – montaje (modelo que llamamos a lo largo del artículo como Semi-1).

Sin embargo, a lo largo del trabajo, y junto con las reflexiones similares para otras asignaturas, surgió la posibilidad de pensar en un estudiante que pudiese realizar sus propios montajes en casa con equipamiento de laboratorio de bajo coste. Tal equipamiento sería reutilizable en su mayor parte por varias asignaturas del ámbito de la electrónica. Este es el modelo que llamamos Semi-2.

## III. DESCRIPCIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Se van a pasar a describir las prácticas en sus tres versiones: enseñanza presencial (versión actual) y dos versiones de enseñanza semipresencial, una suponiendo que los estudiantes poseen equipamiento en casa para realizarlas (versión semi-2), y otra suponiendo que no lo tienen (versión semi-1).

### A. Descripción de las prácticas en el marco presencial actual

En la actualidad, las prácticas que se realizan son las siguientes, descritas con brevedad:

- Práctica 1: Introducción al entorno de trabajo con la tarjeta DAQ. En esta práctica se realiza una introducción al entorno de trabajo en Linux y al lenguaje Python, que será el entorno usado para controlar la tarjeta. Se presentan los conceptos y tipos de datos básicos en Python y se realizan ejercicios básicos en Python.
- Práctica 2: E/S simples con la tarjeta DAQ LabJack U3-HV. En esta práctica se adquieren los conocimientos básicos para acceder a la tarjeta [4] desde la línea de comandos en Python. Se configuran los pines de E/S y se controlan las entradas de tipo digital (E/S), entradas analógicas y sus diferentes rangos y salidas analógicas. El acceso es de tipo comando/respuesta, por lo que la respuesta temporal no es precisa. Los alumnos deben intentar obtener diversas ondas de salida de baja frecuencia y capturar entradas analógicas en diversos rangos.
- Práctica 3: Modo streaming y contadores con la tarjeta DAQ LabJack U3-HV. En esta práctica se explica el modo streaming de operación, con una captura temporal precisa de entrada. Además, se exploran algunas posibilidades de los contadores de la tarjeta. Los alumnos deben capturar una señal de entrada generada externamente para después visualizar varios períodos, razonando la relación entre la frecuencia de captura que han establecido y los puntos obtenidos. También se capturan pulsos de una señal externa, filtrándolos para evitar rebotes.
- Práctica 4: Muestreo y aliasing. En esta práctica, se tratan los conceptos de muestreo y aliasing. Se captura una señal luminosa de tubos fluorescentes con una LDR y la tarjeta DAQ que el alumno ya conoce. Se reproduce la señal de entrada con una salida analógica de la tarjeta a un altavoz. Los alumnos deben ser capaces de capturar la señal de entrada y razonar su forma. También tienen que ser capaces de observar el efecto de la señal cuando se muestrea a bajas frecuencia, en particular como se “oye” la señal capturada por el altavoz, y cómo se podría evitar con un filtro.
- Práctica 5: Conversión AD y DA. En esta práctica se utilizan unos conversores básicos ADC-0804 y DAC-0808 para montaje en protoboard. Se trabaja sobre la configuración del chip ADC para realizar conversiones única o en modo continuo, y para cambiar el rango del convertidor, así como conversiones básicas DAC.
- Práctica 6: Simulación de amplificadores diferenciales y de instrumentación. En esta práctica se utiliza LTSpice para simular la estructura básica de un amplificador diferencial y otro de instrumentación con 3 operacionales. A partir de la simulación, se obtiene la ganancia diferencial, común y el CMRR contrastando con las fórmulas obtenidas en teoría. El tipo de entrada en cada caso (voltaje únicamente diferencial o únicamente común) es un concepto importante también en esta práctica.
- Práctica 7: Medida de temperatura: diodo y Amplificador diferencial. En esta práctica se estudian primero, un amplificador diferencial comercial, del cual se miden sus características. Después este sistema es usado en un montaje con diodo para medir el cambio de temperatura del componente.
- Práctica 8: Medida de temperatura: termopar y amplificador de instrumentación. En esta práctica los estudiantes deben medir las propiedades de una estructura con un amplificador de

instrumentación comercial, para después aplicarla a la medida de temperatura con un termopar.

La evaluación de las prácticas de laboratorio se realiza in situ durante la propia práctica y a partir del material entregado por el alumno en papel (cálculos y explicaciones).

**B. Prácticas en la modalidad semipresencial semi-1**

La estructura de las prácticas en esta modalidad, en la que se asume que los estudiantes no tienen equipamiento electrónico en su casa, se resume en la tabla I:

Se han realizado varios materiales de apoyo. En la práctica 1, la explicación que realiza el profesor en clase del entorno de trabajo se ha sustituido por vídeos docentes. Los vídeos explican básicamente el entorno de trabajo en Linux, la consola de Python y la realización de funciones básicas en Python. Si los alumnos no tienen la posibilidad de instalarse Linux en su ordenador, también se ha realizado un vídeo que indica cómo trabajar con Python en Windows. En Windows se recomienda utilizar el entorno Anaconda [5] por su facilidad de instalación. Anaconda instala automáticamente Python, una consola avanzada de Python, un editor (Spyder) y librerías gráficas. Se muestra en el vídeo como configurar las librerías gráficas y la instalación de la librería portaloocker [6]. Ambas son necesarias para el simulador de la tarjeta (E/S simples) que se describe a continuación. La librería portaloocker permite acceder a recursos compartidos en sistemas operativos Windows de manera similar al sistema operativo Linux, en el que se realizó el simulador inicialmente.

TABLE I. LISTA DE PRÁCTICAS EN LA MODALIDAD SEMI-1

Práctica	Presencial	Comentarios
Práctica 1: Introducción al entorno de trabajo con la tarjeta DAQ	No	Videos explicativos de apoyo tanto en Windows como Linux. Adaptación a Windows.
Práctica 2: E/S simples con la tarjeta DAQ LabJack U3-HV	No	Se ha realizado un simulador de la tarjeta.
Práctica 3: Modo streaming y contadores con la tarjeta DAQ LabJack U3-HV	Sí	
Práctica 4: Muestreo y aliasing	Sí	
Práctica 5: Conversión AD y DA	Sí	
Práctica 6: Simulación de amplificadores diferenciales y de instrumentación	No	Videos de apoyo para explicar el funcionamiento de LTSpice
Práctica 7: Medida de temperatura: diodo y amplificador diferencial	No	Simulación con LTSpice
Práctica 8: Medida de temperatura: termopar y amplificador de instrumentación	Parcial	Parte de la práctica se presenta en simulación. El resto se monta en el laboratorio

Para la práctica de introducción a la tarjeta DAQ LabJack U3-HV (E/S simples) se ha desarrollado un simulador. El

esquema del simulador se encuentra en la figura 1, que muestra los tres archivos de Python y el fichero de datos involucrado.

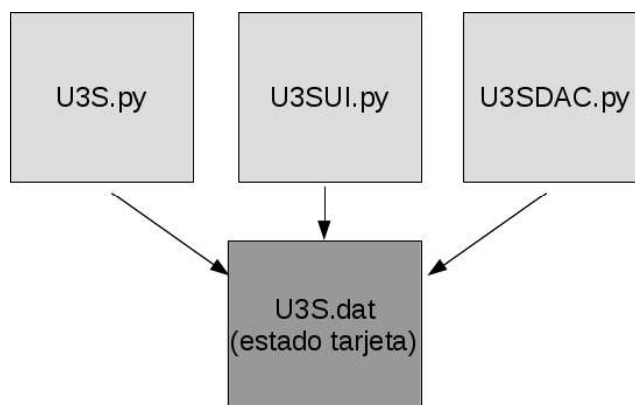


Fig. 1. Esquema de la programación del simulador de la tarjeta

La base de funcionamiento del sistema está en el acceso a un recurso compartido, el fichero u3S.dat, en el cual se guarda el estado de la tarjeta (tipo de pines y valores de entrada o salida). El módulo principal se denomina U3S.py (el software original de la tarjeta real proporcionado por el fabricante se carga en Python con el nombre U3). Desde él se ha realizado una interfaz de programación que incluye todas las funciones que se utilizan en prácticas, con los mismos nombres y tipos de datos que en la tarjeta real. Internamente se han definido clases para definir los pines y la tarjeta en sí, pero todo esto queda oculto al usuario final. Cada vez que se realiza un comando, el estado de la tarjeta se lee y se actualiza en su caso.

El módulo U3SUI sirve para visualizar gráficamente la tarjeta y se ha basado en Tkinter [7]. La idea es que está interfaz gráfica simple sustituya a la tarjeta y a lo que podría observar el estudiante en el laboratorio para E/S simples. Dependiendo de la configuración de cada pin, el aspecto de la interfaz cambia. En la figura 2 se muestra un ejemplo en el que los pines FIO7 y FIO6 están configurados como entradas analógicas. En este caso sus barras deslizantes están activas y el usuario puede moverlas. El valor puede ser leído desde una línea de comandos con el módulo U3S. Por su parte, el pin FIO5 está configurado como digital de entrada. Al estar activa la casilla, indicamos que la entrada está a 1. Finalmente, el pin FIO4 está configurado como digital de salida. Por tanto, la casilla activable no está habilitada y se muestra el valor del pin, que puede ser establecido desde una consola. El resto de pines de la tarjeta LabJack U3-HV usados en las prácticas tienen una configuración fija (FIO3-FIO0 como entradas analógicas, DAC1-0 son salidas analógicas). El acceso al fichero del estado de la tarjeta está obviamente protegido para que no puedan acceder dos módulos al mismo tiempo. Además, la programación se ha realizado para que cada módulo sólo pueda acceder a la parte que le corresponde (por ejemplo, desde la interfaz gráfica u3SUI no podremos configurar el tipo de pin, esto sólo se hace desde la línea de comandos con U3S).

Si bien las salidas analógicas son visibles en la interfaz U3SUI, también se ha realizado un módulo para que las salidas sean visibles en función del tiempo (U3SDAC). Un ejemplo se

muestra en la figura 3. Al igual que se plantea en una de las prácticas, se ha definido una función para obtener salidas analógicas sinusoidales de período y amplitud dadas. El funcionamiento es tal que la frecuencia debe ser baja (períodos mayores que 1 s). En la figura se muestra una onda de 15 s de período y amplitud 2 V.

Finalmente, otras herramientas que se utilizarán en esta planificación serán herramientas bien conocidas de simulación de circuitos. En particular se recomienda LTSpice. Se han realizado vídeos que muestran cómo realizar la simulación en LTSpice utilizando amplificadores operacionales. En el esquema de prácticas presenciales (Práctica 6), una de las prácticas era ya directamente de simulación, por lo que su paso a semi-presencial es directo.

La práctica 7 en la que se monta un medidor de temperatura basado en un diodo también es fácilmente adaptable a simulación. El esquema contiene un sistema similar a puente de resistencias, en el que una de ellas ha sido sustituida por un diodo y el otro brazo del puente sirve para ajustar la salida nula del puente. El sistema se amplifica con un amplificador diferencial. En la práctica, en primer lugar se observan y ajustan las ganancias del amplificador diferencial, tanto en modo diferencial como en modo común. El efecto del desajuste de las resistencias en la ganancia en modo común puede ser también simulado (resistencias de tolerancia 5% o 1%). Respecto al voltaje de offset, se puede introducir en el modelo de amplificador operacional un valor similar al del OP07, que se utiliza en las prácticas presenciales. En la segunda parte de la práctica, el puente con diodo se conecta al amplificador diferencial y el efecto en la salida de cambiar la temperatura es observado. A diferencia de otras partes de la asignatura donde se explican los pasos más en detalle, en esta práctica el estudiante debe también buscar la información en Internet sobre el modelado del cambio de temperatura en LTSpice.

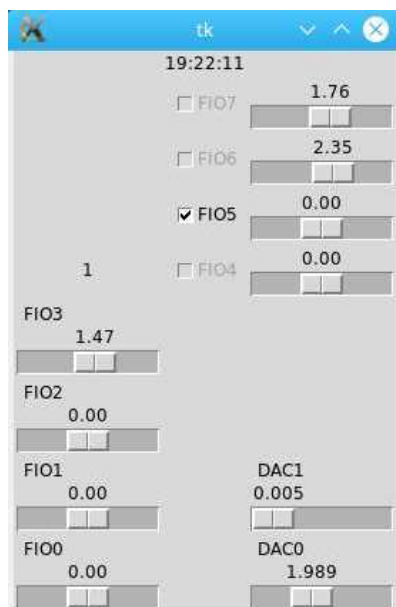


Fig. 2. Interfaz gráfica que representa esquemáticamente la tarjeta

La práctica 8 (medida de temperatura con termopar y amplificador de instrumentación) sigue un guión similar pero se dividiría en dos partes. En la primera parte se utiliza LTSpice para configurar un amplificador de instrumentación comercial de una ganancia dada, y se simula el circuito para determinar la ganancia en modo común y en modo diferencial. La segunda parte es presencial, y se utiliza un amplificador de instrumentación para amplificar la señal de un termopar. Se comprueba el efecto del aumento de temperatura midiendo la temperatura de dos resistencias por las que se hace pasar una intensidad (resistencias de 0.5W y 4W).

### C. Prácticas en la modalidad semipresencial semi-2

En la modalidad que denominados informalmente semi-2, se supone que el estudiante tiene equipamiento que permite realizar las prácticas en su entorno habitual sin desplazarse a la universidad.

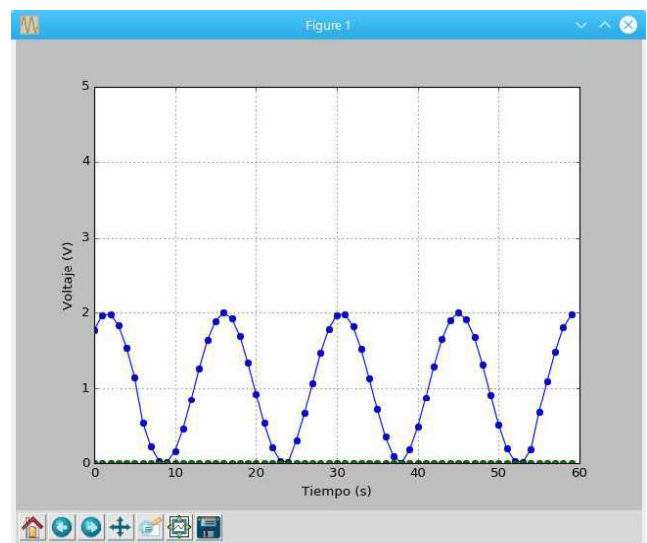


Fig. 3. Ventana que muestra las salidas analógicas de la tarjeta en función del tiempo. Ejemplo de onda sinusoidal.

La estructura de las prácticas será la misma que en formato presencial. Los retos son que el equipamiento sea lo más económico posible y que se facilite la entrega de las prácticas para verificar su realización y evaluación en su caso.

En cuanto al equipamiento, pasamos a describir una lista de equipamiento básico de laboratorio y algunos comentarios sobre él.

- Tarjeta de adquisición de datos. La tarjeta utilizada es el modelo LabJack U3-HV [4]. Si bien es cierto que su precio no es elevado para este tipo de dispositivos (unos 140 € IVA incluido), para un estudiante puede ser caro y sólo se utiliza en esta asignatura.
- Polímetro. Existen multitud de modelos de bajo coste. Es útil en multitud de prácticas en la carrera.

- Osciloscopio. Existen modelos de bajo coste para PC que se conectan a un USB. Pueden adquirirse incluso en tiendas generales como Amazon y existen modelos desde unos 80€. Muchos incluyen también entradas digitales, convirtiéndose en analizadores lógicos. Si bien sus prestaciones no son elevadas, permiten realizar gran parte de los trabajos de laboratorio de electrónica y circuitos en la carrera. Un ejemplo de modelos básicos son el Hantek6022BE, el SainSmart DDS140 o el PicoScope 2204A. El modelo de SainSmart tiene módulos para analizador lógico o generador de señales que, en conjunto, estarían por debajo de 150€ a fecha de escritura del artículo. El modelo PicoScope 2204A también posee una salida para generador de ondas. Este equipamiento también se puede reutilizar en las prácticas de la carrera.
- Generador de funciones. Este equipamiento es más difícil de encontrar a bajo precio. Aun así, por debajo de 150 € podemos encontrar algunos modelos básicos de fabricante desconocido [8] o el HPG1MK2 [9] o incluso alguno cuyos componentes se venden por separado y que es necesario soldar [10]. La opción de que estuviese integrado en el osciloscopio sería sin duda interesante para reducir el precio.
- Fuente de alimentación. La fuente de alimentación también es un equipamiento donde no se encuentra tanta variedad como en los osciloscopios, si nos centramos en equipos de bajo coste. Es difícil encontrar equipos con fuente variable, fija de +5V y alimentación bipolar  $\pm 15$  V. Para esta asignatura, una opción es adaptar una fuente de PC con conector ATX. El precio se reduce considerablemente, pudiéndose encontrar por unos 30 € [11]. La salida es de 5V y  $\pm 12$  V que para esta asignatura es suficiente y permite alimentar los amplificadores diferenciales o de instrumentación que se usan. Una desventaja es que es necesario incluir conectores para facilitar conexiones de cables a protoboard, así como la inclusión de elementos de protección.
- Otro equipamiento y componentes. El resto de equipamiento y componentes no es muy costoso. Existen innumerables páginas web tanto de aficionados a electrónica o robótica como de ventas generales donde se pueden adquirir placas de prototipado, cables y componentes electrónicos.

También se realizó una búsqueda de entrenadores completos de electrónica. Existen modelos que incluyen protoboard, alimentaciones a +5 V y bipolares, voltímetro y generador de señales y algunos otros elementos. Por su tamaño y ser un equipo compacto, serían una buena alternativa para un estudio en casa. Un ejemplo es el entrenador ETS7000 de KANDH Products [12]. Otra opción interesante es el equipo Analog Discovery 2, de National Instruments. Incluye

osciloscopio, generador de ondas, voltímetro y salida  $\pm 5$  ajustable, con un precio entre 300 y 400 € según accesorios.

En definitiva, por un precio estimado grosso modo de 300 € un estudiante podría tener un equipamiento de utilidad para realizar por su cuenta las prácticas de las asignaturas de Electrónica. Para la asignatura que nos ocupa, sería necesario también comprar una tarjeta DAQ, lo que eleva el coste.

Este kit mínimo es una opción interesante para el trabajo personal del estudiante. Sin embargo, hemos de decir que se ha encontrado cierta volatilidad en la información al buscar este tipo de equipamiento. Salvo los osciloscopios o los polímetros, donde hay una amplia variedad, en el resto de sistemas la oferta no es tan amplia y los productos no corresponden a los que podríamos denominar grandes fabricantes de equipos electrónicos. La información en Internet puede desaparecer o los productos descatalogarse con cierta facilidad. Así ha ocurrido con algunos de los equipos que se encontraron en un trabajo previo, en el que se hizo una estimación de los recursos necesarios para el paso a semipresencial en varias asignaturas del grado [3]. Por el contrario, como aspecto positivo, es evidente el interés creciente a nivel de aficionado en la electrónica y la explosión de tiendas de componentes y equipos en la red, por lo que se puede esperar que en el futuro próximo sea posible adquirir un kit mínimo incluso a un precio más barato.

En cuanto a la comprobación de la realización de las prácticas, se utiliza la entrega por tareas de la herramienta Moodle, que permite la subida de diferentes tipos de archivos, la realización de comentarios por parte del profesor y la evaluación en su caso. El tipo de material a entregar es el siguiente:

- Cuaderno de laboratorio escaneado (se prefiere el documento escrito a mano).
- En su caso, ficheros de simulación de circuitos (LTSpice).
- Material gráfico: imágenes y vídeos.

Se insiste en la entrega de vídeos como material para la justificación de la realización de las prácticas. En la actualidad, cualquier móvil tiene una capacidad de sobra para grabar vídeos de buena calidad. Un vídeo de 640x480, 30 fps y de duración de aproximadamente 30 s, ocupa alrededor de 10 MB y puede mostrar un montaje con entradas, salidas y colocación de componentes en la protoboards. El estudiante puede incluir la explicación de su montaje en el audio del propio vídeo. El vídeo debe mostrar el sistema completo, de forma que se pueda seguir el cableado y las conexiones. El montaje debe estar limpio y ordenado, aún con más importancia que en una práctica presencial. Las imágenes de medidas de polímetros u osciloscopios deben ser lo suficientemente nítidas para observar los valores, escalas y números de la pantalla. En la figura 4 se muestran varias imágenes de un ejemplo de vídeo para comprobar la ganancia de un sistema de amplificación.

La comprobación de las prácticas se podría ampliar con cuestiones de autoevaluación en Moodle.

#### IV. APLICACIÓN A LA DOCENCIA PRESENCIAL

La filosofía del trabajo de preparación de la opción semipresencial es también hacer una revisión del material usado en presencial y poder aplicar parte del material generado en dicha docencia. En particular, se han empezado a usar los siguientes recursos:

- Vídeos docentes explicativos sobre varias herramientas informáticas: Linux/Python y LTSpice. Tienen aplicación directa en la docencia presencial ya que corresponden a las explicaciones que tradicionalmente hacía el profesor en el laboratorio. Los estudiantes tienen el material disponible con antelación si desean adelantar trabajo.

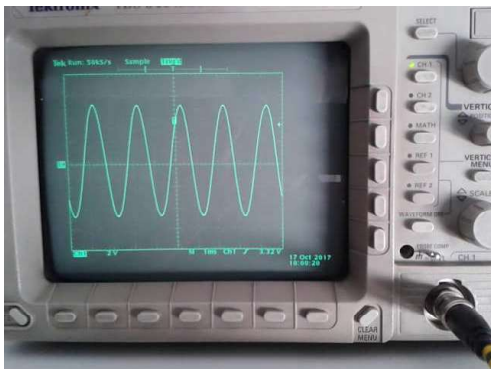
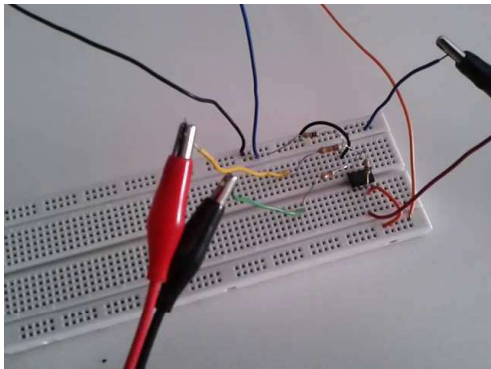


Fig. 4. Serie de imágenes pertenecientes a un vídeo para mostrar la medida de la ganancia de una etapa: de arriba a abajo, entrada en el generador de señales, montaje y salida en el osciloscopio.

- Entrega de prácticas acompañada de material multimedia (fotos, vídeos). Se va a ensayar la evaluación de algunas prácticas presenciales de esta manera de forma preliminar. En principio, puede permitir que el docente disponga de algo más de tiempo para comprobar los montajes a posteriori. Sin embargo, para los alumnos es una carga adicional y hay que valorar como lo aceptarán.
- Si bien en este artículo se ha considerado la parte práctica, también se ha elaborado material para la parte teórica que se cita brevemente. Además de las transparencias tradicionales que se dejaban accesibles en Moodle, cada tema está acompañado de unas cuestiones de autoevaluación, para comprobar la comprensión y la lectura de la teoría. En la mayor parte de las ocasiones se trata de cuestiones cortas y breves. Para algunos temas, se han elaborado también vídeos explicativos de la teoría, acompañados de cálculos a mano con una tableta digitalizadora, en sustitución de la pizarra. Se va a realizar una prueba piloto de enseñanza en algunos temas con el método de clase invertida [14], para analizar la respuesta de los alumnos presenciales ante los vídeos, mientras que la clase presencial se centrará en dudas de los alumnos y resolución de cuestiones de autoevaluación y problemas.

En el futuro, se informará también a los alumnos de la posibilidad de la adquisición de material de bajo coste para realizar numerosas prácticas del ámbito de la Electrónica fuera de la universidad.

#### V. CONCLUSIONES, OPORTUNIDADES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se han presentado los primeros pasos de un trabajo en curso de adaptación a la opción de semipresencial de las prácticas de Instrumentación Electrónica del Grado de Ingeniería Electrónica y Automática. La implantación sería curso a curso. Dado que la asignatura está en tercero, su implantación sería, como pronto, en el curso 20/21, dependiendo de varios trámites administrativos.

Tomando como base las prácticas actuales, se han elaborado guiones y material para realizar parte del trabajo mediante simulación, reduciendo la asistencia presencial. En la realización de este trabajo se pensó también en la opción de que los estudiantes semipresenciales pudiesen tener equipamiento básico de laboratorio para realizar las prácticas físicamente y en la entrega de material a través de Moodle para verificar la realización del trabajo.

La intención de los autores es que se pueda mejorar también la enseñanza presencial. El proceso de reflexión y búsqueda de información ha sido muy satisfactorio, por ejemplo, al actualizarnos sobre información de equipamiento de bajo coste para el laboratorio. La realización de vídeos docentes también puede ser de gran utilidad en enseñanza

presencial, al menos para la explicación de programas informáticos y simuladores.

Un inconveniente en la preparación de materiales para la docencia semipresencial es la gran cantidad de tiempo que se le dedica a la preparación de materiales específicos. A día de hoy, el reconocimiento oficial de este trabajo es incierto. Este problema se intenta paliar aprovechando el trabajo en la docencia presencial, como ya se ha comentado.

El trabajo presenta evidentes limitaciones. Al ser un trabajo preliminar no podemos presentar datos sobre estudiantes semipresenciales reales. En la medida de lo posible, se harán pruebas piloto de los materiales y métodos de trabajo con los estudiantes presenciales para evaluarlos y mejorarlos hasta el lanzamiento de la asignatura. Otro posible inconveniente, pensando en el kit de laboratorio de bajo coste para la carrera, es el elevado precio de la tarjeta DAQ U3-HV en comparación con su uso, ya que sería la única asignatura donde se utilizaría. Podrían explorarse otras opciones más baratas, por ejemplo utilizar un Arduino. El problema es que su uso como tarjeta DAQ no es trivial, especialmente en la programación del modo streaming. En búsquedas preliminares, no hemos podido encontrar proyectos en este sentido, lo cual obligaría a considerar la propia programación por parte de los autores. Como ventaja, tendríamos su bajo coste, la gran cantidad de información que incluye tanto la parte hardware como la visualización utilizando el lenguaje Processing [15], así como el posible uso en asignaturas relacionadas con microcontroladores.

A la hora de abordar este proyecto, también se realizó una búsqueda de software y hardware libre relacionados con instrumentación [16]. Existen iniciativas interesantes como MyOpenLab [17]. Se trata de un software de libre distribución bajo licencia GNU de código abierto, escrito en Java. Permite realizar aplicaciones de modelado y simulación. Cuenta con la posibilidad de conectar hardware, entre ellos Arduino, y sigue la misma filosofía de programación que LabView. Si bien es un proyecto muy interesante, atractivo visualmente y con una amplia biblioteca de funciones, en algunos aspectos es mejorable. Existe una información limitada, se han encontrado problemas de instalación en algunas versiones, limitaciones temporales a señales (resolución temporal de 1 ms) y otros errores en el funcionamiento [16]. La opción de Arduino y Processing, o Arduino con Licencias de estudiante de National Instruments podría ser otra opción [16].

Con referencia al trabajo por realizar antes del lanzamiento de la modalidad semipresencial, se puede sintetizar en estos puntos:

- Se va a realizar una evaluación previa de parte del material generado con los alumnos presenciales. Esto permitiría mejorarlos y realizar una segunda versión. Se evaluarán el uso de entregables de las prácticas con material multimedia y los vídeos de apoyo en las clases teóricas y prácticas (explicación de LTSpice, control de la tarjeta desde Python).
- También se pretende incluir en las prácticas cuestiones de autoevaluación múltiple: preguntas

de opción múltiple o de cálculo numérico generadas aleatoriamente en Moodle. El tiempo dedicado debería ser breve, 10 min, con preguntas de cada práctica específica. La evaluación se seguirá con el libro de Calificaciones.

- La interfaz gráfica del simulador de la tarjeta es mejorable en su estilo y estética. De momento se ha utilizado una librería gráfica sencilla como prueba de concepto.
- Se continuará la búsqueda de equipamiento de bajo coste de laboratorio en coordinación con la preparación de otras asignaturas. Esto permitiría definir por completo un kit básico para trabajo autónomo del alumno sin acudir a la universidad, si es posible con varias opciones “estables” en cada tipo de equipamiento.
- En relación con el punto anterior, si bien la posibilidad de que el alumno realice por su cuenta todas las prácticas es muy atractiva (modalidad semi-2), hay que debatir todavía si la evaluación debería incluir una prueba de laboratorio presencial y de qué alcance. Garantizar la autoría cuando el estudiante no está presente es un problema abierto, que puede compensarse con la prueba de laboratorio y la exigencia de notas mínimas en los exámenes escritos.
- Asimismo, es necesario seguir realizando una búsqueda de hardware y software libre en instrumentación, que podría facilitar aún más la labor de adaptación.

#### AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha estado financiado parcialmente por el proyecto de innovación docente PIIDUZ\_17\_182 titulado “Adaptación de las prácticas de la asignatura de Instrumentación Electrónica en el grado en Ingeniería Electrónica y Automática a la modalidad semipresencial utilizando Moodle para su gestión y evaluación”, de la Universidad de Zaragoza.

#### REFERENCIAS

- [1] N. Kalberer, R. Kurz, C. Bohmer, E. Beck-Meutz, “Implementation of E-learning in an Electrical Engineering Study Program,” 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp. 355-360.
- [2] M. Stroß, G. Kugler, A. Schibelbein, N. Feldmann, C. Bohmer, E. Beck-Meutz, “Lecturer’s Views on E-Learning in an Engineering Study Program for Non-traditional Students,” 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp. 453-457.
- [3] R. Aragües, E. Gil, R. Igual, C. Medrano, J. Delgado, S. Albiol, F. Romero, J.C. García, R. Pérez, “Blended Learning in Electronics and Automation Engineering: a Study of Software and Hardware Needs for Practical Teaching,” EDULEARN 2017 Proceedings, pp. 274-283, 2017.
- [4] Tarjeta DAQ Labjack U3-HV, <https://labjack.com/products/u3>, última visita en febrero de 2018.
- [5] Anaconda: <http://www.anaconda.com>, última visita en febrero de 2018.

- [6] Portalocker, <https://pypi.python.org/pypi/portalocker>, última visita en febrero de 2018.
- [7] Tkinter, <https://docs.python.org/2/library/tkinter.html>, última visita en febrero de 2018.
- [8] Generador de señal Función digital de alta precisión de doble canal DDS, <https://www.cafago.com/es/p-e0820-6.html>, última visita en febrero de 2018.
- [9] Generador de funciones de bolsillo HPG1MK2, <https://www.velleman.eu/products/view/?id=437582>, última visita en febrero de 2018.
- [10] Kit generador de funciones FG085, <http://tienda.bricogeek.com/kits-electronica-para-montar/582-kit-generador-de-funciones-fg085.html>, última visita en febrero de 2018.
- [11] Fuente de PC ATX EPS 12, <https://www.cablematic.es/mobile/product.html?ref=FA56>, última visita en febrero de 2018.
- [12] Entrenador analógico/digital ETS 7000, [http://www.kandh.com.tw/es/products\\_2.php?prod=120](http://www.kandh.com.tw/es/products_2.php?prod=120), última visita en febrero de 2018.
- [13] Analog Discovery 2, National Instruments, <https://www.ni.com/es-es/shop/select/analog-discovery-2>, última visita en abril de 2018.
- [14] A. Karabulut-Ilgü, N. Jaramillo Cherez and Charles T. Jähren, "A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education," British Journal of Educational Technology, 2017.
- [15] Processing, <https://processing.org>, última visita en febrero de 2018.
- [16] Eva Pardos Canales, Sistemas de adquisición de datos basados en hardware y software libre, Trabajo Fin de Grado, Grado en Ingeniería Electrónica y Automática, EINA, Universidad de Zaragoza, septiembre de 2017.
- [17] MyOpenLab, <https://myopenlab.es>, última visita en febrero de 2018.