

Facultad de  
**Ciencias**

VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA

## **Informe final Proyecto de Innovación Docente ID221/083**

**“Docencia práctica basada en un laboratorio de electrónica personal y portátil para grados de ciencias e ingenierías”**

Participantes: Ignacio Íñiguez de la Torre (coordinador)  
Raúl Rengel Estévez

Departamento de Física Aplicada  
Facultad de Ciencias

## **Datos del proyecto de innovación docente**

**TÍTULO:** Docencia práctica basada en un laboratorio de electrónica personal y portátil para grados de ciencias e ingenierías

**REFERENCIA:** ID2021/083

**PDI RESPONSABLE:**

IGNACIO ÍÑIGUEZ DE LA TORRE

**CENTROS EN LOS QUE SE HA LLEVADO A CABO EL PROYECTO:**

FACULTAD DE CIENCIAS

**MIEMBROS DEL EQUIPO:**

IGNACIO ÍÑIGUEZ DE LA TORRE MULAS

RAÚL RENGEL ESTÉVEZ

**DURACIÓN:**

CURSO ACADÉMICO 21/22

**SUBVENCIÓN CONCEDIDA:** 600 €

## Objetivos

El objetivo general era desarrollar una nueva modalidad de prácticas de electrónica basadas en un sistema de adquisición de datos (DAQ), que nos permitiera configurar un laboratorio de electrónica personal, portátil y de bajo coste.

Los principales objetivos específicos eran:

- Realizar las prácticas en el primer cuatrimestre del curso 2021-2022 con un número reducido de estudiantes de forma remota, con trabajo de los alumnos desde casa y docencia on-line, siguiendo las pautas del modelo semipresencial previsto.
- Extraer conclusiones sobre la futura integración de los sistemas de adquisición de datos en el modelo presencial para las prácticas de laboratorio.
- Valorar el grado de éxito en comparación con el trabajo del resto del grupo en el modelo semipresencial del presente curso y del próximo, y del modelo presencial de los cursos previos.
- Implementar en la USAL experiencias de trabajo personal de los alumnos con sistemas de adquisición de datos, que tienen una amplia trayectoria en universidades norteamericanas y británicas.

## Actuaciones realizadas

La primera parte del proyecto consistió en definir de manera clara las prácticas que debían realizar los alumnos. Con este fin, los miembros del equipo mantuvimos varias reuniones en las que, partiendo del plan de prácticas del modelo presencial anterior a la pandemia, realizamos una adaptación pedagógica y de contenidos al nuevo formato individual y remoto planteado en el presente proyecto de innovación docente. Como resultado se planteó la realización de seis prácticas de laboratorio, correspondientes a las del modelo tradicional, pero adaptadas tanto a las peculiaridades del trabajo remoto como a las características del sistema de adquisición de datos myDAQ y el software que lo acompaña.

En segundo lugar, una vez definidas con claridad las prácticas a realizar y su formato, redactamos un manual de prácticas (con una extensión de 60 páginas) para el laboratorio portátil y personal, que permitiera al alumno el trabajo de forma altamente autónoma. **Se adjuntan algunas capturas de dicho manual (Figuras 1 y 2).** Una característica importante de este manual es que se incorporaron una serie de diagramas esquemáticos muy detallados, realizados con MultiSim, para facilitar a los alumnos la tarea de montaje de los circuitos en casa, ya que no iban a contar con la supervisión inmediata del profesor. Otro aspecto relevante es que el manual disponía además de varios tutoriales en vídeo para el aprendizaje de los aspectos más esenciales del sistema, especialmente en lo relativo al manejo de los diferentes

instrumentos (multímetro, osciloscopio, etc.). Todo este material se puso a disposición de los alumnos en el campus virtual.

Práctica 5: Inversores lógicos

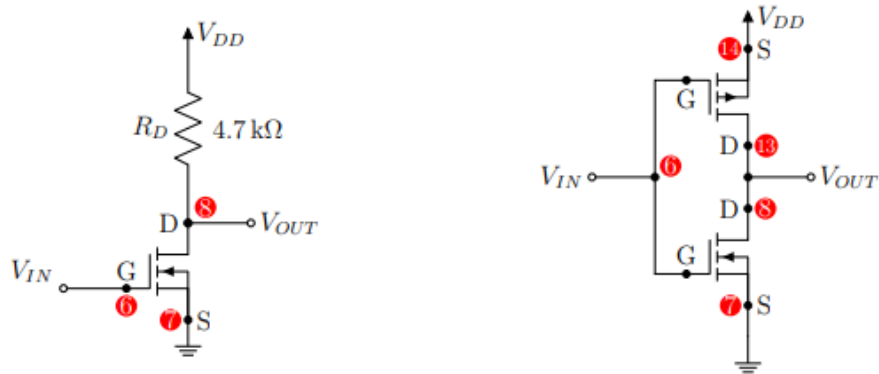


Figura 50.: Circuito inversor MOSFET con resistencia de drenador (izquierda) y etapa inversora CMOS (derecha).

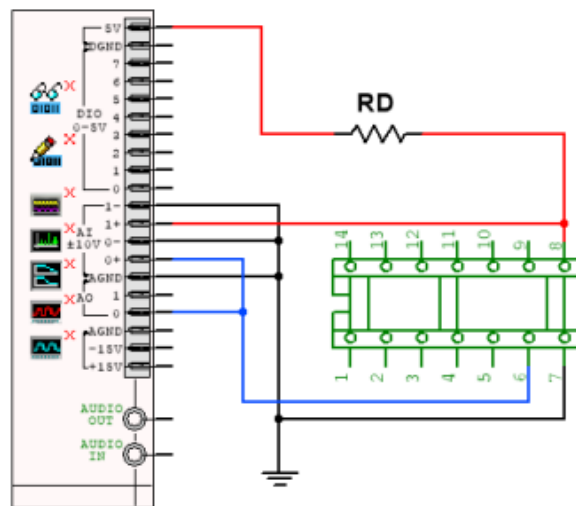


Figura 51.: Conexiones al MyDAQ del inversor MOSFET con resistencia de drenador.

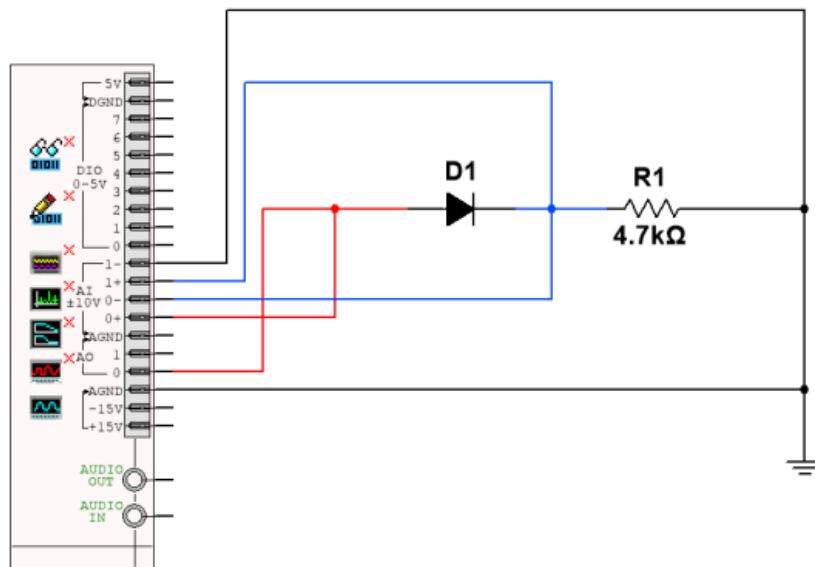
Figura 1. Captura del manual de prácticas.

Las prácticas con el sistema myDAQ se realizaron con un número reducido de alumnos que participaron de forma voluntaria. Dado que el número de alumnos que solicitó realizar las prácticas en este formato (23) fue muy superior al número de equipos disponibles (10), la elección de los alumnos participantes se realizó por sorteo. Para facilitar el uso del sistema y de los componentes, **se prepararon unas cajas con los equipos y todos los elementos necesarios para realizar las prácticas remotas (Figura 3), incluyendo resistencias, transistores, cables, placa de prototipos, etc.** Se entregaron los equipos a los alumnos con su correspondiente compromiso de devolución en buen estado al final del cuatrimestre. El resto de estudiantes de la asignatura realizaron las prácticas con el formato semipresencial del presente curso. Este

formato ha consistido en la realización de dos prácticas presenciales y cuatro prácticas virtuales con un simulador. La diferencia esencial es que el grupo que participó en el proyecto realizó seis prácticas físicamente, pero desde sus domicilios, empleando el laboratorio remoto. El grupo “tradicional” nos sirvió de grupo de control respecto al partícipe en este proyecto de innovación y mejora docente.

*Práctica 2: Rectificación y filtrado*

7. Obtener la curva proporcional a la  $I-V$  del diodo siguiendo el procedimiento para exportar datos a Excel (obteniendo así la representación X-Y) indicado en el siguiente vídeo: [https://www.youtube.com/watch?v=MHuA\\_B0e1ZM](https://www.youtube.com/watch?v=MHuA_B0e1ZM). Determinar con esta curva el voltaje umbral y compararlo con los resultados anteriores.
8. Finalmente, reemplazar el diodo por un diodo Zener y observar los cambios que se producen en los voltajes  $V_{pn}$  y  $V_R$ . Determinar el valor de voltaje umbral en directa y del voltaje Zener  $V_Z$  exportando las curvas a Excel y haciendo la representación X-Y.



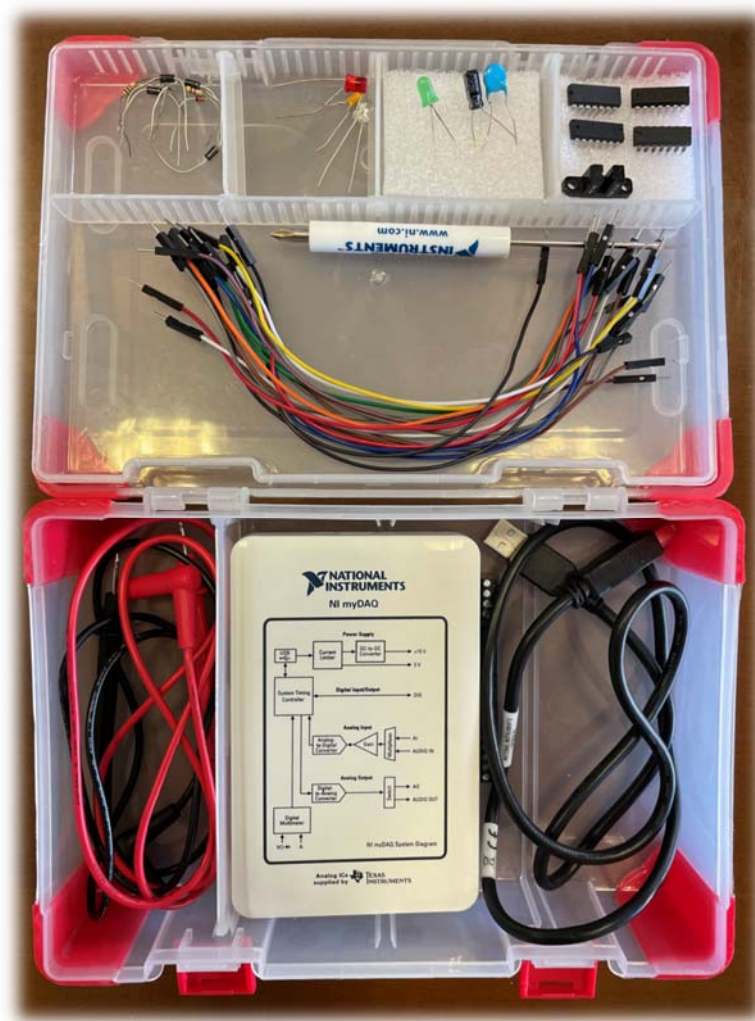
*Figura 29.: Conexión al MyDAQ del circuito rectificador de media onda.*

*Figura 2. Captura del manual de prácticas.*

La primera actividad consistió en una sesión de tutoría mediante *streaming* en Zoom para la explicación de algunos aspectos concretos del uso del sistema myDAQ, centrándonos en los aspectos técnicos de manejo del equipo, uso de los instrumentos de medida, etc. Esta sesión quedó grabada para que pudiera ser revisada en cualquier momento por parte de los alumnos.

A partir de ese momento, y de forma paralela al desarrollo normal del curso, se dio libertad a los alumnos para ir realizando las prácticas semana a semana con una serie de fechas límite para cada una de ellas, pudiendo plantear a los profesores cualquier duda que tuvieran sobre las mismas en tutorías individuales. Para la evaluación se planteó la entrega de una serie

de evidencias de realización de las prácticas, en concreto la realización de informes en vídeo grabados por los propios alumnos con su teléfono móvil. En dichos vídeos era particularmente importante que se escuchase a los propios alumnos dar las explicaciones, así como que cumplieran una serie de especificaciones que nos permitiesen asegurar una correcta evaluación de las competencias. **Con este fin, proporcionamos por una parte una serie de pautas iniciales sobre el formato y contenidos de cada vídeo, así como una rúbrica de evaluación para cada sesión de prácticas, que eran puestas a disposición de los alumnos con anterioridad a su realización.** En las Figuras 4 y 5 mostramos tanto las pautas como la hoja de rúbricas de una de las prácticas.



*Figura 3. Sistema myDAQ con la placa de prototipos y diversos componentes electrónicos (resistencias, LEDs, diodos, transistores, etc.) preparados para realizar las prácticas.*

### Práctica 3: polarización del MOSFET

Pautas de realización del vídeo (máximo orientativo 5 minutos):

1. Indicar al comienzo del vídeo tu **nombre y apellidos**.
2. Mostrar el **montaje físico** con el myDAQ del **circuito de la Figura 33** del manual, indicando las conexiones y componentes.
3. Mostrar en la pantalla las **medidas con el multímetro para los voltajes  $V_{DS}$ ,  $V_{GS}$  y  $V_{RD}$** .
4. Mostrar las **formas de onda en el osciloscopio de la entrada y la salida del circuito** (paso 3 del apartado C), identificándolas claramente e indicando para cada una de ellas su amplitud (se recomienda usar los cursores).
5. Enseña el resultado obtenido para la **señal de salida (AI 1+) en el paso 5 del apartado C** y reflexiona sobre lo que observas, haciendo los comentarios que consideres oportunos sobre **por qué la señal tiene ese aspecto**.

Figura 4. Pautas para realizar los video-informes de la práctica 3 (polarización del MOSFET).

### Práctica 3: Polarización del MOSFET

	Nulo (0 puntos)	Bajo (hasta 3 puntos)	Medio (hasta 6.5 puntos)	Alto (hasta 10 puntos)
<b>Montaje físico del circuito</b>	No se muestra el montaje físico o es claramente erróneo (0 puntos)	El montaje se muestra, pero no se ve claramente ni se indican las conexiones ni componentes (0.5 puntos)	El montaje se ve, pero la descripción de los componentes y conexiones es incompleta o no queda completamente clara (1.25 puntos)	El montaje se ve claramente y la descripción de conexiones y componentes es completa y clara (2 puntos)
<b>Medidas con el multímetro</b>	No se muestra ni la imagen del multímetro, ni se indican las medidas (0 puntos)	Se muestra la señal del multímetro, pero las medidas son incompletas, todas ellas erróneas, o no se presentan (0.5 puntos)	Se muestra la señal del multímetro y se mencionan las medidas sin mostrarlas, o mostrándolas pero siendo alguna incorrecta (1.25 puntos)	Se muestra la señal del multímetro y se indican correctamente los valores, mostrando las medidas (2 puntos)
<b>Forma de onda del osciloscopio</b>	No se muestran las formas de onda del osciloscopio o las dos son claramente incorrectas (0 puntos)	Se muestran las formas de onda, pero una de ellas es incorrecta, o bien no se mencionan las amplitudes (1 punto)	Se muestran las formas de onda, siendo correctas, pero alguna amplitud no está correctamente indicada (2 puntos)	Se muestra correctamente las curvas y se indican adecuadamente las amplitudes, siendo todas correctas (3 puntos)
<b>Apartado 5</b>	No se muestra el resultado del apartado 5 (0 puntos)	Se muestra el resultado del apartado 5 en el osciloscopio, pero contiene algún error (1 punto)	Se muestra el resultado en el osciloscopio y las formas de onda son correctas, pero los comentarios son incompletos, no adecuados, o insuficientes (2 puntos)	Se muestra adecuadamente la señal del osciloscopio y la explicación sobre el aspecto de la señal es clara y correcta (3 puntos)

Figura 5. Rúbrica de corrección de los video-informes de la práctica 3 (polarización del MOSFET).

Al tratarse de una entrega que debían realizar a través del campus virtual, la corrección se realizaba en Studium, y proporcionábamos a los estudiantes una realimentación detallada a través de los comentarios a la entrega, lo cual les servía para conocer mejor los fallos cometidos y solventarlos en las siguientes prácticas.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos han sido altamente satisfactorios. Más allá del hecho siempre positivo de disponer de nuevos recursos docentes, adaptados además a un formato que puede ser usado tanto de forma presencial en el laboratorio como de forma remota, los resultados obtenidos apuntan a que el formato de trabajo individual y asíncrono empleado por los estudiantes se traduce en un aprendizaje de mayor calidad que se ve reflejado en una mejor calificación de la parte práctica de la asignatura. Si bien es complicado extrapolar conclusiones definitivas a partir de la experiencia de un único curso (teniendo en cuenta además que el número de alumnos involucrados en esta experiencia es relativamente pequeño), creemos que es interesante analizar el rendimiento de los participantes de esta experiencia en comparación con los alumnos que han realizado las prácticas en el formato convencional. Para ello, en la tabla 1 mostramos la nota media de la parte práctica de la asignatura en diferentes cursos, así como los resultados obtenidos en el presente curso para las dos modalidades (alumnos con el formato myDAQ y el resto). Como puede observarse, los alumnos que han realizado las prácticas en este formato han obtenido un rendimiento muy superior al de sus compañeros del presente curso, y claramente mejor que el de los cursos anteriores, incluyendo los cursos previos a la pandemia en los que se hacían el mismo número de prácticas en formato 100% presencial.

Curso	Nota media de prácticas
2017-2018	7.43
2018-2019	6.8
2019-2020	7.13
2020-2021*	5.64
<b>2021-2022 (myDAQ)</b>	<b>7.84</b>
2021-2022* (resto)	5.72

Tabla 1. Calificaciones en la parte práctica de la asignatura en diferentes cursos.

El \* indica que en esos casos las prácticas se realizaron en un formato híbrido (parte presencial y parte online) debido a la pandemia.

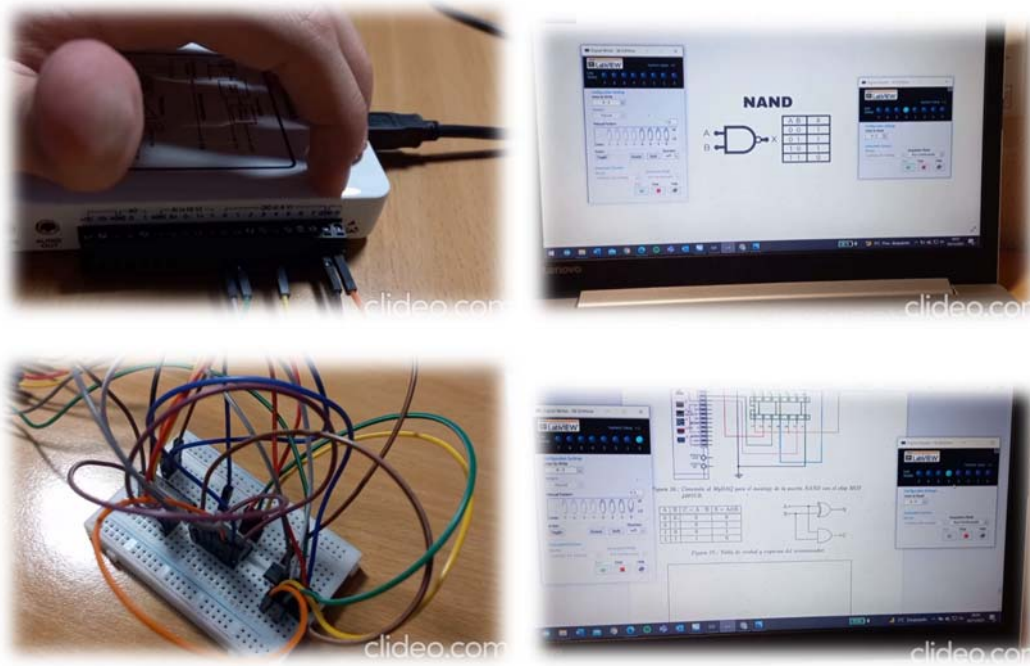


Figura 6. Fotogramas del video-informe de la práctica 6 realizado por un estudiante.

Más allá de los aspectos meramente cuantitativos, también queremos hacer constar que las sensaciones subjetivas que hemos tenido respecto a la calidad del aprendizaje han sido muy positivas. Nuestra valoración a partir de los informes en vídeo recibidos es que los alumnos han desarrollado mejores capacidades a la hora de expresar y explicar los conceptos físicos involucrados en cada práctica. Algunos vídeos tenían una calidad muy notable. Como ejemplo mostramos en la Figura 6 varios fotogramas que cubren desde la explicación del equipo, el uso de los instrumentos virtuales, el montaje físico del circuito y su correcto funcionamiento.

## Justificación económica

La subvención concedida para el presente proyecto de innovación se ha empleado íntegramente para la compra de dos nuevos equipos myDAQ, teniendo que complementar el área de Electrónica con 121.16 € para cubrir el coste total.

## Conclusiones y perspectivas futuras

El proyecto se ha realizado cumpliendo satisfactoriamente con todos los objetivos inicialmente planteados. Un grupo de estudiantes ha tenido la oportunidad de realizar las prácticas de laboratorio empleando un sistema portátil y personal que puede ser utilizado en casa, dando a los estudiantes una gran flexibilidad para poder desarrollar las tareas a su ritmo y en los horarios de su elección, y obteniendo unos resultados de aprendizaje similares, o incluso

superiores, a los de los alumnos que realizan las prácticas en el laboratorio convencional. Todo ello sin perder la supervisión, seguimiento y apoyo por parte de los profesores.

A la vista de los buenos resultados obtenidos, en los siguientes cursos continuaremos profundizando en esta propuesta, con el fin tanto de mejorar las posibilidades de los laboratorios portátiles y disponer de más datos que confirmen las evidencias iniciales de una mejora notable de las competencias adquiridas. Queremos desarrollar diversas placas de circuito impreso complementarias para incrementar las posibilidades de trabajo de los estudiantes. Procuraremos también difundir los resultados obtenidos en algún congreso de innovación educativa, así como realizar alguna publicación, dado el interés que creemos que tiene esta iniciativa para la enseñanza de la electrónica en ciencias e ingeniería.