

Ayudas a PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y

MEJORA DOCENTE

2019-2020



**VNiVERSiDAD  
DSALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

**Informe Final**

**Ref. ID2021/207**

## **Proyecto de Innovación Docente**

# **Circuitos impresos para la mejora de las prácticas de Electrónica**

<b>Centro de ejecución</b>	Facultad de Ciencias
<b>Departamento y Área de Ejecución</b>	Física Aplicada / Electrónica
<b>Miembros del equipo</b>	Yahya Moubarak MEZIANI (IP) María Moreno Vázquez José Manuel Caridad Hernández Juan Antonio Delgado Notario

## INTRODUCCIÓN

Este documento corresponde al informe del Proyecto de Investigación Docente (PID) “**Circuitos impresos para la mejora de las prácticas de Electrónica**”, dirigido a facilitar y modernizar la docencia de determinadas prácticas, en las que se emplean circuitos electrónicos complejos.

Generalmente, en prácticas de Electrónica, los alumnos montan los circuitos a estudiar sobre una protoboard (placa de prototipado), colocando sobre ella cada componente y utilizando cables. Los alumnos invierten tiempo improductivo en el montaje del circuito que tienen que estudiar y caracterizar. Frecuentemente, cometen errores de montaje y dañan los componentes. En este PID, nos propusimos corregir este problema.

Los objetivos del proyecto se presentan en la siguiente sección.

## OBJETIVOS

El objetivo general del presente proyecto era desarrollar y fabricar un conjunto de circuitos impresos, destinados a ser utilizados, de manera transversal, en la docencia de determinadas asignaturas del Área de Electrónica que comparten contenidos de Instrumentación. Se trataba de poner a disposición de los alumnos una herramienta nueva —circuitos preparados ad hoc— que, agilizando las sesiones presenciales, permitieran a los alumnos realizar un estudio más profundo, dentro y fuera del laboratorio. Esta estrategia ha supuesto una innovación decisiva que ha mejorado el aprendizaje.

Los objetivos concretos eran:

1. Diseño y desarrollo de los diferentes circuitos que se estudian en las diferentes asignaturas.
2. Encargar a una empresa la fabricación de estos circuitos.
3. Montaje y medida en el laboratorio.
4. Generación de contenidos, documentación y recursos docentes de autoayuda y autoaprendizaje puestos a disposición de los estudiantes en Studium.

Como se propuso, el proyecto ha permitido generar recursos y contenidos – especialmente

de tipo práctico – de gran interés para ser aplicados en la docencia práctica de las siguientes asignaturas impartidas por el Área de Electrónica:

Asignaturas Y Titulaciones Que Se Benefician Del Proyecto De Innovación	
1	Instrumentación Electrónica (2º curso, Grado en Física, Obligatoria, Fac. Ciencias)
2	Periféricos (4º curso, Grado en Ingeniería informática en Sistemas de Información, Obligatoria, Fac. Ciencias)
3	Arquitectura de Computadores (1º curso, Grado en Ingeniería Informática en Sistemas de Información, Obligatoria, EPSZ)
4	Instrumentación Electrónica (2º curso, Doble Grado en Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Materiales y Grados en Ing. Mecánica e Ing. De Materiales, Obligatoria, EPSZ)
5	Caracterización de materiales y dispositivos (Máster en Física y Matemáticas, Optativa, Fac. de Ciencias)
6	Nanoelectrónica y aplicaciones en alta frecuencia, Máster en Física y Matemáticas, Optativa, Fac. de Ciencias

En alguna de ellas, como señalamos más delante, los recursos han sido directamente aplicados en el presente curso académico; en otras, se implantarán a lo largo de los próximos cursos.

## ALCANCE y CONTEXTO

El desarrollo de las clases de prácticas en Electrónica se hace usando una placa protoboard, sobre la que se monta el circuito a caracterizar. Es un método educativo útil para circuitos simples, pero que tiene numerosos inconvenientes cuando se quiere estudiar circuitos complejos. En estos casos, el desarrollo de la práctica resulta difícil para el alumno, se pierde tiempo en buscar errores de montaje y, a veces, se dañan los componentes. En este PID, nos propusimos solucionar este problema, que se presenta específicamente en circuitos complejos, poniendo a disposición del alumno el circuito ya montado en placa PCB. De este modo, se preveía mejorar el aprendizaje del alumno, posibilitando dedicar más tiempo de la práctica a la caracterización del circuito, que es la actividad más importante.

Como primer paso, elegimos tres circuitos (Registro de desplazamiento, Oscilador, y un convertidor digital a analógico) y un adaptador para el sistema de adquisición de datos MyDAQ. Adicionalmente, el lazo de realimentación (pasivo en amplificadores realimentados) contiene

un oscilador controlado en voltaje (VCO) conduciendo a que el PLL sea un circuito conceptual y funcionalmente muy complejo.

El **análisis de contexto** realizado inicialmente mostró la falta de recursos prácticos a nivel de *software* y la muy escasa disponibilidad a nivel de *hardware*. Este análisis fue el que motivó la presentación de este PID, orientado a generar recursos en los dos ámbitos.

## DESARROLLO DEL PROYECTO y RESULTADOS

El planteamiento básico del presente proyecto es el siguiente: considerando el amplio espectro de contenidos docentes que imparte el Área de Electrónica y, más específicamente, los que imparten los miembros de este PID, se hace necesaria una **generación de recursos** que puedan usarse de **manera transversal** en diversas asignaturas y titulaciones para un mayor aprovechamiento de los mismos. La implementación de circuitos complejos en placas PCB semi-profesionales permite al alumno dedicar más tiempo a la caracterización del circuito y a asimilar las ideas involucradas. Además, el alumno puede disponer del circuito impreso fuera del aula para su estudio usando el sistema de adquisición de datos MyDAQ. Este pequeño equipo portátil permite al alumno utilizar, también fuera del aula, diferentes instrumentos: generador de funciones, osciloscopio de dos canales, Entradas/salidas digitales, ... (<https://www.ni.com/pdf/manuals/373061g.pdf>) para caracterizar los circuitos.

En PIDs previos, el grupo involucrado ha adquirido habilidades en el diseño y fabricación de placas PCB. El diseño y la simulación de estos circuitos se realizó usando el software "Multisim/Ultiboard", del que se disponen de unas 250 licencias de estudiante, o "CADSOFT-EAGLE" (licencia gratuita para PCB de menos de 10x10cm). Adicionalmente, los circuitos pueden medirse en laboratorio usando soluciones comerciales integradas. Tanto los contenidos experimentales como los de simulaciones han sido objeto de desarrollo en el presente PID.

Para alcanzar el objetivo general y los objetivos concretos del proyecto, los miembros del grupo han desarrollado las acciones siguientes:

1. Elección de los circuitos para las diferentes prácticas impartidas por los miembros del grupo.
2. Simulación y diseño de los circuitos para su fabricación, usando Multisim y Ultiboard respectivamente.
3. Fabricación de un número de placas adecuado para cada práctica.
4. Generación de contenidos y recursos de autoaprendizaje que se validarán en asignaturas impartidas durante el primer cuatrimestre de 2022.

Además de los recursos adquiridos para la ocasión, en este PID se ha empleado:

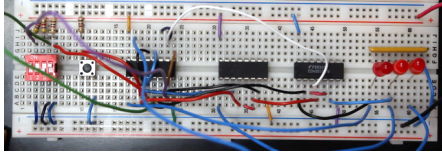
- Moodle (Studium) para la documentación, acceso a contenidos y recursos generados para los estudiantes.
- Instrumentos de medida de banco (osciloscopio digital de dos canales, multímetro, entrenador, ...) que se usaron para la medida de los circuitos de prueba basados en PLL comercial.
- Software de simulación, Multisim de National Instruments, y de fabricación, Ultiboard (NI) y Cadsoft.

Se presentan los resultados obtenidos relativos a los tres circuitos estudiados y al adaptador para MyDAQs.

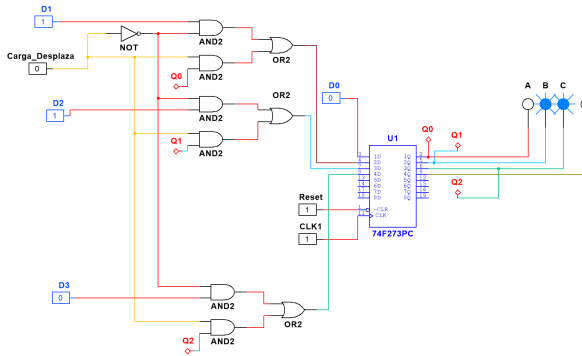
- **Registro de desplazamiento con carga en paralelo**

Hemos elegido este circuito por la considerable complejidad que supone para los estudiantes su implementación. Este circuito se enseña en la asignatura de Arquitectura de Computadores I (GISI, EPSZ) y en Periféricos (GII, Fac. Cienicas). El tiempo de montaje sobre protoboard es de más de un cuarto de hora, con una tasa de éxito del 1% (figura 1). El alumno dispone de un video explicativo de esta práctica ([https://drive.google.com/file/d/1zJVCbxRoMRM9SaUrORfSgdN\\_yYI5Rc8/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1zJVCbxRoMRM9SaUrORfSgdN_yYI5Rc8/view?usp=sharing)). A raíz de la presente innovación docente, el alumno dedica tiempo a simular el circuito con Multisim (figura 2) y a caracterizarlo posteriormente usando la placa PCB (figura 3). En Studium, dispone de un video explicativo del funcionamiento

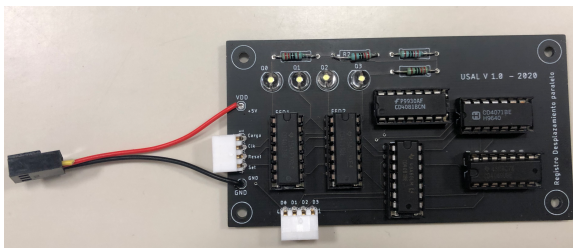
([https://drive.google.com/file/d/1f5Wh4rzHjegMwh1Eb1sK\\_pmShYZXC7Te/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1f5Wh4rzHjegMwh1Eb1sK_pmShYZXC7Te/view?usp=sharing)). De este circuito, hemos fabricado 5 placas que han sido usados por los alumnos en el curso 2021-2022.



**Figura 1.** Registro de desplazamiento con carga en paralelo montado en protoboard.



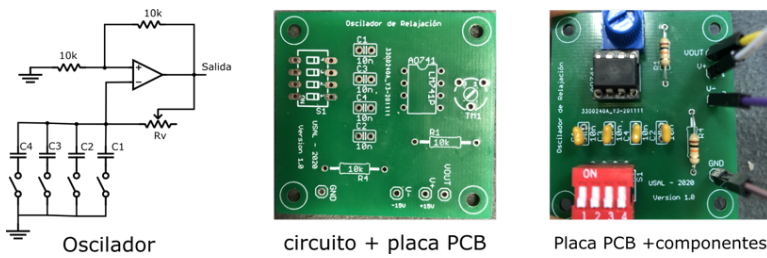
**Figura 2.** Registro de desplazamiento con carga en paralelo simulado en Multisim.



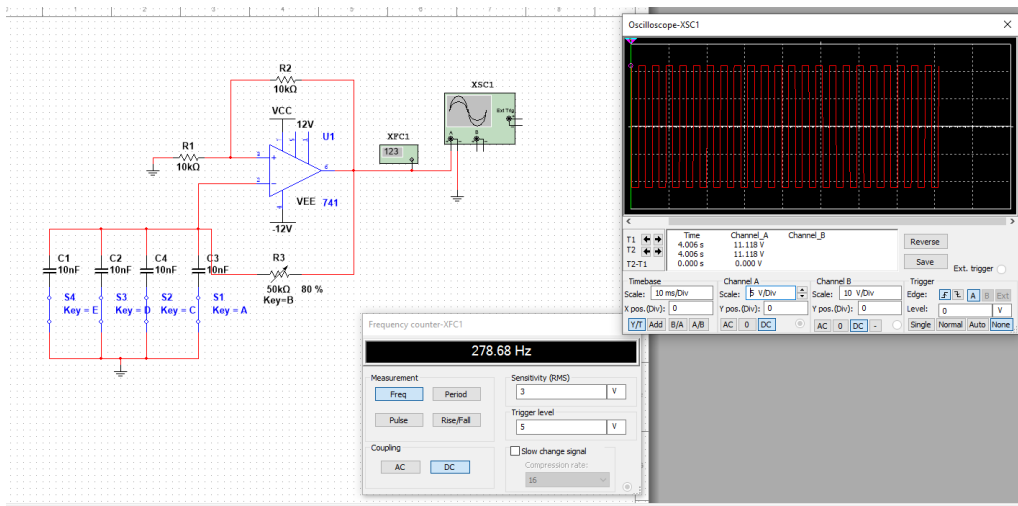
**Figura 3.** Registro de desplazamiento con carga en paralelo fabricado en placa PCB.

- **Oscilador de Relajación**

Hemos elegido este circuito por la complejidad de su implementación y para no dañar el amplificador operacional. Se enseña en la asignatura de Instrumentación Electrónica (Fac. Ciencias). La figura 4 presenta el esquema del circuito y su montaje en la placa PCB. Incluye condensadores en serie e interruptores que permiten sintonizar la frecuencia de oscilación del circuito. Implementar este circuito en el protoboard resulta muy difícil para el alumno. Hemos fabricado cinco placas PCB para el curso 2021-2022 y se prevé mejorar el diseño para el siguiente curso. Los alumnos simulan el circuito usando Multisim (figura 5) y comparan la simulación con el circuito real, montado en PCB. De este modo, pueden dedicar más tiempo al aprendizaje de los modos de funcionamiento del circuito.



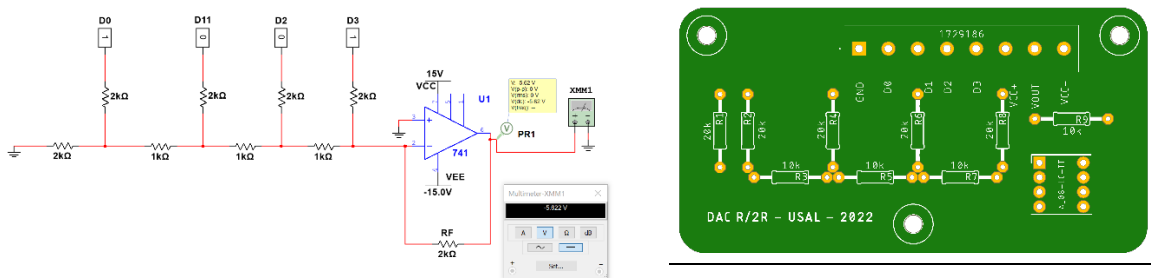
**Figura 4.** Circuito Oscilador de relajación y su montaje en PCB



**Figura 5:** Simulación del circuito usando Multisim

- **Convertor digital a analógico (DAC)**

Este circuito es muy común y se enseña en casi todas las asignaturas prácticas de electrónica. Se trata de un convertor digital a analógico de cuatro bits denominado R/2R.



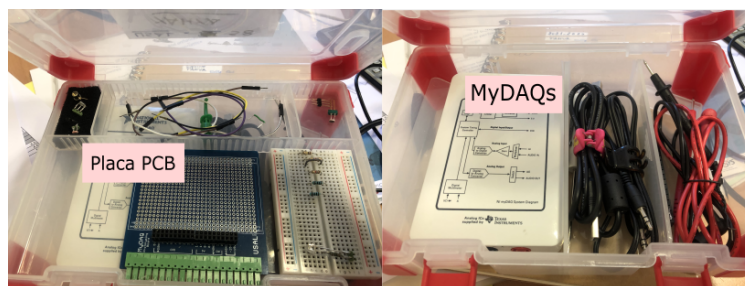
**Figura 5.** Esquemático un convertor DAC y su diseño.

El diseño está en proceso de fabricación y no tenemos montado el circuito en placas PCB debido al retardo de entrega de las placas. Se prevé poder implementarlo a partir de septiembre 2022 en

las diferentes asignaturas señaladas.

- **Placa PCB adaptada al MyDAQs**

En este PID, se ha fabricado también un adaptador para sistemas de adquisición de datos MyDAQs. Este tipo de adaptadores permite una conexión con el sistema más fácil y rápida. También se puede configurar para montar un circuito fijo y `predefinido para MyDAQs a través de las líneas de conexiones impresas en la placa PCB. Se trata de combinar diferentes instrumentos de laboratorio plug-and-play basados en PC, con portabilidad para aprendizaje práctico, dentro y fuera del laboratorio. Se trata de Dispositivos de Adquisición de Datos con ocho instrumentos de laboratorio plug-and-play comunes basados en LabVIEW, incluyendo un multímetro digital (DMM), un osciloscopio y un generador de funciones. Los estudiantes pueden realizar experimentos y ejercicios utilizando instrumentos LabVIEW, tales como con analizador de Bode, generador de forma de onda arbitraria, analizador de señal dinámica (transformada rápida de Fourier), entradas y salidas digitales. Estos dispositivos permiten realizar ingeniería real y, combinados con software LabVIEW y NIMultisim, brindan a los estudiantes el poder de generar prototipos de sistemas y analizar circuitos fuera de las conferencias y laboratorios tradicionales. Inicialmente, hemos hecho la prueba en asignaturas de Máster y 4º curso del Grado en Física para recoger las opiniones y sugerencias. Los estudiantes son poco numerosos, con excelente motivación, una buena base teórica y la interacción con el profesor ha hecho innecesario una evaluación anónima del Proyecto. Algunas sugerencias se han usado a la hora de redactar este informe. En cursos posteriores se desplegarán los materiales en otras asignaturas.



Caja de MyDAQs con el adaptador y los componentes electronicos

**Figura 5.** Adaptador para MyDAQs.

## CONCLUSIONES

El PID se ha completado con éxito. Se han generado recursos docentes, tanto prácticos como de simulación, relativos a determinados circuitos que son clave en prácticas de numerosas asignaturas impartidas por el Área de Electrónica, tanto de la Facultad de Ciencias como de la EPS de Zamora.

Hemos encontrado algunas dificultades para la ejecución práctica del proyecto, ligadas a problemas actualmente existentes a nivel mundial de aprovisionamiento de componentes electrónicos y fabricación de placas PCB. Hemos podido fabricar 3 circuitos complejos (Registro de desplazamiento con carga en paralelo (5 placas), Oscilador de relajación (5 placas) y un convertor digital a analógico de 4 bits (en proceso de fabricación de 10 placas)). También se han fabricado 10 adaptadores para el sistema de Adquisición de datos MyDaq, lo que ha permitido a los alumnos llevar a cabo prácticas dentro y fuera del aula. Hemos generado material docente (guiones, simulaciones, videos, ...).

Más allá de la generación de soportes útiles para prácticas, este proyecto ha tenido un impacto directo positivo en la docencia, permitiendo una participación más activa de los estudiantes en las prácticas que, según nuestra experiencia docente, redundan en un mejor aprendizaje.