



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

AYUDAS DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
A PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE

CURSO 2013-2014

Memoria de Actividades

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño de sensores integrados para MEMS

2. REFERENCIA

ID2013/214

3. PROFESOR COORDINADOR

Jesús Enrique Velázquez Pérez

4. MIEMBROS DEL EQUIPO

Yahya Moubarak MEZIANI

5. CONTEXTO

El desarrollo de nuevos MEMS es un ámbito de trabajo muy activo en I+D desde finales de la década de los 80 del pasado siglo y es de prever que lo siga siendo al menos otras dos décadas, el actual impulso de la industria electrónica no puede basarse en circuitos electrónicos si no en sistemas que incluyan mayores valores añadidos: comunicaciones, sensores, ... que sostengan el incremento de costes en la producción gracias a productos con **integración a nivel de sistema**. Este nuevo paradigma se conoce como IOT (**Internet of Things**)

En la USAL podemos identificar al Grado y el Máster de Física como las disciplinas básicas para el desarrollo de MEMS pues éstos se basan en la aplicación de diversos efectos físicos en semiconductores que puedan integrarse en un chip de Si y tratar la señal generada con circuitería integrada en el propio chip.

En este PID proponemos el uso de herramientas de software para el estudio del funcionamiento y el diseño de varios tipos de MEMS. Esto permitirá a los estudiantes profundizar su comprensión del funcionamiento de los diferentes componentes MEMS. Este PID se inscribe en la línea de modernizar nuestras herramientas de aprendizaje de las prácticas de las asignaturas “Instrumentación Electrónica” en el Grado de Física y las asignaturas “Instrumentación Avanzada” y “Física y Aplicaciones de Sensores”. Más adelante se trasladarán contenidos a docencia en Ingeniería (el Dr. Meziani iniciará su labor docente en la EPSZA en el curso 2014-2015).

6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente PID tuvo como objetivo la introducción en la USAL de herramientas de diseño de MEMS (MicroElectro Mechanical Systems). Los MEMS son el elemento clave en el desarrollo de la Electrónica en este milenio. Los MEMS son los elementos de mayor valor añadido en los sistemas electrónicos. Estos sistemas son también conocidos como SOCs o System-on-a-Chip o, más comúnmente, sensores.

Los objetivos principales han sido cuatro:

1. Mejorar la enseñanza de Electrónica basadas en herramientas de última generación.
2. Generación de contenidos.
3. Generación de material de aprendizaje y autoayuda virtual que estará disponible en Studium.
4. Introducción de nuevas tecnologías a los alumnos para mejorar el aprendizaje de MEMS: concepción, implementación, test y optimización. Desarrollar diferentes circuitos que los alumnos podrán crear o descargar directamente a través de Studium

7. ACTUACIONES

En lo que respecta a materiales de apoyo de aplicación en las asignaturas las actuaciones han sido las siguientes:

- Creación y puesta a disposición de los estudiantes de transparencias correspondientes a los contenidos de la materia en las asignaturas “Física de

Sensores” e “Instrumentación Avanzada” (Máster de Física) e “Instrumentación Electrónica” (Grado en Física).

- Creación de líneas de código con ejemplos del uso de herramientas software.
- Adquisición de sensores para desarrollo de material docente.

El Proyecto usará los materiales generados en cursos sucesivos.

8. RESULTADOS

Material de apoyo para la asignatura:

Finalizado el proyecto, se dispone de los siguientes elementos:

- Transparencias. Este material abarca todos los contenidos del curso y ha sido puesto a disposición de los estudiantes desde el principio de la docencia (ver figura 1).

CHEMICAL SENSORS

1. Electrical and Electrochemical Transducers: ChemFET

A ChemFET is a chemical field effect transistor that includes a gas-selective coating or series of coatings between its transistor gate and the analyte (figure left). This chemical element gives the device a control input that modifies the source–drain conduction in relationship with selected chemical species. Different materials applied to the gate react with different chemical species (gases or liquids) and provide differentiation of species. ChemFETs can be used for detecting H₂ in air, O₂ in blood, some military nerve gases, NH₃, CO₂, and explosive gases. A typical packaging of the gas sensor is shown in Figure (right).

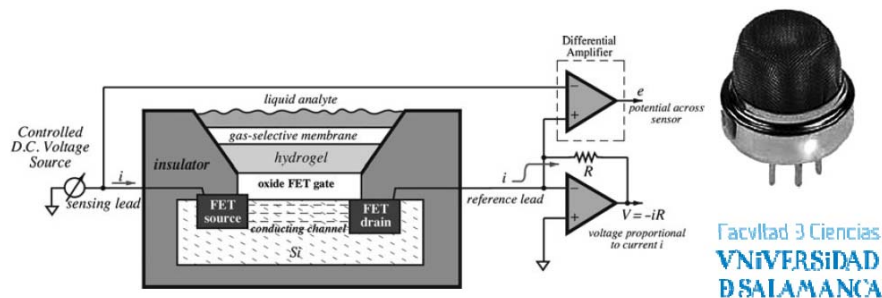


Figura 1. Ejemplo de transparencia Máster en Física.

- Simulación física de sensores usando herramientas TCAD avanzadas. Se han desarrollado varios ejemplos para su uso en el Máster de Física (Figura 2).

- Adicionalmente, en el Proyecto se han adquirido, como estaba previsto, material electrónico para adquisición de señal: sensores, microcontroladores, etc (Figura 3).

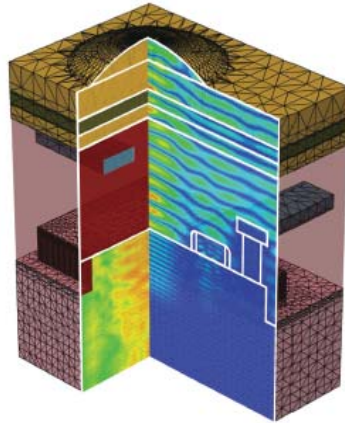


Figura 2. Ejemplo de simulación 3D de sensor CMOS de imagen.

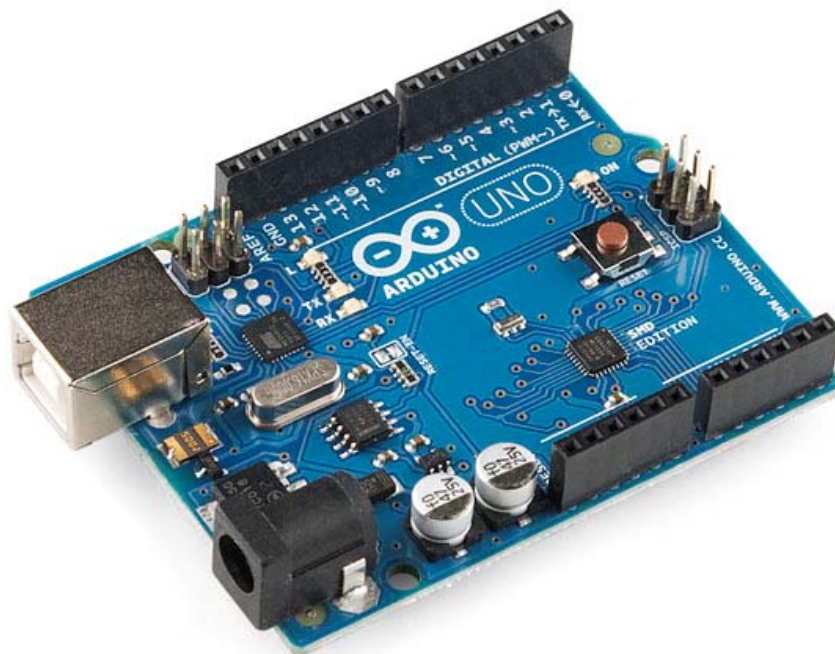


Figura 3. Microcontrolador Arduino Uno adquirido para instrumentación de sensores.

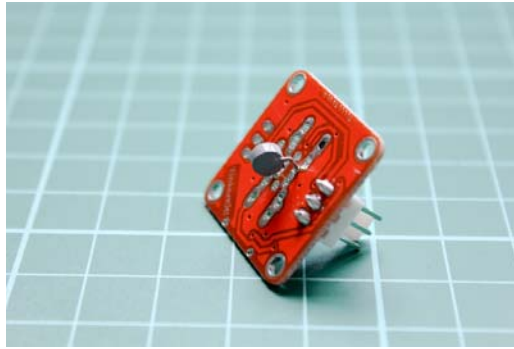


Figura 4. Módulo Termistor Tinkerkit para Arduino.

Se han adquirido varios tipos de sensores (Figura 4) para los que se han implementado códigos simples (ver Ejemplo 1) que los estudiantes

```
float temp;
int tempPin = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  temp = analogRead(tempPin);
  temp = temp * 0.48828125;
  Serial.print("TEMPRATURE = ");
  Serial.print(temp);
  Serial.print("*C");
  Serial.println();
  delay(1000);
}
```

Ejemplo1. Ejemplo de código de adquisición y salida de medida de temperatura.

La concesión de este proyecto se hizo pública cuando ya había transcurrido la mayor parte del tiempo asignado a la docencia relativa en Grado. Por ello no ha sido posible disponer de todos los materiales generados a disposición de los estudiantes.

De cara al próximo curso se espera que los estudiantes puedan acceder a la totalidad de estos elementos. Entonces será el momento de evaluar su utilidad para ellos.

9. CONCLUSIONES Y LINEAS DE TRABAJO FUTURO

Los objetivos planteados inicialmente en el proyecto de innovación educativa “Diseño de sensores integrados para MEMS” se han alcanzado con éxito. Se han desarrollado ejemplos de simulaciones puestos a disposición de los estudiantes y se han adquirido circuitos integrados y sensores para diseñar y realizar prototipos que serán usados en las asignaturas para las que existe docencia relativa a sensores e instrumentación de medida en el Área de Electrónica cumpliendo los objetivos inicialmente planteados.

Como cualquier obra, lo aquí desarrollado está sometido a una continua evolución, de esta manera la implantación final en las asignaturas estará sujeta al número de estudiantes en el nuevo Máster de Física. Por otro lado la continua utilización por parte de los estudiantes permitirá mejorar los aspectos pedagógicos del sistema desarrollado, así como optimizar la accesibilidad al mismo.