

**51198 - INTEGRACIÓN DE SISTEMAS
MICRO-ELECTROMECAÓNICOS**

CENTRO: 415 - IU de Microelectrónica Aplicada

TITULACIÓN: 5048 - MU Electrónica y Telecomunicación Aplicadas

ASIGNATURA: 51198 - INTEGRACIÓN DE SISTEMAS MICRO-ELECTROMECAÓNICOS

CÓDIGO UNESCO: **TIPO:** Optativa **CURSO:** 1 **SEMESTRE:** 2º semestre

CRÉDITOS ECTS: 4,5 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 4,5 **INGLÉS:** 0

SUMMARY

This course introduces design and fabrication of MEMS, including topics of material properties, micro-fabrication technologies, and basic principles of MEMS sensors and actuators, RF MEMS, and applications. The first half term covers basic microfabrication techniques and process flow, MEMS materials and their properties, structural behavior and packaging. The second half term covers different sensing and actuating working principles (i.e. electrostatic, piezoelectric, piezoresistive, thermalcapacitive, microfluidics, etc.) design and analysis. A variety of MEMS device are analyzed including inertial sensors, pressure sensors, gyroscope, optical MEMS, RF MEMS, and bioMEMS. In addition, throughout the course, a number of real-world applications are introduced and discussed.

REQUISITOS PREVIOS

Solamente los propios de acceso al máster a través de los perfiles establecidos.

Plan de Enseñanza (Plan de trabajo del profesorado)

Contribución de la asignatura al perfil profesional:

Esta asignatura es clave en aportar al perfil del título con un claro carácter de investigación. Aporta conceptos, métodos y técnicas para la integración a nivel de sistema de circuitos y dispositivos; de integración de electrónica analógica. digital de señal mixta; para procesamiento en banda base y RF. Su perfil específico se encuentra en el descriptor siguiente: modelos de simulación mixta de sistemas electrónicos analógicos y digitales, análisis de interconexiones y adaptación de impedancias, desde el sistema hasta el encapsulado, de baja frecuencia hasta radio-frecuencia, administración y recuperación de la energía, modelos de simulación mixta de sistemas eléctrico-mecánico-ópticos, integración de sistemas eléctrico-mecánico-ópticos, ensamblado, empaquetado e interconexiones de sistemas eléctrico-mecánico-ópticos, prototipado rápido y herramientas de generación automática de código.

Competencias que tiene asignadas:

Competencias básicas y generales, según la memoria verifica del Master: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10.

Competencias Transversales, según la memoria verifica del Master: CT1 y CT2.

Competencias Específicas, según la memoria verifica del Master, como observación en el apartado 5.5.1.4: CE.O4, Capacidad de integrar sistemas analógicos, digitales y de señal mixta para el

desarrollo rápido de prototipos (micro)electro-mecánico-ópticos.

Objetivos:

Los objetivos didácticos de la asignatura se resumen en los siguientes puntos.

Objetivos conceptuales:

OBJ-01.- comprender la terminología relacionada con la tecnología de microsistemas (MST)

OBJ-02.- saber los fundamentos sobre microsistemas, microsensores, microactuadores, RF MEMS y la integración de microsistemas

OBJ-03.- entender los principios de funcionamiento de los dispositivos MEMS

OBJ-04.- conocer las aplicaciones de los sistemas MEMS en los sectores aeroespacial, biomedicina, bioingeniería, microrrobótica, micromecánica, telecomunicaciones, electrónica de consumo y medioambientales

OBJ-05.- comprender la problemática asociada a la miniaturización de dispositivos electrónicos y los efectos del escalado

OBJ-06.- conocer los procesos de fabricación disponibles para la fabricación de microsistemas

OBJ-07.- comprender la metodología de elementos finitos, la importancia del mallado, y su refinamiento

OBJ-08.- conocer las aplicaciones actuales de la nanotecnología y la nanoelectrónica

OBJ-09.- reflexionar sobre la importancia de los sistemas de inspiración biológica en la nanotecnología y la nanoelectrónica

Objetivos procedimentales:

P01.- utilizar herramientas para resolver problemas físicos empleando el método de los elementos finitos

P02.- diseñar, implementar, y simular pequeños dispositivos MEMS usando herramientas CAD reconocer las fuerzas predominantes en un microsistema

P04.- manejar las herramientas para la búsqueda de artículos y documentación científica

Objetivos actitudinales:

A01.- ser consciente de las aplicaciones potenciales de los sistemas MEMS, la nanoelectrónica y la nanotecnología

A02.- interesarse por nuevos dispositivos y nuevos campos de aplicación

A03.- reflexionar sobre las oportunidades de futuro que ofrecen las tecnologías MST y NANO

Contenidos:

El contenido teórico-práctico de la asignatura está dividido en seis bloques temáticos. Estos bloques temáticos se imparten mediante Clases Teóricas (23 horas), Prácticas de Aula (4 horas) y de Laboratorio (15 horas). Cada bloque temático incluye contenidos, prácticas de aula y de laboratorio, según corresponda, que se adaptan al calendario y horario previsto para la asignatura.

CONTENIDO TEÓRICO (23 horas)

BLOQUE I: INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

1.- Presentación del curso y criterios de evaluación. Instrucciones para realizar el trabajo de curso y la presentación.

2.- Introducción a la tecnología de microsistemas y a los MEMS. Los límites de la tecnología de semiconductores. Tecnologías emergentes. I+D en nanotecnología. Terminología y aplicaciones.

3.- Introducción a los sistemas empujados.

4.- Introducción al análisis de sistemas electro-mecánico-ópticos.

BLOQUE II: APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA DE MICROSISTEMAS

5.- Aplicaciones en electrónica de consumo y telecomunicaciones.

6.- Aplicaciones en la industria automovilística.

7.- Aplicaciones en medicina y biología.

8.- Aplicaciones medioambientales.

BLOQUE III: Análisis y simulación de sistemas electro-mecánico-ópticos.

9.- Modelos de simulación mixta de sistemas electrónicos analógicos y digitales.

10.- Modelos de simulación mixta de sistemas eléctrico-mecánico-ópticos.

11.- Ensamblado, empaquetado e interconexiones de sistemas eléctrico-mecánico-ópticos.

12.- Análisis de interconexiones y adaptación de impedancias, desde el sistema hasta el encapsulado, de baja frecuencia hasta radio-frecuencia.

BLOQUE IV: Recuperación y administración de energía.

18.- Técnicas de diseño para bajo consumo.

19.- Técnicas de recuperación de energía.

20.- Análisis de consumo energético en sistemas electro-mecánico-ópticos.

21.- Técnicas de administración de energía en sistemas empotrados.

22.- Caso de estudio: AEFishBit

PRÁCTICAS DE AULA (4 horas)

BLOQUE V: Herramientas de prototipado rápido y herramientas de generación de código.

13.- Prototipado rápido y herramientas de generación automática de código

14.- Caso de estudio: MCUXpresso Integrated Development Environment (IDE).

15.- Caso de estudio: LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)

16.- Caso de estudio: Kit de Desarrollo de Freescale FRDM-KL28Z.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO (15 horas):

BLOQUE VI: Integración de micro-sistema con el Kit de Desarrollo de Freescale FRDM-KL28Z utilizando MCUXpresso.

17.-. Aprendizaje de técnicas básicas de programación para sistemas empotrados utilizando MCUXpresso.

18.-. Programación e integración de sistema electro-mecánico-óptico con el Kit de Desarrollo de Freescale FRDM-KL28Z utilizando MCUXpresso.

19.-. Gestión de interrupciones y administración de energía con el Kit de Desarrollo de Freescale FRDM-KL28Z.

Metodología:

Método expositivo/Lección magistral. Enseñanza directa expositiva y demostrativa para aquellos contenidos esenciales y/o que requieran una explicación detallada por parte del profesor.

Actividades prácticas. Actividades presenciales que requieren la transferencia de conocimientos conceptuales con los procedimentales, favoreciendo la autonomía y la capacidad de reflexión de los estudiantes, así como fomentando las habilidades personales, y las interpersonales mediante el trabajo en equipo.

Trabajos, proyectos y memorias. Realización y/o exposición individual o en grupo de trabajos monográficos sobre la asignatura.

Actividades no presenciales: destinadas al fomento del estudio y al desarrollo por parte del alumno de las competencias de trabajo autónomo y de autoaprendizaje.

Exámenes. Realización de exámenes parciales y/o finales correspondientes a las distintas asignaturas del plan de estudios.

La metodología utilizada es la recogida en la Memoria Verifica para la materia Integración de Sistemas Micro-electromecánicos. No obstante, ello se resume en:

1 Clases de Teoría y de Práctica en Aula

1.1 Actividad del profesor: Clases expositivas combinadas con la realización de casos prácticos.

1.2 Actividad del alumno:

1.2.1 Presencial: Tomar apuntes, participar en clase con el planteamiento de dudas y exposición de

trabajos.

1.2.2 No presencial: Preparar apuntes, estudiar la materia y realizar trabajos de documentación.

2 Clases Prácticas de laboratorio

2.1 Actividad del profesor: Suministrar y explicar el guión de prácticas a desarrollar en el laboratorio. Supervisar el trabajo de los alumnos en el laboratorio. El material utilizado es: 1) el entorno de diseño de NXP MCUXpresso, que es un entorno de programación de modelo de microcontrolador con simulador; 2) la plataforma hardware para el desarrollo de sistemas empujados FRDM-KL25Z.

2.2 Actividad del alumno:

2.2.1 Presencial: Desarrollo de los algoritmos y aplicaciones propuestos en el guión.

2.2.2 No presencial: lectura del guión y estudio de los objetivos, fundamento teórico y procedimiento experimental a seguir en la práctica. El alumno deberá realizar los cálculos previos necesarios para la realización de la práctica y proponer un algoritmo y/o circuito que permita su consecución.

Voluntariamente y con objeto de avanzar más rápidamente en el laboratorio, el alumno podría desarrollar el código fuente de algunas de las prácticas y/o montar algún circuito propuesto en las prácticas.

Evaluación:

Criterios de evaluación

Por un lado se realizarán pruebas escritas y prácticas en los laboratorios con los que se evaluarán fundamentalmente las competencias básicas.

Adicionalmente se encargará la realización de trabajos en los que los estudiantes deberán ser capaces de resolver un problema representativo del tipo de problemas asociados con lo estudiado en la materia. De su resolución se evaluará su calidad, el empleo adecuado, oportunidad y eficacia de los elementos aprendidos, la capacidad de comunicación, organización de tareas y capacidad para trabajar en equipo (en el caso de trabajos en grupo).

Sistemas de evaluación

La evaluación de la materia se realizará efectuando de forma explícita tanto evaluación del aprendizaje de su contenido teórico como de su contenido práctico.

Para la evaluación la parte teórica, que tendrá un peso del 30% de la puntuación final, se efectuará con un examen con preguntas.

Para la evaluación la parte práctica, con un peso del 65% de la puntuación final, se realizará mediante:

- Realización y defensa (con informe) de las prácticas de laboratorio (15% de la calificación total)
- Trabajo de curso propuesto (50% de la calificación total). En caso que se considere conveniente se puede requerir al estudiante que realice una defensa presencial de este trabajo.

La asistencia y participación en clase tendrá un peso del 5% de la puntuación final.

Criterios de calificación

Las pruebas de evaluación de Teoría y de Laboratorio se realizarán por separado con los pesos ya indicados en el apartado anterior:

a) Pruebas escritas de Teoría (30%).

Se realizará mediante la realización de un examen en las fechas de convocatoria indicada por el

Centro. Se puntuará sobre 10 puntos y se considerará superada con una nota igual o superior a 5 puntos.

b) Evaluación de las prácticas de Laboratorio (15%).

Se realizará un conjunto de prácticas de laboratorio que corresponderán con los contenidos programados en este proyecto docente. Al finalizar cada práctica el estudiante deberá entregar un informe para su evaluación y eventualmente se le realizarán preguntas sobre ella en el laboratorio. Una vez superada se libera la misma.

c) Trabajo de curso propuesto (50%).

Concibiendo las prácticas anteriores como un medio para transmitir a los estudiantes de hábitos y técnicas de diseño fundamentales en sistemas empotrados, el trabajo de curso se entenderá como el de diseño un sistema de aplicación en un entorno real, donde el estudiante deberá emplear los conocimientos adquiridos y realizar un ejercicio de ingeniería real. De ahí que sea a este trabajo al que se le identifique el peso en la evaluación correspondiente, y de ahí que se valore principalmente la utilización de esos conocimientos que deberán haberse adquirido durante el desarrollo de la asignatura. El estudiante deberá entregar una memoria de dicho trabajo y en caso que se considere conveniente se puede requerir al estudiante que realice una defensa presencial de este trabajo para resolver posibles dudas.

d) Asistencia y participación en las actividades docentes (5%)

Para aprobar la asignatura en Convocatoria Ordinaria con la ponderación de la nota global de acuerdo a los porcentajes anteriores, es necesario que el alumno supere tanto las Pruebas Escritas finales (a) como las de Laboratorio (b) y el trabajo de curso propuesto (c) con una calificación mínima de 5 puntos en cada una de ellas. En caso contrario la nota máxima global será de 4 puntos.

En las convocatorias Extraordinaria y Especial, la ponderación de la nota global será de 50% para las Pruebas escritas de Teoría y Problemas (a), y de 50% para la evaluación del Laboratorio (b), siendo necesario que el alumno supere ambas partes con una calificación mínima de 5 puntos en cada una de ellas. En caso contrario la nota máxima global será de 4 puntos.

Actividades que liberan materia:

- Las prácticas realizadas a lo largo del curso y en su totalidad, que se conservan según lo establecido en el reglamento.
- El trabajo de curso propuesto, una vez superado la evaluación de su contenido y la defensa del mismo.

Plan de Aprendizaje (Plan de trabajo de cada estudiante)

Tareas y actividades que realizará según distintos contextos profesionales (científico, profesional, institucional, social)

El estudiante ha de desarrollar un trabajo de curso que ha de presentar y defender. El trabajo versará sobre alguno de los temas desarrollados en la asignatura en base a la lista que se presentará en la segunda semana de curso. La presentación y defensa del mismo se realizará en la última sesión teórica de la asignatura.

Temporalización semanal de tareas y actividades (distribución de tiempos en distintas actividades y en presencialidad - no presencialidad)

El estudiante ha de dedicar 2 horas semanales al desarrollo del trabajo a partir de la segunda semana de curso. Además ha de preparar la presentación de dicho trabajo lo cual le ocupará 2 horas en la decimo cuarta y decimo quinta semana de curso (previo a su presentación).

Desde la semana primera a la última del curso el estudiante ha de dedicarse a atender al foro de asignatura y ha contestar a los cuestionarios temáticos. Ambas actividades son no presenciales y se

realizan a través del campus virtual.

El foro de la asignatura requiere de 1 hora semanal de dedicación. El resto de la dedicación semanal del estudiante se emplea en la preparación, estudio y realización de los cuestionarios temáticos.

Recursos que tendrá que utilizar adecuadamente en cada uno de los contextos profesionales.

Buscadores de Bibliografía como IEEEEXPLORER. Documentación sobre productos de fabricantes y páginas web de los distintos fabricantes/proveedores de servicios relacionados con la temática de la asignatura.

Resultados de aprendizaje que tendrá que alcanzar al finalizar las distintas tareas.

La selección del trabajo, así como el seguimiento de la labor del estudiante relacionada con de dicho trabajo y su preparación para la defensa se realizará en base a la asistencia opcional del estudiante a los horarios de tutoría del profesor con el objeto de guiar el esfuerzo del alumno de forma que este maximice sus resultados. Además, los resultados del aprendizaje al final de la asignatura son las siguientes:

R1. Comprender la terminología relacionada con la tecnología MST.

R2. Conocer los fundamentos sobre microsistemas, microsensores, microactuadores y la integración de microsistemas.

R3. Entender los principios de funcionamiento de los dispositivos MEMS.

R4. Conocer las aplicaciones de los sistemas MEMS en los sectores aeroespacial, medioambiental, telecomunicaciones, electrónica de consumo, biomedicina y bioingeniería.

R5. Comprender la problemática asociada a la miniaturización de dispositivos y los efectos del escalado sobre las magnitudes físicas.

R6. Conocer los procesos de fabricación disponibles para fabricación de microsistemas.

R7. Comprender el método de elementos finitos, la importancia del mallado y su refinamiento.

R8. Conocer las aplicaciones actuales de la nanotecnología y la nanoelectrónica.

R9. Reflexionar sobre la importancia de los sistemas de inspiración biológica sobre en la nanotecnología y nanoelectrónica.

Plan Tutorial

Atención presencial individualizada (incluir las acciones dirigidas a estudiantes en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria)

La selección del trabajo, así como el seguimiento de la labor del estudiante relacionada con de dicho trabajo y su preparación para la defensa se realizará en base a la asistencia opcional del estudiante a los horarios de tutoría del profesor con el objeto de guiar el esfuerzo del alumno de forma que este maximice sus resultados.

Los estudiantes en 5ª 6ª y 7ª convocatorias siguen el plan de acción tutorial del IUMA que se centra en hacer un seguimiento de las tutorías con los alumnos por parte de los profesores de esta asignatura.

Atención presencial a grupos de trabajo

En los horarios de tutorías.

Atención telefónica

No hay atención telefónica.

Atención virtual (on-line)

Se hará uso del Campus Virtual de la asignatura así como del foro que este Campus Virtual oferta en la web de la universidad.

Datos identificativos del profesorado que la imparte.

Datos identificativos del profesorado que la imparte

Dr./Dra. Juan Antonio Montiel Nelson (COORDINADOR)

Departamento: 237 - INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Ámbito: 785 - Tecnología Electrónica

Área: 785 - Tecnología Electrónica

Despacho: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Teléfono: 928451252 **Correo Electrónico:** j.montiel-nelson@ulpgc.es

Dr./Dra. Carlos Javier Sosa González (RESPONSABLE DE PRACTICAS)

Departamento: 237 - INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Ámbito: 785 - Tecnología Electrónica

Área: 785 - Tecnología Electrónica

Despacho: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Teléfono: 928457324 **Correo Electrónico:** javier.sosa@ulpgc.es

Bibliografía

[1 Básico] Handbook of nanoscience, engineering, and technology /

edited by William A. Goddard, III ... [et al.].

CRC Press,, Boca Raton : (2003)

0849312000

[2 Básico] RF MEMS :theory, design, and technology /

Gabriel M. Rebeiz.

J. Wiley,, Hoboken, NJ : (2003)

0471201693