



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

PROYECTO DOCENTE CURSO: 2005/06

## 14158 - DISEÑO DE CIRCUITOS INTEGRADOS ANALÓGICOS

**ASIGNATURA:** 14158 - DISEÑO DE CIRCUITOS INTEGRADOS ANALÓGICOS

Vinculado a : (Titulación - Asignatura - Especialidad)

1101-Ingeniería en Electrónica (sólo 2º ciclo - 14158-DISEÑO DE CIRCUITOS INTEGRADOS ANALÓGIC - 00

**CENTRO:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica

**TITULACIÓN:** Ingeniero en Electrónica

**DEPARTAMENTO:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**ÁREA:** Tecnología Electrónica

**PLAN:** 10 - Año 200 **ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Quinto curso **IMPARTIDA:** Segundo semestre **TIPO:** Optativa

**CRÉDITOS:** 4,5

**TEÓRICOS:** 3

**PRÁCTICOS:** 1,5

### Descriptores B.O.E.

Técnicas de layout analógico; herramientas para diseño de sistemas analógicos. Microingeniería. Sensores, transductores y acondicionadores de señal. Aplicaciones de los sensores. Sistemas electrónicos de inspiración biológica.

### Temario

1.- Introducción a la MST y a los MEMS. (2h)

1.1. – Presentación del curso y criterios de evaluación. El trabajo de curso y su presentación. La participación en los foros semanales. Los cuestionarios temáticos.

1.2. – La investigación y desarrollo en microcircuitos y microsistemas. Tecnologías emergentes. Estado actual en sistemas micro-electromecánicos y nanotecnología.

2.- Aplicaciones de la tecnología de microsistemas. (4 h)

2.1. – Aplicaciones en medicina. Micro-cirugía, telemanipulación y cirugía mínimamente invasiva, sistemas de medida y suministro exacto de sustancias. Implantes de retina e implantes cocleares.

2.2. – Aplicaciones en biotecnología. DNA-chips. Microsistemas para determinar secuencias de ADN/ARN e identificar proteínas. Análisis en el punto de atención médica.

2.3. – Aplicaciones en química. Preparación de muestras, colocado y filtrado. Tecnología para la síntesis de reacciones y mezclas, separación y filtrado. Distintos tipos de sensores para la detección de agentes químicos.

2.4. – Aplicaciones en electrónica de consumo y telecomunicaciones. Tecnologías para la impresión por chorro de tinta, para el almacenamiento de datos en soporte magnético, para displays proyectores y cámaras digitales. Textiles y ropas inteligentes, “wearable technology”. Aplicaciones en aerodinámica.

2.5. – Aplicaciones en telecomunicaciones. Tecnologías de microsistemas para telefonía móvil, bloques y etapas RF y no-RF. Tecnologías para matrices conmutadoras de datos electro-ópticas.

2.6. – Aplicaciones en la industria automovilística. Dispositivos MEMS para seguridad activa, seguridad pasiva y comfort. Sistemas para control del motor basados en sensores MEMS.

2.7. – Aplicaciones medioambientales. Microfábricas y micro-laboratorios químicos para una disminución del consumo energético. Nuevas fuentes de energía. Métodos eficientes para la reducción de residuos. Sensores para medir la calidad del aire, del agua, del suelo.

2.8. – Redes de sensores inalámbricos, WINS.

3.– Instrucciones para realizar el trabajo de curso y la presentación. (2h)

3.1. – Búsqueda de documentación científica con IEEE-Xplore. Determinación de la calidad de las publicaciones en revista mediante el JCR. Otras bases de datos.

3.2. – Estructura, formato y contenidos de un artículo científico.

3.3. – Formato de la presentación.

3.4. – Contenido del trabajo de curso. Trabajos de documentación frente a trabajos prácticos basados en simulación.

4.– Microfísica y Escalado. Notación de Trimmer. (2h)

4.1. – Las cuatro fuerzas de la naturaleza. La fuerza gravitacional, la electromagnética, interacciones fuertes e interacciones débiles.

4.2. – Tipos de interacciones débiles. Interacciones entre carga y dipolo, dipolo y dipolo, carga y no-polar, dipolo y no-polar, y entre moléculas no-polares. Dipolos fijos o con momento angular constante.

4.3. – Tipos de interacciones fuertes. Enlaces covalentes y electrostáticos.

4.4. – Efectos del escalado. Fuerzas de adhesión, electrificación de contactos, micro/nano-fricciones, ruptura de la suposición de continuidad, la doble capa eléctrica.

4.5. – La notación de Trimmer y el escalado de las fuerzas. Fuerzas magnéticas, electrostáticas, gravitacional, tensión superficial, biológicas. Ejemplo de aplicación.

5.– Materiales y Microactuadores. (4h)

5.1. – Definiciones y medidas de prestaciones. Linealidad, precisión, resolución, repetitibilidad, sensibilidad, span, umbral, ruido, deriva, velocidad, rendimiento energético, curva de histéresis, curva de carga.

5.2. – Tecnologías básicas para microactuadores. Actuadores piezoeléctricos, electrostáticos, electromagnéticos, electro/magneto reológicos, ópticos, químicos, acústicos, etc...

5.3. – El microactuador piezoeléctrico. El efecto piezoeléctrico. Propiedades generales. Tipos de actuadores piezoeléctricos. Motores basados en actuadores piezoeléctricos. Aplicaciones.

5.4. – Microactuadores basados en materiales activos, materiales inteligentes, películas electromecánicas (EMFIs), aleaciones con memoria de forma (SMAs) y materiales con memoria de forma magnética (MSMs). Fases y transformaciones austenítica y martensítica. Aleaciones de Níquel-Titanio. Ventajas y desventajas. Superelasticidad. Polímeros activos. Productos y ejemplos de aplicación.

5.5. – Microactuadores y micromotores electrostáticos. Principio de funcionamiento. Microactuadores lineales. El micromotor de capacidad variable.

5.6. – Microactuadores y micromotores electromagnéticos.

5.7. – Otros microactuadores basados en efectos electro/magneto reológicos, electro/magneto restrictivo,

6.– Microsensores. (4h)

6.1.– Clasificación: Microsensores de presión, aceleración, magnéticos, térmicos, giroscopios, microsensores de flujo, de radiación, sensores químicos y biosensores. Aplicaciones. División del mercado.

6.2.– Microsensores de presión: piezorresistivos, capacitivos y resonantes.

6.3.– Acelerómetros capacitivos. Principio de funcionamiento. Tecnología y fabricación. Estructuras simétricas. Inclinómetros y acelerómetros multiaxiales. Respuesta en frecuencia. Calibración. Aplicaciones.

6.4.– Otros tipos de acelerómetros. Piezo-resistivos, ópticos, térmicos, resonantes, electromagnéticos, piezoeléctricos, basados en efecto túnel.

6.5.– Giroscopios. Principio de funcionamiento. Clasificación. Ejemplos.

- 6.6.– Sensores de flujo térmico. Anemómetros y sensores de flujo calorimétricos. Comparativa.
- 6.7.– Microsensores magnéticos basados en el efecto Hall y microsensores magneto-resistivos. Principio de funcionamiento. Características.
- 6.8.– Sensores químicos y biosensores. Detección por deformación mecánica. Detección por variación en la frecuencia de resonancia: Sensores SAW. Detección eléctrica. Detección óptica.

#### 7.– Microfluídica. (4h)

- 7.1.– Rango de aplicaciones y principales beneficios.
- 7.2.– Teoría de mecánica de fluidos. Balance de masa y energía. Balance de fuerza/momento. Concepto de viscosidad. Ecuación de Navier-Stokes. Características del flujo laminar y del flujo turbulento. El coeficiente de Reynold. Los coeficientes de Weber y de Bond. Características comunes de los sistemas microfluídicos.
- 7.3.– Materiales y procesos de fabricación. Características de los distintos materiales. Fabricación de microcanales enterrados. Microfiltros y micromezcladores. El filtro H. Microválvulas y microbombas.
- 7.4.– Fabricación de micromezcladores, microválvulas y microbombas mediante materiales activos. Disparadores. Tecnologías para microbombas con partes móviles y sin partes móviles. Dispensadores de fluidos, inyectores, nebulizadores. Aplicaciones.
- 7.5.– Detección. Detección basadas en sensores. Detección basada en métodos de separación.

#### 8.– Microrrobótica y micromanipulación. (2h)

- 8.1.– Clasificación de micro-robots por funcionalidad, tamaño, movilidad, posibilidad de manipulación, autonomía, transmisión del control.
- 8.2.– Micromanipulación sin contacto, mediante energía óptica, eléctrica o magnética.
- 8.3.– Micromanipulación por contacto. Definiciones. Estructura del sistema.
- 8.4.– Aplicaciones en biotecnología. Clasificación de la biomicromanipulación. Aplicaciones basadas en la manipulación de una única célula. Aplicaciones de la microinyección por presión capilar.
- 8.5.– Aplicaciones en microcirugía. Control de movimiento del micromanipulador.
- 8.6.– Aplicaciones en microensamblado de microsistemas y microchips. Microensamblado serie, microensamblado paralelo determinista y microensamblado paralelo estocástico.
- 8.6.– Metas de la micromanipulación.

#### 9.– Nanotecnología (6h)

- 9.1.– Aplicaciones en medicina. Proyectos y desarrollos actuales en diagnóstico y terapia basados en nanomáquinas.
- 9.2.- Aplicaciones para la industria aeroespacial.
- 9.3.- Aplicaciones medioambientales. Fuentes de energía biocompatibles. Investigaciones y desarrollos actuales.

### Conocimientos Previos a Valorar

Esta asignatura no tiene ningún condicionante previo.

### Objetivos

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

1. Fundamentos sobre microsistemas, microsensores y microactuadores.
2. Fundamentos de integración de microsistemas.
3. Aplicaciones en el sector aeroespacial, en biomedicina, en bioingeniería.
4. Aplicación en microrrobótica y micromecánica.
5. Oportunidad en I+D de los microsensores y su integración en sistemas.

La asignatura está orientada tanto a estudiantes especializados en microelectrónica, como aquellos otros interesados en la integración de sistemas.

## Metodología de la Asignatura

La asignatura es cuatrimestral y posee una carga lectiva de tres horas semanales, dos de las cuales son de teoría y una hora de sesiones prácticas, laboratorios o visitas guiadas. Considerando un cuatrimestre con un máximo de 15 semanas, se tienen un total de 30 horas de teoría y 15 de prácticas (3 + 1,5 créditos). El programa se diseña teniendo en cuenta la posible pérdida de horas lectivas anuales, sin que ello suponga una merma significativa de sus contenidos básicos.

La organización semanal se establece en módulos de dos horas para la teoría y de una hora para las prácticas. Por tanto, existen un módulo teórico y uno de prácticas a la semana. Desde el punto de vista de aprovechamiento de la parte teórica de la asignatura, por parte del estudiante, la distribución que se aplica en esta asignatura es de dos módulos de una hora. Así, el volumen de información asimilada por módulo sería inferior, y la continuidad de las clases mayor.

El estudiante, a lo largo del curso, va desarrollando el trabajo de la asignatura, de forma tutelada y continua. La realización y la presentación del trabajo de curso mide la especialización del alumno en un aspecto concreto de la tecnología de microsistemas.

Las sesiones prácticas presentan al alumno distintas herramientas para el diseño y la simulación de micro-estructuras y microsistemas. Presentadas las herramientas básicas de trabajo, cada estudiante ha de elegir su trabajo tutelado, realizar su planificación y desarrollarlo.

La metodología propuesta permite que el propio estudiante elija el camino a seguir, en función de su formación actual y de sus intereses futuros. La asignatura está orientada tanto a estudiantes especializados en microelectrónica, como aquellos otros interesados en la integración de sistemas. En particular, se desarrollan dos perfiles, uno especializado en microelectrónica, y otro más general, interesado en la integración de sistemas y aplicaciones.

Aparte de la docencia presencial, se dispone de herramientas para reforzarla, pero de forma no presencial. Se utilizará de forma extensiva el entorno virtual de aprendizaje (eva) de la ULPGC. Mediante este entorno, se realizará una tutoría efectiva y continua del estudiante. A través del entorno, el estudiante podrá participar en foros abiertos relativos a esta materia. En concreto, las actividades que se realizan con el entorno virtual de aprendizaje, son las siguientes:

- Cuestionarios temáticos. Para asegurar que el estudiante estudia y comprende los contenidos de la asignatura, se abre un cuestionario de 10 preguntas para cada unidad temática. Estos cuestionarios son automáticamente gestionados por la herramienta del entorno virtual de aprendizaje.
- Foros semanales. Con cada unidad temática se abre un nuevo Foro en el entorno virtual de aprendizaje de la asignatura. El objetivo de estos foros es doble. Por un lado, mediante los “temas a debate” se busca fomentar el debate y un punto de vista crítico entre los estudiantes. Por otro, mediante los “temas a documentar” se pretende que el estudiante complemente su formación sobre la unidad temática buscando fuentes de información adicionales a las proporcionadas en clase.

## Evaluación

Actividades que liberan materia:

La asignatura se basa en una evaluación continua del estudiante. Se entenderá que un estudiante renuncia a la evaluación continua si no participa en los foros semanales (al menos 50%), o si no rellena los cuestionarios temáticos (al menos 50%), o si no ha asistido a más del 80% de las horas de prácticas.

En evaluación continua, el estudiante es evaluado mediante tres indicadores distintos: la nota del trabajo de curso (T), la puntuación obtenida por participación en los foros de la asignatura (F) y la puntuación obtenida en los cuestionarios temáticos (C). La puntuación obtenida por participación en los foros de la asignatura (F) es la media aritmética de las calificaciones obtenidas en los distintos foros semanales. Igualmente, la puntuación obtenida en los cuestionarios temáticos (C), es la media aritmética de las calificaciones obtenidas en los cuestionarios parciales.

La ponderación de estos tres indicadores es la siguiente. El alumno puede obtener:

- hasta un máximo de 4 puntos en el trabajo de curso (T).
- hasta un máximo de 3 puntos respondiendo adecuadamente a los cuestionarios semanales (C).
- hasta un máximo de 3 puntos si aporta contenidos de interés en los foros de la asignatura (F).

La nota final de la asignatura para los estudiantes de evaluación continua, será la suma de estas tres calificaciones, es decir,  $EVAL = T + F + C$ .

Si el estudiante no consigue superar la asignatura en evaluación continua ( $EVAL < 5$ ), tendrá que presentarse al examen de convocatoria con toda la asignatura. Aquel estudiante que renuncie a la evaluación continua, podrá igualmente presentarse al examen de convocatoria.

Otras consideraciones:

No existe evaluación para la parte de prácticas de la asignatura.

- Sobre la evaluación del trabajo de curso, T.

El trabajo puede ser teórico o práctico. El trabajo teórico se basa en el desarrollo de un tema científico sobre la bibliografía existente en forma de artículos. El trabajo práctico se basa en la realización de un estudio práctico sobre algún aspecto de interés en microsistemas. El estudiante deberá elegir un tema para desarrollar el trabajo de curso. El tema para el trabajo deberá ser notificado al profesor de la asignatura antes de la quinta semana de clases. De no hacerlo, se entiende que el estudiante opta por no hacer trabajo de curso. El profesor de la asignatura podrá aprobar, modificar o rechazar el desarrollo del trabajo de curso, en función de la complejidad del trabajo a desarrollar.

Una vez concluido el trabajo, el estudiante tendrá que presentar una memoria y realizar una exposición oral del trabajo realizado, que incluye un turno de cuestiones sobre la memoria presentada. La exposición oral del trabajo realizado se ha de realizar antes de la fecha del examen de convocatoria. El estudiante acuerda junto con el profesor la fecha para la realización de la prueba oral.

La puntuación del trabajo de asignatura se realiza sobre la base de cuatro puntos: dos puntos por la memoria del trabajo, y dos puntos por la presentación oral del mismo. La memoria del trabajo debe seguir el formato de un artículo científico. Este consta de un resumen, una introducción, un estado del arte, un cuerpo, unos resultados, unas conclusiones, y una bibliografía de referencia. La exposición oral del trabajo debe ceñirse estrictamente a una presentación de 15 minutos. Se valorará la capacidad de síntesis, además de las respuestas realizadas en el turno de preguntas.

- Sobre la evaluación de la participación en los foros de la asignatura, F.

La evaluación de las aportaciones en los foros debe tener en cuenta cuestiones de forma y contenido. Desde el punto de vista del contenido, cada aportación podrá ser relevante, suficiente, o no aportar nada. Independientemente de este parámetro, la aportación podrá estar documentada o no documentada. Desde el punto de vista de la forma, se tendrán en cuenta otros parámetros como vocabulario, ortografía, formato, redacción y capacidad de síntesis.

- Sobre la evaluación de los cuestionarios temáticos, C.

El estudiante tiene la opción de rellenar cada cuestionario tantas veces como desee, siempre que el cuestionario esté activo. En dicho caso, la puntuación obtenida para dicho cuestionario será la calificación máxima obtenida en todos los intentos realizados.

## Descripción de las Prácticas

Las prácticas de laboratorio se realizan en el laboratorio de Instrumentación Electrónica del Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática. Las prácticas de laboratorio se van realizando conjuntamente con las clases teóricas. Al programa de prácticas se dedica un total de 15 horas. El número aconsejable de estudiantes por puesto de trabajo para la realización de cada práctica es de dos. Además, hay que limitar el número de equipos de estudiantes que realizan prácticas simultáneamente para que el profesor pueda atenderlos de forma adecuada.

Las sesiones prácticas sirven para formar al estudiante en aquellas herramientas imprescindibles en la realización del trabajo de asignatura. Adicionalmente, durante el horario de prácticas, el estudiante puede rellenar el cuestionario y participar en el foro de forma eficiente; dado que dispone del profesor de prácticas para consultar posibles dudas.

Resumen de las prácticas.

Práctica 1.— Resolución de la ecuación de difusión del calor y de la ecuación de Poisson sobre estructuras bidimensionales utilizando el PDE toolbox de MATLAB. (4 h)

Práctica 2.— Simulación electromagnética de estructura 3D utilizando FEMLAB. (4 h)

Práctica 3.— Simulación del flujo térmico en una turbina. (2 h)

Práctica 4.— Simulación deformaciones y movimiento en un microactuador. (2 h)

Práctica 5.— Introducción a la simulación de microsistemas integrados utilizando MEMS Pro. (3 h)

## Bibliografía

---

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

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

*CRC Press,, Boca Raton : (2003)*

*0849312000*

---

### [2] Micromachined Transducer Sourcebook

*Gregory T.A. Kovacs*

*WCB MacGraw-Hill*

*0-07-290722-3*

---

### [3] Nano-and micro-electromechanical systems :fundamentals of nano- and microengineering /

*Sergey Edward Lyshevski.*

*CRC Press,, Boca Raton, Fla. : (2004) - (2nd ed.)*

*0849328381*

---

### [4] Logic design of nanoICs /

*Svetlana N. Yanushkevich, Vlad P. Shmerko, Sergey E. Lyshevski.*

*CRC Press,, Baco Raton [Fla.] : (2005)*

*0849327660*

---

**[5] Micromechatronics :modeling, analysis, and design with MATLAB /**

*Victor Giurgiutiu, Sergey Edward Lyshevski.*

*CRC Press,, Boca Raton, FL : (2003)*

*084931593X*

## Equipo Docente

### JUAN ANTONIO MONTIEL NELSON

**Categoría:** *CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD*

**Departamento:** *INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA*

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

### HÉCTOR NAVARRO BOTELLO

**Categoría:** *AYUDANTE*

**Departamento:** *INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA*

**Teléfono:** *928451245* **Correo Electrónico:** *hnavarro@iuma.ulpgc.es*