

## Guía docente

### 330246 - MIC - Microelectrónica

Última modificación: 21/06/2023

**Unidad responsable:** Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa  
**Unidad que imparte:** 750 - EMIT - Departamento de Ingeniería Minera, Industrial y TIC.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS TIC (Plan 2010). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2023      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Catalán, Inglés

#### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** FRANCESC XAVIER MONCUNILL GENIZ

**Otros:**

#### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

##### Específicas:

1. El conocimiento y la comprensión de la estructura de los circuitos integrados, incluyendo la identificación de los elementos que los componen y su interacción, con énfasis en los dispositivos y bloques más habituales en circuitos analógicos y digitales.
2. La capacidad de utilizar las herramientas CAD de diseño y verificación de circuitos integrados.
3. La capacidad para analizar, seleccionar y utilizar sistemas de tratamiento de datos, control y automatización en tiempo real, especialmente en sistemas empujados.
4. La capacidad para especificar, programar y utilizar dispositivos empujados con conectividad global.
5. La capacidad para especificar, analizar, diseñar, desarrollar, evaluar, documentar y poner en marcha sistemas que incorporan subsistemas electrónicos, informáticos y de comunicaciones.
6. La capacidad para comprender y utilizar sistemas concebidos para realizar una determinada tarea en función de los estímulos captados de su entorno, incluyendo los sistemas robotizados.

##### Transversales:

7. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.
8. TRABAJO EN EQUIPO - Nivel 3: Dirigir y dinamizar grupos de trabajo, resolviendo posibles conflictos, valorando el trabajo hecho con las otras personas y evaluando la efectividad del equipo así como la presentación de los resultados generados.
9. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 3: Aplicar los conocimientos alcanzados en la realización de una tarea en función de la pertinencia y la importancia, decidiendo la manera de llevarla a cabo y el tiempo que es necesario dedicarle y seleccionando las fuentes de información más adecuadas.
10. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 3: Planificar y utilizar la información necesaria para un trabajo académico (por ejemplo, para el trabajo de fin de grado) a partir de una reflexión crítica sobre los recursos de información utilizados.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura consta de actividades presenciales consistentes en 2 horas semanales de clases magistrales y participativas en el aula y 2 horas semanales en el laboratorio.

En las clases magistrales y participativas en el aula se presentan los contenidos de la asignatura y se facilita la interacción entre estudiantes y el profesor. También se proponen actividades de trabajo personal individual/en grupo que deben contribuir a la comprensión de la materia.

En las clases de laboratorio se estudiarán con detalle algunos circuitos de especial interés y se realizará un diseño propuesto por el profesor. El profesor estará disponible para resolver dudas y ayudar a planificar adecuadamente el diseño, una parte del cual se realizará fuera del aula.

Una parte de las actividades se realizará en inglés, incluyendo algunas de las clases magistrales y de laboratorio. Buena parte del material de apoyo será en inglés.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al terminar la asignatura de Microelectrónica el/la estudiante:

- . Tendrá nociones básicas sobre materiales semiconductores y sus propiedades.
- . Conocerá los principios de funcionamiento de los principales dispositivos y bloques que forman parte de los circuitos integrados.
- . Estará capacitado/a para diseñar circuitos integrados digitales y analógicos sencillos, desde el nivel de esquema hasta la disposición monolítica (layout).
- . Conocerá las principales técnicas de diseño, fabricación y verificación de circuitos microelectrónicos.
- . Conocerá la terminología técnico-científica en inglés relativa a la microelectrónica.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	20.00
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00
Horas grupo pequeño	30,0	20.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### 1. INTRODUCCIÓN A CIRCUITOS INTEGRADOS Y LA MICROELECTRÓNICA

#### Descripción:

En este tema se presenta una perspectiva histórica y del estado del arte actual de la microelectrónica. También se hace una introducción a los materiales semiconductores ya sus propiedades fundamentales:

- Estructura cristalina y portadores de corriente.
- Modelo de bandas de energía en un semiconductor.
- Semiconductor intrínseco y extrínseco P y N.
- Generación y recombinación de portadores. Corrientes de difusión y arrastre.
- La unión PN.

#### Actividades vinculadas:

A1, A3, A4.

#### Dedicación: 15h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 9h

## 2. TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DE CIRCUITOS INTEGRADOS

### Descripción:

En este tema se presentan los procesos y las principales técnicas de fabricación de circuitos integrados, incluyendo:

- Oxidación, fotolitografía, grabado, difusión, implantación iónica, deposición de capas, metalización, epitaxia, encapsulamiento.
- Procesos de fabricación CMOS y bipolar.
- Verificación y test: test paramétrico, modelado y simulación de fallos, diseño para verificabilidad.
- Protección contra descarga electrostática (ESD).

Seguidamente se describen los principales tipos de circuito integrado:

- Circuitos monolíticos e híbridos, dispositivos programables (CPLD y FPGA), circuitos integrados de propósito general, de aplicación específica (ASIC) y productos estándar (ASSP), sistemas en un solo chip (SoC).

También se presentan varios diseños realizados por el Grupo de Investigación en Circuitos y Sistemas de Comunicación (CIRCUIT) de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Adicionalmente, está prevista la visita a un centro de investigación en tecnologías, dispositivos y circuitos integrados, como por ejemplo el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (Centro Nacional de Microelectrónica).

### Actividades vinculadas:

Todas.

### Dedicación: 20h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 12h

## 3. DISPOSITIVOS ACTIVOS Y PASIVOS EN CIRCUITOS INTEGRADOS

### Descripción:

En este tema se presentan los principales dispositivos utilizados en circuitos integrados, en concreto:

- El transistor MOS: estructura física, curvas características, zonas de funcionamiento, modelos. Análisis de circuitos con transistores MOS. Aplicaciones. Tecnología CMOS.
- El transistor bipolar: estructura física, curvas características, zonas de funcionamiento, modelos. Análisis de circuitos con transistores bipolares. Aplicaciones.
- Comparativa entre tecnologías CMOS, bipolar y BiCMOS.
- Elementos pasivos integrados: resistencias, condensadores, inductores, diodos.

### Actividades vinculadas:

Todas.

### Dedicación: 35h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Aprendizaje autónomo: 21h

#### 4. CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES

**Descripción:**

En este tema se presentan bloques básicos utilizados en circuitos integrados digitales, y sus propiedades:

- Puertas lógicas CMOS: inversor, NAND y NOR.
- Funciones lógicas complejas: análisis y diseño.
- Respuesta dinámica de la tecnología CMOS. Fan-in y fan-out. Consumo de potencia.
- Transistores de paso, puertas de transmisión.
- Biestables (flip-flops). Memorias.
- Memorias flash. Transistor de puerta flotante. Topologías NOR y NAND. Celdas de un solo nivel y multinivel.

Adicionalmente, se presenta el proceso de síntesis de circuitos digitales mediante celdas estándares desde la descripción en lenguaje VHDL hasta la disposición monolítica (layout).

**Actividades vinculadas:**

Todas.

**Dedicación:** 55h

Grupo grande/Teoría: 8h

Grupo pequeño/Laboratorio: 14h

Aprendizaje autónomo: 33h

#### 5. CIRCUITOS INTEGRADOS ANALÓGICOS

**Descripción:**

En este tema se presentan bloques básicos utilizados en circuitos integrados analógicos, y sus propiedades:

- Modelos de pequeña señal de los transistores MOS y bipolar.
- Amplificadores.
- Cargas activas.
- Fuentes de corriente.
- Referencias de tensión.

**Actividades vinculadas:**

Todas.

**Dedicación:** 25h

Grupo grande/Teoría: 6h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 15h



## ACTIVIDADES

### TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 1: CLASES MAGISTRALES Y PARTICIPATIVAS

**Descripción:**

En las clases se desarrollarán los aspectos teóricos de la asignatura. Estas permitirán la interacción entre los estudiantes y el profesor.

**Objetivos específicos:**

Todos los de la asignatura.

**Material:**

Material docente publicado.

Bibliografía recomendada.

**Entregable:**

Ocasionalmente se realizarán actividades evaluables, que contribuirá en una parte proporcional a la calificación.

**Dedicación:** 25h

Grupo grande/Teoría: 25h

### TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 2: PRACTICAS DE LABORATORIO

**Descripción:**

Se realizarán 5 prácticas de laboratorio, donde se pondrán en práctica parte de los conocimientos explicados en las sesiones de teoría. Las sesiones presenciales se realizarán en el laboratorio durante dos horas semanales, en grupos. Los alumnos dispondrán de información en el formato adecuado. En el laboratorio se dispondrá de un ordenador con el software necesario para poder llevar a cabo el trabajo propuesto.

**Objetivos específicos:**

- Edición y simulación de circuitos integrados a los niveles de esquema y de layout mediante Ngspice y Magic VLSI Layout Tool.
- Análisis del inversor CMOS a los niveles de esquema y de layout.
- Diseño y verificación de una puerta lógica CMOS compleja a los niveles de esquema y de layout.
- Alternativamente, diseño y verificación de un amplificador analógico a los niveles de esquema y de layout.
- Síntesis de un circuito digital partiendo de su descripción en lenguaje VHDL.

**Material:**

Equipos e instrumentación electrónicos, ordenador con software adecuado.

Documentación e información de apoyo para la realización del trabajo.

**Entregable:**

Los estudiantes entregarán un informe sobre el trabajo desarrollado en cada una de las prácticas. La evaluación tendrá en cuenta la documentación, así como la presentación y una valoración del trabajo llevado a cabo regularmente.

**Dedicación:** 70h

Grupo pequeño/Laboratorio: 30h

Aprendizaje autónomo: 40h



### TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 3: TRABAJO PERSONAL INDIVIDUAL / EN GRUPO

**Descripción:**

El estudiante debe desarrollar determinadas actividades de forma personal para alcanzar los objetivos de la asignatura.

**Objetivos específicos:**

Todos los de la asignatura.

**Material:**

Material docente publicado.

Bibliografía recomendada.

**Entregable:**

El trabajo personal individual / en grupo se traducirá, en parte, en la realización de ejercicios durante el curso. La calificación de estos ejercicios contribuirá a la evaluación de la asignatura como se describe más adelante.

**Dedicación:** 35h

Aprendizaje autónomo: 35h

### TÍTULO DE LA ACTIVIDAD 4: EXÁMENES

**Descripción:**

Durante el curso se realizará una prueba de control individual. Terminado el curso se realizará una prueba final globalizadora de los conocimientos adquiridos.

**Objetivos específicos:**

Todos los de la asignatura.

**Material:**

Enunciados de las pruebas.

**Entregable:**

La calificación de las pruebas contribuirá a la evaluación de la asignatura como se describe más adelante.

**Dedicación:** 20h

Grupo grande/Teoría: 5h

Aprendizaje autónomo: 15h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

La calificación final de la asignatura se obtendrá de la siguiente forma:

- 40%: Prácticas de laboratorio (Actividad 2)
- 10%: Trabajo personal y en equipo (Actividad 3)
- 15%: Prueba de control (Actividad 4)
- 35%: Examen final (Actividad 4)

Nota. Cuando los resultados de la evaluación de actividades individuales sean sustancialmente inferiores a los obtenidos en actividades de grupo, se podrá exigir la ejecución de forma individual de actividades similares a las realizadas en grupo. La calificación de las últimas sustituirá las originales.

Reevaluación:

Pueden acceder al proceso de reevaluación los alumnos que hayan obtenido la calificación de 'suspenso' en el periodo ordinario de evaluación.

No pueden acceder al proceso de reevaluación aquellos alumnos que tengan un 'no presentado' o hayan aprobado la asignatura en el periodo ordinario de evaluación.

El resultado de la reevaluación es una calificación que sustituye la nota obtenida en el proceso ordinario de evaluación, que es superior a ésta y, en cualquier caso, será como máximo un 'Aprobado' 5.

Si RR es el resultado del proceso de reevaluación y NER es la nota del examen de reevaluación, entonces:

$$RR = \text{mínimo} \{ 5, (40\% \cdot \text{Actividad 2} + 10\% \cdot \text{Actividad 3} + 50\% \cdot \text{NER}) \}$$

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

---

Aquellas actividades que sean declaradas explícitamente como individuales, sean de naturaleza presencial o no, se realizarán sin ninguna colaboración por parte de otras personas.

Las fechas, formatos y demás condiciones de entrega que se establezcan serán de obligado cumplimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

---

**Básica:**

- Baker, R. J. CMOS circuit design, layout, and simulation. 4th ed. Hoboken: IEEE Press, 2019. ISBN 9781119481515.
- Castañer, L.; Jiménez, V.; Bardés, D. Fundamentos de diseño microelectrónico [en línea]. Barcelona: Edicions UPC, 2002 [Consulta: 17/12/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36783>. ISBN 9788483016138.

## RECURSOS

---

**Otros recursos:**

- Material docente y de apoyo publicado en la plataforma ATENEA.
- Portal Open Courseware del grado iTIC <http://ocw.itic.cat>. />- Herramientas CAD y material de apoyo disponibles en <http://opencircuitdesign.com>. />