



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2021/22

51200 - DISEÑO ELECTRÓNICO

**CENTRO:** 415 - IU de Microelectrónica Aplicada

**TITULACIÓN:** 5048 - MU Electrónica y Telecomunicación Aplicadas

**ASIGNATURA:** 51200 - DISEÑO ELECTRÓNICO

**CÓDIGO ULPGC:** 51200

**CÓDIGO UNESCO:**

**MÓDULO:** MÓDULO DE OPTATIVIDAD **MATERIA:**

**TIPO:** Optativa

**CRÉDITOS ECTS:** 4,5

**CURSO:** 1

**SEMESTRE:** 2º semestre

**LENGUA DE IMPARTICIÓN (Especificar créditos de cada lengua)**

**ESPAÑOL:** 45

**INGLÉS:**

## SUMMARY

Since the inception of the first integrated circuit, many changes have been produced in the domain of electronics. Nowadays millions of transistors are able to be introduced in a single integrated circuit. However, the foundations continue being the same, based on new software tools and advanced photolithographic mechanisms. The idea of this course is to introduce the students into the evolution of the integrated circuits, helping them to skill in the use of such a software tools and knowing the relationship between design and fabrication.

## REQUISITOS PREVIOS

Conocimientos de física, electrónica analógica y digital

## Plan de Enseñanza (Plan de trabajo del profesorado)

## Contribución de la asignatura al perfil profesional:

A nivel de investigación, un ingeniero de telecomunicación debe conocer la evolución histórica de la microelectrónica y tener ciertas habilidades en el diseño de circuitos integrados sencillos así como conocer el proceso de fabricación y test de los mismos. Esta asignatura va encaminada a conseguir esos conocimientos.

## Competencias que tiene asignadas:

Competencias transversales de la asignatura:

CT1. Liderar equipos y organizaciones, promoviendo el libre intercambio de ideas y experiencias, la búsqueda de soluciones originales y el compromiso permanente con la excelencia.

CT2. Impulsar responsablemente todas las formas de conocimiento y de acción que puedan contribuir al enriquecimiento del capital económico, social y cultural de la sociedad en la que el estudiante desarrolla su práctica profesional y en la que ejerce sus derechos y deberes de ciudadanía.

Competencias específicas de la asignatura:

CE.07. Conocer los pasos del proceso en la fabricación de circuitos integrados mediante tecnologías actuales, conocer las fuentes de variación del proceso y su control, y comprender las analogías existentes con el proceso de diseño y con la información de los PDK o kits de diseño que usan las herramientas de EDA

CE.08. Adquirir destreza en el uso de herramientas comerciales y tecnologías actuales para el diseño de circuitos electrónicos integrados basados en técnicas a medida y semimedida que permitan la creación y utilización de células estándar, así como extraer y anotar parámetros, comprobaciones finales de signoff (DRC, LVS, FV, VDA, SI, STA), y cerrar el diseño para tape-out a fábrica

### Competencias básicas y generales

CG1, Que los estudiantes sean capaces de plantear y llevar a cabo un trabajo de investigación en el ámbito de la ingeniería electrónica y de telecomunicación avanzada.

CG2. Que los estudiantes conozcan y sean capaces de analizar desde un punto de vista crítico y analítico las técnicas para el diseño de sistemas en el ámbito de la ingeniería electrónica y de telecomunicación avanzada.

CB6. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a público especializado y no especializado de un modo claro y sin ambigüedades

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

### Objetivos:

OBJ-1. Que el estudiante conozca las distintas técnicas a la hora de diseñar sistemas electrónicos.

OBJ-2. Que el estudiante conozca el proceso de fabricación de circuitos integrados y su relación con el proceso de diseño de los mismos.

OBJ-3. Que el estudiante conozca el proceso de diseño de circuitos integrados a medida haciendo uso de herramientas de carácter industrial.

### BLOQUE I. Introducción a los circuitos y sistemas integrados

- 1.1 Evolución histórica de los sistemas integrados
- 1.2 Particionado de un diseño
- 1.3 Ejemplo práctico: Microprocesador MIPS
- 1.4 Diseño físico, Verificación, Encapsulado y Test
- 1.5 Escalado tecnológico: Tecnologías nanométricas

### BLOQUE II. Métodos de diseño de un sistema microelectrónico

- 1.1 Densidad de integración de un CI
- 1.2 Métodos personalizados
- 1.3 Métodos semipersonalizados
- 1.4 Algunos ejemplos: ventajas e inconvenientes
- 1.5 Economía en el diseño

### BLOQUE III. Proceso de fabricación y de diseño de circuitos integrados

- 3.1 Procesos fotolitográficos avanzados
- 3.2 Flujo de un proceso CMOS
- 3.3 Layout de los circuitos integrados
- 3.4 Materiales para el encapsulado
- 3.5 Entorno industrial de diseño de sistemas electrónicos
- 3.6 Reglas de diseño
- 3.7 Entorno CADENCE
- 3.8 Flujo de diseño: simulación, diseño, DRC, LVS, y extracción de parámetros parásitos
- 3.9 Distribución de la alimentación en un CI
- 3.10 Distribución de la señal de reloj en un CI
- 3.11 Margen de diseño: tensión de alimentación, temperatura, variación en el proceso de fabricación, esquinas de diseño
- 3.12 Ejemplo práctico I: Diseño a medida y simulación de un datapath
- 3.13 Ejemplo práctico II: Diseño a partir de lenguaje de alto nivel de un sistema digital
- 3.14 Ejemplo práctico III: Diseño de un sistema mixto

### BLOQUE V. Caracterización de un circuito integrado y prestaciones

- 5.1 Estimación de retardos
- 5.2 Dimensionado de los transistores
- 5.3 Consumo de potencia
- 5.4 Interconexiones: resistencia, capacidad, retardo, crosstalk, inductancia, dependencia de la temperatura
- 5.5 Documentación y hoja de especificaciones

### BLOQUE VI. Test y verificación de circuitos integrados

- 6.1 Infraestructura y programas de test
- 6.2 Principios de verificación lógica
- 6.3 Principios del test en el proceso de fabricación
- 6.4 Diseño para testabilidad
- 6.5 Test de Sistemas en Chip (SoC)
- 6.6 Test de señales mixtas

## Metodología:

1. Método expositivo/Lección magistral. Enseñanza directa expositiva y demostrativa para aquellos contenidos esenciales y/o que requieran una explicación detallada por parte del profesor. En caso de enseñanza no presencial se distribuirán vídeos de cada uno de los temas del programa mediante el entorno virtual de la ULPGC.
2. 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. En caso de enseñanza no presencial se hará uso del entorno virtual de la ULPGC para este tipo de actividades prácticas.
3. Trabajos, proyectos y memorias. Realización y/o exposición individual o en grupo de trabajos monográficos sobre la asignatura. En caso de enseñanza no presencial se hará uso del entorno virtual de la ULPGC para este tipo de actividades prácticas.
4. Actividades no presenciales: destinadas al fomento del estudio y al desarrollo por parte del alumno de las competencias de trabajo autónomo y de autoaprendizaje.
5. Exámenes. Realización de exámenes parciales y/o finales correspondientes a las distintas asignaturas del plan de estudios. En caso de enseñanza no presencial estos exámenes se realizarán tipo test online haciendo uso del entorno virtual de la ULPGC, tanto para la convocatoria ordinaria como para la extraordinaria y especial.

## Evaluación:

### Criterios de evaluación

-----

### Criterios de evaluación para la CONVOCATORIA ORDINARIA:

- Teoría

Métodos de Evaluación: pruebas escritas. En el caso de enseñanza no presencial serán de tipo test online haciendo uso del entorno virtual de la ULPGC.

Criterios de Evaluación: se superan cuando la calificación es igual o superior al 5

Sistema de Calificación: puntuación numérica de 0 a 10 con un decimal

Fuentes para la evaluación: exámenes parciales y de convocatoria

- Prácticas de laboratorio

Métodos de Evaluación: pruebas de laboratorio. En caso de enseñanza no presencial estas prácticas se realizarán haciendo uso de las herramientas indicada por el profesor para que el estudiante las pueda realizar desde su casa.

Criterios de Evaluación: se superan cuando la calificación es igual o superior al 5

Sistema de Calificación: puntuación numérica de 0 a 10 con un decimal

Fuentes para la evaluación: prácticas de laboratorio

- Asistencia

Métodos de Evaluación: asistencia

Criterios de Evaluación: se requerirá la presencia en al menos el 80% de las sesiones de actividades presenciales programadas para obtener una calificación de 5.

Sistema de Calificación: puntuación numérica de 0 a 10.

Fuentes para la evaluación: ficha de estudiante

En caso de enseñanza no presencial no se tendrá en cuenta este aspecto en la evaluación.

- Participación

Métodos de Evaluación: participación activa

Criterios de Evaluación: observación de la conducta, índice de participación y nivel de

razonamiento de las intervenciones.

Sistema de Calificación: puntuación numérica de 0 a 10 con un decimal

Fuentes para la evaluación: ficha de estudiante, intervenciones en foros y entregables.

En caso de enseñanza no presencial se fomentará la participación en los foros que se realicen haciendo uso del entorno virtual de la ULPGC.

Criterios de evaluación para la CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA y la CONVOCATORIA ESPECIAL:

• Teoría

Métodos de Evaluación: pruebas escritas. En el caso de enseñanza no presencial serán de tipo test online haciendo uso del entorno virtual de la ULPGC.

Criterios de Evaluación: se superan cuando la calificación es igual o superior al 5

Sistema de Calificación: puntuación numérica de 0 a 10 con un decimal

Fuentes para la evaluación: exámenes parciales y de convocatoria.

• Prácticas de laboratorio

Métodos de Evaluación: pruebas de laboratorio. En caso de enseñanza no presencial estas prácticas se realizarán haciendo uso de las herramientas indicada por el profesor para que el estudiante las pueda realizar desde su casa.

Criterios de Evaluación: se superan cuando la calificación es igual o superior al 5

Sistema de Calificación: puntuación numérica de 0 a 10 con un decimal

Fuentes para la evaluación: pruebas y exámenes de laboratorio

Sistemas de evaluación

-----  
1. Exámenes escritos u orales orientados a evaluar las competencias adquiridas por los alumnos. Estos exámenes serán de tipo test online en caso de enseñanza no presencial, tanto en convocatoria ordinaria como en convocatoria extraordinaria y especial. Para ello se hará uso de las potencialidades del entorno virtual de la ULPGC.

2. Trabajos, proyectos y memorias escritas realizadas por el estudiante de manera individual o en grupo.

3. Realización de las actividades pautadas en las prácticas de laboratorio y/o prácticas con ordenadores. En caso de enseñanza no presencial estas prácticas de laboratorio se podrán realizar haciendo uso de herramientas software indicadas por el profesor de la asignatura.

4. Actitud y participación activa del estudiante durante las actividades presenciales. En caso de enseñanza no presencial esta participación se fomentará a través del entorno virtual de la ULPGC.

Criterios de calificación

-----  
Examen escrito u orales: 20% de la nota final

Trabajos, proyectos y memorias escritas: 20% de la nota final

Realización de prácticas de laboratorio: 45% de la nota final

Actitud y participación activa del estudiante: 15% de la nota final

En caso de enseñanza no presencial estos criterios se verán modificados y serán los siguientes:

Examen escrito u orales: 10% de la nota final

Trabajos, proyectos y memorias escritas: 20% de la nota final

Realización de prácticas de laboratorio: 70% de la nota final

## Plan de Aprendizaje (Plan de trabajo de cada estudiante)

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

Científico: estudio, análisis y desarrollo de las distintas técnicas de diseño, fabricación y verificación de circuitos integrados

Profesional: utilización de herramientas de diseño de circuitos integrados.

Social: contextualizar los conocimientos y capacidades al entorno social.

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

#### SEMANA1

Introducción a la asignatura

Proyecto docente

Prácticas de laboratorio

#### SEMANA2

Bloque I. Introducción a los circuitos y sistemas integrados

1.1 Evolución histórica de los sistemas integrados

1.2 Particionado de un diseño

1.3 Ejemplo práctico: Microprocesador MIPS

1.4 Diseño físico, Verificación, Encapsulado y Test

1.5 Escalado tecnológico: Tecnologías nanométricas

Bloque II: Métodos de diseño de un sistema microelectrónico

2.1 Densidad de integración de un CI

2.2 Métodos personalizados

2.3 Métodos semipersonalizados

2.4 Algunos ejemplos: ventajas e inconvenientes

2.5 Economía en el diseño

#### SEMANA3

Bloque III. Proceso de fabricación y de diseño de circuitos integrados

3.1 Procesos fotolitográficos avanzados

3.2 Flujo de un proceso CMOS

3.3 Layout de los circuitos integrados

#### SEMANA4

Bloque III. Proceso de fabricación y de diseño de circuitos integrados (continuación)

3.4 Materiales para el encapsulado

3.5 Entorno industrial de diseño de sistemas electrónicos

3.6 Reglas de diseño

#### SEMANA5

Bloque III. Proceso de fabricación y de diseño de circuitos integrados (continuación)

3.7 Entorno CADENCE

## SEMANA6

Bloque III. Proceso de fabricación y de diseño de circuitos integrados (continuación)

3.8 Flujo de diseño: simulación, diseño, DRC, LVS, y extracción de parámetros parásitos

## SEMANA7

Laboratorio I. Diseño a medida de un inversor CMOS

## SEMANA8

Bloque III. Proceso de fabricación y de diseño de circuitos integrados (continuación)

3.9 Distribución de la alimentación en un CI

3.10 Distribución de la señal de reloj en un CI

3.11 Margen de diseño: tensión de alimentación, temperatura, variación en el proceso de fabricación, esquinas de diseño

## SEMANA9

Laboratorio II. Diseño a medida y simulación de un datapath

## SEMANA10

Laboratorio II. Diseño a medida y simulación de un datapath (continuación)

## SEMANA11

Laboratorio III. Diseño a partir de lenguaje de alto nivel de un sistema digital

## SEMANA12

Laboratorio III. Diseño a partir de lenguaje de alto nivel de un sistema digital (continuación)

## SEMANA13

BLOQUE V. Caracterización de un circuito integrado y prestaciones

5.1 Estimación de retardos

5.2 Dimensionado de los transistores

5.3 Consumo de potencia

5.4 Interconexiones: resistencia, capacidad, retardo, crosstalk, inductancia, dependencia de la temperatura

5.5 Documentación y hoja de especificaciones

## SEMANA14

BLOQUE VI. Test y verificación de circuitos integrados

6.1 Infraestructura y programas de test

6.2 Principios de verificación lógica

6.3 Principios del test en el proceso de fabricación

6.4 Diseño para testabilidad

6.5 Test de Sistemas en Chip (SoC)

6.6 Test de señales mixtas

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

Recursos relacionados con la destreza en el manejo de herramientas software específicas para el diseño de circuitos integrados.

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

- El estudiante conoce la evolución histórica de los dispositivos electrónicos, sus metodologías de diseño y procesos de fabricación
- El estudiante conoce las herramientas utilizadas por la industria para el diseño de sistemas electrónicos digitales y mixtos
- El estudiante conoce el flujo de diseño a medida de un sistema microelectrónico desde sus especificaciones hasta su caracterización
- El estudiante conoce las metodologías actuales en el proceso de test y verificación de circuitos integrados

## **Plan Tutorial**

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

Los profesores publicarán en el Campus Virtual y en sus respectivos despachos los horarios de atención presencial individualizada. Para los estudiantes que se encuentren en 5ª, 6ª o 7ª convocatoria se establecerán tutorías periódicas en el horario acordado entre estudiante y tutor. Las tutorías serán individuales o grupales en función del número de estudiantes por asignatura en estas circunstancias, y se desarrollarán en una franja horaria semanal máxima de dos horas, de acuerdo a lo establecido en el art. 7 del Reglamento de Evaluación de los Resultados de Aprendizaje. Las acciones específicas de asesoramiento y apoyo llevadas a cabo en estas tutorías variarán en función de las circunstancias del estudiante.

En caso de enseñanza no presencial los profesores atenderán a los estudiantes haciendo uso de las posibilidades del entorno virtual de la ULPGC.

### **Atención presencial a grupos de trabajo**

Se podrán concertar tutorías presenciales a grupos de trabajo a petición de un grupo de estudiantes o bien a iniciativa del profesor, dentro de los horarios de atención presencial.

En caso de enseñanza no presencial estas tutorías se harán haciendo uso del entorno virtual de la ULPGC.

### **Atención telefónica**

Se atenderá, en la medida de lo posible y dentro del horario de atención presencial individualizada, todas las consultas relacionadas con la asignatura. Los números de teléfono de los despachos de los profesores figuran en el directorio de la Universidad accesible a través de su web.



## Atención virtual (on-line)

A través de Campus Virtual se establece la herramienta de Tutoría Virtual para que en cualquier momento, el estudiante o el profesor pueda establecer un diálogo personal de tutoría.

### Datos identificativos del profesorado que la imparte.

### Datos identificativos del profesorado que la imparte

**Dr./Dra. José Francisco López Feliciano**

(COORDINADOR)

**Departamento:** 237 - INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**Ámbito:** 785 - Tecnología Electrónica

**Área:** 785 - Tecnología Electrónica

**Despacho:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**Teléfono:** 928451247 **Correo Electrónico:** jose.lopez@ulpgc.es

## Bibliografía

---

### [1 Básico] CMOS circuit design, layout, and simulation.

*Baker, R. Jacob*

*Institute of Electrical and Electronics Engineers,, New York : (1997)*

0780334167

---

### [2 Básico] CMOS VLSI design: a circuits and systems perspective /

*Neil H.E. Weste, David Harris.*

*Pearson/Addison-Wesley,, Boston : (2005) - (3rd ed.)*

0-321-26977-2

---

### [3 Básico] Principles of cmos vlsi design: a systems perspective.

*Weste, Neil H.*

*Addison-Wesley,, Reading, Mass. : (1993) - (2nd ed.)*

0201533766

---

### [4 Recomendado] IC mask design: essential layout techniques /

*Christopher Saint, Judy Saint.*

*McGraw-Hill,, New York ; (2002)*

0-07-138996-2