

# **Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado**

## **Máster Universitario en Ingeniería Industrial**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA (ESCENARIO 1):**

**Circuitos Integrados y Microelectrónica  
(2021 - 2022)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

<b>Asignatura: Circuitos Integrados y Microelectrónica</b>	<b>Código: 335662294</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Centro: <b>Escuela de Doctorado y Estudios de Postgrado</b></li><li>- Lugar de impartición: <b>Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología. Sección de Ingeniería Industrial</b></li><li>- Titulación: <b>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</b></li><li>- Plan de Estudios: <b>2017 (Publicado en 2017-07-31)</b></li><li>- Rama de conocimiento: <b>Ingeniería y Arquitectura</b></li><li>- Itinerario / Intensificación:</li><li>- Departamento/s: <b>Ingeniería Industrial</b></li><li>- Área/s de conocimiento: <b>Tecnología Electrónica</b></li><li>- Curso: <b>2</b></li><li>- Carácter: <b>Optativa</b></li><li>- Duración: <b>Segundo cuatrimestre</b></li><li>- Créditos ECTS: <b>3,0</b></li><li>- Modalidad de impartición: <b>Presencial</b></li><li>- Horario: <b>Enlace al horario</b></li><li>- Dirección web de la asignatura: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li><li>- Idioma: <b>Castellano e Inglés (Decreto 168/2008: un 5% será impartido en Inglés)</b></li></ul>	

## 2. Requisitos para cursar la asignatura

No se han establecido

## 3. Profesorado que imparte la asignatura

<b>Profesor/a Coordinador/a: SILVESTRE RODRIGUEZ PEREZ</b>
- Grupo: <b>Teoría, problemas/prácticas/tutorías (GT, PA201,TU201)</b>
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre: <b>SILVESTRE</b></li><li>- Apellido: <b>RODRIGUEZ PEREZ</b></li><li>- Departamento: <b>Ingeniería Industrial</b></li><li>- Área de conocimiento: <b>Tecnología Electrónica</b></li></ul>

**Contacto**

- Teléfono 1: **922 845242**
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **srdguezp@ull.es**
- Correo alternativo:
- Web: **<http://www.campusvirtual.ull.es>**

**Tutorías primer cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
01-09-2021	04-02-2022	Martes	10:30	13:30	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología - AN.4A ESIT	Modulo B, Despacho P2.075
01-09-2021	04-02-2022	Miércoles	10:30	13:30	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología - AN.4A ESIT	Modulo B, Despacho P2.075

Observaciones: Las tutorías serán preferentemente no presenciales/virtuales mediante el envío de un correo electrónico o a través de videoconferencia (Google Meet) y concesión de cita previa. Sin embargo, también se podrán realizar de manera presencial tras la solicitud y concesión de cita previa. Asimismo, el lugar y horario de las tutorías podrán sufrir modificaciones puntuales que serán debidamente comunicadas en tiempo y forma a través del aula virtual.

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
07-02-2022	08-07-2022	Martes	10:00	13:00	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología - Módulo B - AN.4A ESIT	Modulo B, Despacho P2.075
07-02-2022	08-07-2022	Jueves	10:00	13:00	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología - Módulo B - AN.4A ESIT	Modulo B, Despacho P2.075

Observaciones: Las tutorías serán preferentemente no presenciales/virtuales mediante el envío de un correo electrónico o a través de videoconferencia (Google Meet) y concesión de cita previa. Sin embargo, también se podrán realizar de manera presencial tras la solicitud y concesión de cita previa. Asimismo, el lugar y horario de las tutorías podrán sufrir modificaciones puntuales que serán debidamente comunicadas en tiempo y forma a través del aula virtual.

#### 4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura: **Ingeniería Electrónica**  
Perfil profesional: **Ingeniería Industrial**

#### 5. Competencias

**Específicas: Instalaciones, plantas y construcciones complementarias**

**IP6** - Conocimientos y capacidades para realizar verificación y control de instalaciones, procesos y productos.  
**IP7** - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

**Específicas: Tecnologías industriales**

**T11** - Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.  
**T16** - Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.  
**T17** - Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial.

**Específicas: Ingeniería electrónica**

**IE3** - Conocer las bases teóricas y tecnológicas que permiten la implementación de circuitos integrados a medida, así como las herramientas hardware/software implicadas en su diseño, simulación e implementación, haciendo especial énfasis en los sistemas digitales.

**Básicas**

**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 públicos especializados y no especializados 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.

#### 6. Contenidos de la asignatura

**Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura**

#### PROGRAMA DE TEORÍA:

- Profesor: Silvestre Rodríguez Pérez.

Tema 1.- Introducción a los circuitos digitales NMOS.

- 1.1.- MOSFET de canal N y canal P: ecuaciones de diseño.
- 1.2.- El inversor NMOS con resistencia de carga.
- 1.3.- Puertas lógicas NMOS.

Tema 2.- Introducción al diseño lógico y circuitos CMOS:

- 2.1.- El inversor CMOS y puertas de transmisión.
- 2.2.- Estructuras lógicas CMOS.
- 2.3.- Proceso de fabricación de un circuito integrado: máscaras y reglas de diseño.
- 2.4.- Estimación de las prestaciones y caracterización de los circuitos MOS.
- 2.5.- Modelado y simulación de subsistemas CMOS.

#### PROGRAMA DE PRÁCTICAS:

- Profesor: Silvestre Rodríguez Pérez.

El programa de prácticas consiste en implementar a nivel de layout diferentes puertas lógicas basadas en tecnología CMOS. Asimismo, se abordará el diseño e implementación, también a nivel de layout, de diferentes circuitos lógicos basados en tecnología MOS.

#### Actividades a desarrollar en otro idioma

En virtud de lo dispuesto en la normativa autonómica (Decreto 168/2008, de 22 de julio ) un 5% del contenido será impartido en inglés. En la asignatura se utilizará la siguiente documentación en inglés, cuyo uso es necesario para el desarrollo de la asignatura, así como para la realización de las pruebas que forman parte de la evaluación de la asignatura:

- \* Manual de uso y tutorial en inglés del programa de diseño y simulación de circuitos integrados.
- \* Redacción en inglés de un porcentaje del informe o informes de los trabajos y/o entregables.
- \* Bibliografía y material en inglés aportado por el profesor.

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

En general, la docencia corresponderá a un modelo de presencialidad adaptada a las especiales condiciones sanitarias que imponen el distanciamiento físico establecidas por el Ministerio de Sanidad. En este sentido, la impartición de las clases teóricas y prácticas en el aula, además de impartirse de manera presencial a los distintos grupos para que de manera coordinada puedan asistir a dichas actividades presenciales, también se impartirán de manera virtual mediante streaming o clases en línea al resto de estudiantes.

Observaciones: debido a la utilización del modelo de docencia presencial adaptada, en la que se requiere por parte del alumnado el seguimiento de manera virtual o no presencial de parte de la docencia, requiere que dicho alumnado disponga de un ordenador personal o dispositivo similar con acceso a internet, cámara, sonido y micrófono.

Si bien la ULL propone un modelo de docencia con presencialidad adaptada, debido al número de estudiantes que se suelen

matricular en el Máster de Ingeniería Industrial y, concretamente en esta asignatura, es posible llevar a cabo un modelo de docencia plenamente presencial, cuyas actividades docentes formativas consistirán en:

\* Clases teóricas: Se explican los aspectos básicos del temario haciendo uso de los medios audiovisuales disponibles. En estas clases se proporciona un esquema teórico conceptual sobre el tema. El material relacionado con estas clases estará a disposición del alumnado en el Aula Virtual y bibliografía de la asignatura.

\* Clases prácticas en el aula: Se realizarán ejercicios y problemas sobre los contenidos teóricos explicados. Se propondrán, además, ejercicios complementarios para que el alumno los resuelva fuera del horario de clase de manera individual o grupal. Todos los ejercicios presentados estarán disponibles en el Aula Virtual de la asignatura. Estos ejercicios propuestos no son evaluables, pero a petición del alumnado, se prestará apoyo a su resolución en las sesiones de tutorías.

\* Clases prácticas de laboratorio/aula de informática: Cada grupo de 2 ó 3 estudiantes deberá diseñar el circuito electrónico propuesto y caracterizarlo mediante simulación. La realización de las prácticas son de carácter obligatorio, debiendo el alumnado presentar un informe o memoria, tras la finalización de cada una de ellas, que ponga de manifiesto la correcta realización de las mismas.

\* Realización de trabajos (individual/grupal): El profesor propondrá al grupo el diseño de un circuito integrado. El grupo deberá realizar los cálculos teóricos, diseñar el circuito electrónico, caracterizarlo mediante simulación y analizar los resultados obtenidos. El grupo deberá elaborar un informe y/o memoria.

\* Tutorías: Estas sesiones de tipo presencial se distribuirán a lo largo del curso con la finalidad de supervisar el progreso del alumno y de resolver cuestiones y/o dudas relativas al contenido de la asignatura.

**Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante**

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	18,00	0,00	18,0	[CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Clases prácticas (aula / sala de demostraciones / prácticas laboratorio)	6,00	0,00	6,0	[CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Realización de trabajos (individual/grupal)	2,00	18,00	20,0	[CB10], [CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Estudio/preparación de clases teóricas	0,00	5,00	5,0	[CB10], [CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]

Estudio/preparación de clases prácticas	0,00	16,00	16,0	[CB10], [CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Preparación de exámenes	0,00	6,00	6,0	[CB10], [CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Realización de exámenes	2,00	0,00	2,0	[CB10], [CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Asistencia a tutorías	2,00	0,00	2,0	[CB9], [CB8], [CB7], [CB6], [IE3], [TI7], [TI6], [TI1], [IP7], [IP6]
Total horas	30,00	45,00	75,00	
Total ECTS			3,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

- NEIL H. E. WESTE, KAMRAN ESHRAGHIAN, "Principles of CMOS VLSI design. A Systems Perspective". Addison Wewsley, 1994.
- R.L. GEIGER, P.E. ALLEN, N.R. STRADER, "VLSI Design techniques for analog and digital circuits". McGraw-Hill, 1990.
- CAVER MEAD, LYNN CONWAY, "Introduction to VLSI systems". Addison-Wesley, 1980.
- DESCHAMPS, JEAN PIERRE, "Diseño de circuitos integrados de aplicacion especifica ASIC", Paraninfo, 1994.
- CHRISTIAN TAVERNIER, "Circuitos lógicos programables". Paraninfo, 1994.

### Bibliografía Complementaria

### Otros Recursos

Software de simulaci&oacute;n de circuitos integragos a nivel de Layout.

## 9. Sistema de evaluación y calificación

### Descripción

A continuación se recogen las consideraciones más relevantes relacionadas con la evaluación de la asignatura, que se rige por el Reglamento de Evaluación y Calificación de la Universidad de La Laguna (BOC de 19 de enero de 2016), o el que la Universidad tenga vigente, además de por lo establecido en la Memoria de Verificación inicial o posteriores modificaciones.

#### ----- MODALIDAD DE EVALUACIÓN CONTINUA -----

La evaluación del alumnado se realizará de acuerdo con las siguientes actividades:

- Pruebas de desarrollo.
- Informes de trabajos en grupo.
- Pruebas de ejecución de tareas reales y/o simuladas.

La consecución de los objetivos/resultados de aprendizaje se valorará según los siguientes criterios:

- A.- Realización de pruebas de desarrollo (exámenes de teoría y problemas: 60%, 6 puntos). Se realizarán dos pruebas de desarrollo, cada una con un valor del 30% (3 puntos) sobre la calificación final de la asignatura.
- B.- Informe y/o memoria de trabajos en grupo (30%, 3 puntos). Consistirá en un trabajo de diseño a realizar en grupo formado por dos o más estudiantes. El grupo deberá entregar un informe y/o memoria en el que figuren los cálculos teóricos, los fundamentos del diseño realizado, su caracterización mediante simulación y un análisis de los resultados obtenidos.
- C.- Pruebas de ejecución de tareas reales y/o simuladas (10%, 1 punto). Al finalizar cada sesión práctica de laboratorio o aula de informática, el alumnado deberá realizar un informe o entregable con los tareas realizadas y resultados obtenidos.

Las calificaciones obtenidas en los apartados B y C serán válidas para todas las convocatorias del curso académico correspondiente. La calificación final se obtendrá mediante la suma de las puntuaciones obtenidas en A, B y C. Sin embargo, para poder optar a esta modalidad, el estudiante obligatoriamente se habrá tenido que presentar a la prueba o pruebas correspondientes al apartado A. De no ser así, la evaluación se realizará de acuerdo con los criterios especificados en la Modalidad de Evaluación Alternativa.

#### ----- MODALIDAD DE EVALUACIÓN ALTERNATIVA -----

En el caso de que el estudiante no haya seguido u optado por la evaluación según la Modalidad de Evaluación Continua, la evaluación se realizará de acuerdo a los siguientes criterios:

- A.- Realización de pruebas de desarrollo (examen de teoría y problemas: 60%, 6 puntos).
- B.- Pruebas de ejecución de tareas reales y/o simuladas (examen práctico en el laboratorio/aula de informática: 40%, 4 puntos).

La calificación final se obtendrá mediante la suma de las puntuaciones obtenidas en los apartados A y B. Sin embargo, para ello, será necesario obtener como mínimo una calificación de 3 sobre 6 y 2 sobre 4 en los apartados A y B, respectivamente. De no ser así, la calificación final será la media aritmética de las calificaciones obtenidas en ambos apartados. La prueba de desarrollo A se realizará en la fecha, hora y lugar establecido oficialmente en las correspondientes convocatorias, mientras que la prueba B se llevará a cabo al finalizar la prueba de desarrollo A, tras el correspondiente descanso.

### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
----------------	--------------	-----------	-------------



Pruebas de desarrollo	[CB10], [TI7], [CB6], [CB9], [CB7], [CB8], [TI6], [IP7], [IP6], [TI1], [IE3]	- Demostrar conocimientos sobre el diseño de circuitos integrados digitales basados en tecnología MOS. - Expresarse con corrección y comunicar de manera adecuada ideas por escrito. - Demostrar razonamiento crítico en la resolución de problemas	60,00 %
Trabajos y proyectos	[CB10], [TI7], [CB6], [CB9], [CB7], [CB8], [TI6], [IP7], [IP6], [TI1], [IE3]	- Capacidad para enfrentar de manera crítica, de forma individual o en grupo, la resolución de problemas de diseño de circuitos integrados. - Expresarse con corrección y comunicar de manera adecuada ideas por escrito. - Capacidad de aplicar conocimientos	30,00 %
Pruebas de ejecuciones de tareas reales y/o simuladas	[CB10], [TI7], [CB6], [CB9], [CB7], [CB8], [TI6], [IP7], [IP6], [TI1], [IE3]	- Demostrar razonamiento crítico. - Capacidad de interpretar resultados. - Capacidad de resolver problemas prácticos relacionados con el diseño de circuitos integrados a medida. - Capacidad de aplicar conocimientos teóricos a la práctica.	10,00 %

## 10. Resultados de Aprendizaje

El alumnado, para superar esta asignatura, deberá ser capaz de:

- Saber identificar las ventajas e inconvenientes de las tecnologías actuales de los circuitos integrados, principalmente en lo que respecta a los circuitos integrados de aplicación específica o ASICs.
- Adquirir los conocimientos básicos de diseño de circuitos electrónicos digitales basados en tecnología NMOS y CMOS.
- Utilizar adecuadamente alguna herramienta básica que permita el diseño, modelado y simulación de circuitos integrados a medida, así como su aprovechamiento en el auto-aprendizaje.
- Tener la capacidad de modelar y diseñar subsistemas digitales basados en tecnología CMOS.

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

Entre las modalidades de enseñanza-aprendizaje a aplicar encontramos de tipo presencial (clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas, prácticas de laboratorio, tutorías y realización de trabajos individual o en grupo) y no presencial (realización de actividades y trabajos individual o en grupo, estudio autónomo).

\* La distribución de los temas por semana es orientativo, puede sufrir cambios según las necesidades de organización docente.

Segundo cuatrimestre

Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	Tema 1	Clases teóricas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 2:	Tema 1	Clases teóricas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 3:	Tema 1	Clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 4:	Tema 1	Clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 5:	Tema 1	Clases teóricas, tutorías, y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 6:	Tema 2	Clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas y estudio autónomo	2.00	5.00	7.00
Semana 7:	Tema 2	Clases teóricas, prueba de desarrollo, y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 8:	Tema 2	Clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 9:	Tema 2	Clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 10:	Tema 2	Clases teóricas, resolución de ejercicios y problemas y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 11:	Tema 2	Tutorías y estudio autónomo	1.00	1.00	2.00
Semana 12:	Temas 1 y 2	Prácticas de laboratorio y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 13:	Temas 1 y 2	Prácticas de laboratorio y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 14:	Temas 1 y 2	Trabajo y/o proyecto y estudio autónomo	2.00	2.00	4.00
Semana 15:	Temas 1 y 2	Prueba de desarrollo, trabajo y/o proyecto y estudio autónomo	2.00	3.00	5.00
Semana 16 a 18:	Temas 1-2	Prueba de desarrollo, trabajo y/o proyecto y estudio autónomo	1.00	12.00	13.00
Total			30.00	45.00	75.00