

**Proyecto/Guía docente de la asignatura Adaptada a la Nueva Normalidad**

<b>Asignatura</b>	INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE CIRCUITOS INTEGRADOS		
<b>Materia</b>	COMPLEMENTOS DE ELECTRÓNICA para graduados en Tecnologías específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación o Telemática		
<b>Módulo</b>			
<b>Titulación</b>	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	544	<b>Código</b>	53796
<b>Periodo de impartición</b>	1º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA*
<b>Nivel/Ciclo</b>	MÁSTER	<b>Curso</b>	COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	Héctor García García Luis Quintanilla Sierra Salvador Dueñas Carazo		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	E-MAIL: <a href="mailto:hecgar@ele.uva.es">hecgar@ele.uva.es</a> , <a href="mailto:luisq@ele.uva.es">luisq@ele.uva.es</a> , <a href="mailto:sduenas@ele.uva.es">sduenas@ele.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA		

(\*) Esta asignatura es optativa a nivel de título, pero es obligatoria para los alumnos que acceden al máster desde el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación o Mención en Telemática.

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

---

### 1.1 Contextualización

---

El diseño de circuitos y sistemas digitales es un tema de crucial importancia en la sociedad actual, cuya base tecnológica se sustenta, en gran medida, en los circuitos integrados basados en transistores MOSFET de silicio. Desde que a comienzos de la década de los 70 del siglo XX se fabricaron los primeros circuitos lógicos con tecnología CMOS, el diseño de circuitos integrados digitales ha experimentado un vertiginoso e imparable avance, afrontando retos cada vez más complejos que hacen imprescindible su continuo estudio e innovación. La asignatura que aquí se presenta aborda los aspectos más cruciales del diseño: escalado, consumo de potencia, limitaciones tecnológicas, generación de *layouts*, diseño de lógica combinacional y secuencial, estática y dinámica, atendiendo especialmente al estado del arte y a la búsqueda de nuevas fronteras. Para ello se trata de proporcionar al estudiante una doble perspectiva: por una parte, la visión abstracta del diseño digital; y por otra, la realidad tecnológica de los circuitos del momento. Por otro lado, las soluciones basadas en lógica programable constituyen una alternativa barata, en términos de tiempo de desarrollo y test, para diseños de aplicación específica, por lo que su estudio y conocimiento de las etapas de diseño resulta de gran interés.

### 1.2 Relación con otras materias

---

Esta asignatura forma parte de la materia “Complementos de Electrónica” para Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, mención en Sistemas de Telecomunicación o Telemática, y comparte contenidos con la asignatura “Diseño de Circuitos y Sistemas Digitales”, obligatoria de la mención en Sistemas Electrónicos; así mismo, está muy relacionada con la asignatura “Diseño de Circuitos Digitales para Comunicaciones”, obligatoria en el Grado en Tecnologías de Telecomunicación. En cuanto a las asignaturas obligatorias comunes a los Grados en Tecnologías de Telecomunicación y en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, esta asignatura está necesariamente relacionada con todas las que constituyen la materia “Electrónica Digital”, perteneciente al Bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones”, en particular “Circuitos Electrónicos Digitales”, que se imparte en el primer cuatrimestre del segundo curso, y cuyo correcto conocimiento constituye una base muy adecuada para el acceso a los contenidos de esta asignatura. También es de especial relevancia el conocimiento de los principios de funcionamiento y de los aspectos tecnológicos de los dispositivos electrónicos, en particular del transistor MOSFET, que es proporcionado por la asignatura “Fundamentos de Electrónica”; se trata de una asignatura de formación básica enmarcada en la materia “Electrónica Analógica” y que se imparte en el segundo cuatrimestre del primer curso. Los contenidos de esta asignatura son necesarios para cursar la asignatura “Diseño y Test de Circuitos Integrados”, obligatoria del Máster en Ingeniería de Telecomunicación y perteneciente a la materia Electrónica para Comunicaciones.

### 1.3 Prerrequisitos

---

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura.

Dado el escenario de “nueva normalidad” y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se utilizan o se podrán utilizar herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

## **2. Competencias**

---

### **2.1 Generales**

---

- Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

### **2.2 Específicas**

---

- Capacidad de diseñar circuitos de electrónica analógica y digital, de conversión analógico-digital y digital-analógica, de radiofrecuencia, de alimentación y conversión de energía eléctrica para aplicaciones de telecomunicaciones y computación.
- Capacidad para aplicar la electrónica como tecnología de soporte en otros campos y actividades, y no sólo en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los principios básicos del Diseño CMOS VLSI.
- Estudiar y analizar los bloques elementales de los circuitos y sistemas digitales CMOS.
- Comprender los procedimientos y condicionantes de la implementación física de los circuitos y cómo dicha implementación puede afectar a sus características.
- Adquirir habilidades para el diseño VLSI de bloques digitales CMOS básicos y de complejidad intermedia.
- Desarrollar destrezas para diseñar, simular y verificar circuitos y sistemas digitales.
- Encontrar y analizar información técnica y realizar informes técnicos con dicha información.
- Conocer las soluciones comerciales existentes basadas en lógica programable para el desarrollo de circuitos digitales para comunicaciones
- Comprender la metodología de diseño de circuitos digitales para comunicaciones basados en sistemas lógicos programables.
- Conocer los lenguajes de programación de hardware HDL a emplear en el diseño de circuitos digitales basados en lógica programable.

#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: “Diseño microelectrónico de circuitos y sistemas digitales”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4

##### a. Contextualización y justificación

Véase apartado 1.1.

##### b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer los principios básicos del Diseño CMOS VLSI.
- Estudiar y analizar los bloques elementales de los circuitos y sistemas digitales CMOS.
- Comprender los procedimientos y condicionantes de la implementación física de los circuitos y cómo dicha implementación puede afectar a sus características.
- Adquirir habilidades para el diseño VLSI de bloques digitales CMOS básicos y de complejidad intermedia.
- Desarrollar destrezas para diseñar, simular y verificar circuitos y sistemas digitales.
- Encontrar y analizar información técnica y realizar informes técnicos con dicha información.

##### c. Contenidos

###### Tema 1.- Introducción al Diseño Digital

- 1.1.- Perspectiva histórica
- 1.2.- Aspectos generales del diseño de circuitos integrados digitales
- 1.3.- El dispositivo básico: transistor MOSFET
- 1.4.- El inversor CMOS.

###### Tema 2.- Diseño de Lógica CMOS Combinacional

- 2.1.- Lógica combinacional estática
- 2.2.- Familias lógicas alternativas
- 2.3.- Lógica combinacional dinámica

###### Tema 3.- Diseño de Lógica CMOS Secuencial

- 3.1.- Circuitos secuenciales estáticos
- 3.2.- Circuitos secuenciales dinámicos

###### Prácticas de laboratorio

- Metodologías de diseño *bottom-up*
- Herramientas de captura, simulación, verificación y síntesis

##### d. Métodos docentes

Ver sección 5



### **e. Plan de trabajo**

---

Véase parte i.

### **f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración del trabajo realizado en el laboratorio.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

### **g Material docente**

---

#### **g.1 Bibliografía básica**

---

- Neil Weste and David Harris. CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective. Addison-Wesley Publishing Company. 4th Edition. 2010.
- R. Jacob Baker. "CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation". Wiley-IEEE Press. 3rd Edition. 2010.
- Jan M. Rabaey, A. Chandrakasan and B. Nikolic. "Digital Integrated Circuits. A Design Perspective". Prentice Hall Electronics and VLSI Series, Charles G. Sodini, Series Editor. Second Edition. 2003.

#### **g.2 Bibliografía complementaria**

---

- S. Sedra y K. C. Smith. "Circuitos Microelectrónicos". McGraw Hill. 2006.
- Tim Williams. The Circuit Designer's Companion. Newnes-Elsevier. 2nd. Edition. 2005.
- J.F. Wakerly. "Digital Design. Principles and Practices". Prentice Hall International. 2000.
- R. Jacob Baker. CMOS: Mixed-Signal Circuit Design. Wiley-IEEE Press. 2nd. Edition. 2009.

#### **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

### **h. Recursos necesarios**

---

En este bloque se utilizan herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Las clases teóricas se realizarán mediante presentaciones power-point.
- Para llevar a cabo las prácticas de laboratorio se necesitará el siguiente software:
  - MICROWIND
  - DSCH

**i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
4	Semanas 1 - 10

**Bloque 2: “Diseño digital con lógica programable”**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2

**a. Contextualización y justificación**

Véase apartado 1.1.

**b. Objetivos de aprendizaje**

- Conocer las soluciones comerciales existentes basadas en lógica programable para el desarrollo de circuitos digitales para comunicaciones
- Comprender la metodología de diseño de circuitos digitales para comunicaciones basados en sistemas lógicos programables.
- Conocer los lenguajes de programación de hardware HDL a emplear en el diseño de circuitos digitales basados en lógica programable.

**c. Contenidos****TEMA 1: Lógica Programable**

- 1.1- Fundamentos
- 1.2- Historia del diseño lógico
- 1.3- Tecnologías básicas de la lógica programable
- 1.4- CPLDs
- 1.5- FPGAs.
- 1.6- CPLDs vs FPGAs
- 1.7- Fabricantes. Familias de chips de ALTERA

**TEMA 2: Consideraciones Temporales**

- 2.1- Introducción: Tiempos de delay, setup, hold
- 2.2- Terminología de TimeQuest – Timing Paths
- 2.3- La señal de reloj: clocking
- 2.4- Setup Slack y Hold Slack
- 2.5- Recovery and Removal Slack
- 2.6- Test generados por TimeQuest Timing Analyzer
- 2.7- Introducción de Constrains (fichero sdc)

**Prácticas de laboratorio**

- Metodologías de diseño *bottom-up*
- Herramientas de captura, simulación, verificación y síntesis

---

**d. Métodos docentes**

---

Ver sección 5

---

**e. Plan de trabajo**

---

Véase parte i.

---

**f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración del trabajo realizado en el laboratorio.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

---

**g Material docente**

---

---

**g.1 Bibliografía básica**

---

- Michael D. Ciletti, *Modeling, Synthesis and Rapid Prototyping with the Verilog HDL*. ed., Prentice Hall, 1999.
- J. M. Lee, *Verilog Quickstart*, 3rd. ed. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- Tutoriales y manuales proporcionados por Altera a través de su programa para Universidades.  
<http://www.altera.com/education/univ/unv-index.html>
- J.P. Hayes, *Introducción al Diseño Lógico Digital*, Addison-Wesley, 1996.

---

**g.2 Bibliografía complementaria**

---

- T. Pollán Santamaria, *Electrónica Digital*, Prensas Universitarias de Zaragoza, 1994.
- R.J. Tocci, *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*, 10ª ed., Prentice Hall, 2007.
- H. Taub, *Circuitos Digitales y Microprocesadores*, McGraw-Hill, 1990.
- Manual de Quartus II (herramienta EDA de Altera)

---

**g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

---

**h. Recursos necesarios**

---

En este bloque se utilizan herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.





Se utilizarán, cuando el profesor lo estime conveniente, los siguientes recursos, todos ellos facilitados por el mismo o la UVa:

- Transparencias en las clases magistrales
- Documentación de apoyo para la realización de problemas de aula y prácticas de laboratorio
- Kit de desarrollo de diseños en FPGAs: placa de circuito impreso que contiene un chip de lógica programable y toda la circuitería auxiliar para su programación y depurado. Software para el diseño completo

#### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
2	Semanas 11-15

### 5. Métodos docentes y principios metodológicos

Siempre que sea posible, la docencia en esta asignatura será de modo presencial.

Clase magistral participativa - Se prevé, para esta parte, introducir metodologías activas de participación en las clases, a través de la realización de pequeños proyectos tutorizados, de forma que el alumno vaya construyendo su base de conocimientos a medida que se progresa en la asignatura. Para ello, por ejemplo, se hará especial hincapié en que el alumno desarrolle la parte teórica de las prácticas de laboratorio como paso previo ineludible para su realización.

Las clases prácticas se realizarán en el laboratorio de modo individual, respetando la distancia social.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo	90
Clases prácticas de aula (A)	15		
Laboratorios (L)	15		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

## 7. Sistema y características de la evaluación

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente. Se recomienda la evaluación continua ya que implica minimizar los cambios en la agenda.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Trabajo realizado en el laboratorio	30 %	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura realizar todas las prácticas de laboratorio y la evaluación favorable de todos los informes escritos.
Examen de teoría / problemas	70 %	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4 puntos sobre 10 para superar la asignatura.

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- Convocatoria ordinaria:**  
 En el caso de no realizar alguno de los elementos de evaluación obligatoria la calificación será de No Presentado. En caso de no alcanzar la puntuación mínima en el examen escrito (4 puntos sobre 10), la calificación final será el valor mínimo entre la nota ponderada y 4.5.
- Convocatoria extraordinaria:**  
 Se mantiene la calificación obtenida en el primer instrumento de la tabla en ese mismo curso académico siempre que se cumplan los requisitos mencionados y su calificación total sea superior a 15 puntos sobre 30. El 70% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen escrito.  
  
 Si no es superior a 15 puntos sobre 30, entonces el examen escrito de la convocatoria extraordinaria supondrá el 70% y un 30% se obtendrá mediante un examen práctico extraordinario de laboratorio. En ambos exámenes se exigirá una nota de al menos 4.5 sobre 10, y una media ponderada de al menos 5.0 sobre 10 para superar la asignatura.



## 8. Consideraciones finales





## Adenda a la Guía Docente de la asignatura

### A4. Contenidos y/o bloques temáticos

#### Bloque 1: “Diseño microelectrónico de circuitos y sistemas digitales”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4

#### c. Contenidos Adaptados a formación online

##### Tema 1.- Introducción al Diseño Digital

- 1.1.- Perspectiva histórica
- 1.2.- Aspectos generales del diseño de circuitos integrados digitales
- 1.3.- El dispositivo básico: transistor MOSFET
- 1.4.- El inversor CMOS.

##### Tema 2.- Diseño de Lógica CMOS Combinacional

- 2.1.- Lógica combinacional estática
- 2.2.- Familias lógicas alternativas

##### Tema 3.- Diseño de Lógica CMOS Secuencial

- 3.1.- Circuitos secuenciales estáticos

##### Prácticas utilizando software gratuito

- Metodologías de diseño *bottom-up*
- Herramientas de captura, simulación, verificación y síntesis

#### d. Métodos docentes online

Clase teórica y resolución de problemas mediante videoconferencia utilizando la herramienta webex.

Las clases de laboratorio se realizarán del mismo modo. El software utilizado para esta parte es gratuito, por lo que los alumnos dispondrán de él en sus propios ordenadores.

#### e. Plan de trabajo online

El plan de trabajo online es idéntico al caso en el que sea posible desarrollar la docencia presencialmente.

#### f. Evaluación online

La evaluación comprenderá la entrega de los guiones de prácticas y de un examen online al final del cuatrimestre.

#### i. Temporalización



CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
4	Entre la semana 1 y 10, durante el periodo que sea necesario

**Bloque 2: “Diseño digital con lógica programable”**Carga de trabajo en créditos ECTS: **c. Contenidos Adaptados a formación online****TEMA 1: Lógica Programable**

- 1.1- Fundamentos
- 1.2- Historia del diseño lógico
- 1.3- Tecnologías básicas de la lógica programable
- 1.4- CPLDs
- 1.5- FPGAs.
- 1.6- CPLDs vs FPGAs
- 1.7- Fabricantes. Familias de chips de ALTERA

**TEMA 2: Consideraciones Temporales**

- 2.1- Introducción: Tiempos de delay, setup, hold
- 2.2- Terminología de TimeQuest – Timing Paths
- 2.3- La señal de reloj: clocking
- 2.4- Setup Slack y Hold Slack
- 2.5- Recovery and Removal Slack
- 2.6- Test generados por TimeQuest Timing Analyzer
- 2.7- Introducción de Constrains (archivo sdc)

**d. Métodos docentes online**

Clase teórica y resolución de problemas mediante videoconferencia utilizando la herramienta webex.

Las clases de laboratorio se realizarán del mismo modo. El software utilizado para esta parte es gratuito para estudiantes, por lo que los alumnos dispondrán de él en sus propios ordenadores. En cuanto al kit de programación podrá ser proporcionado en forma de préstamo temporal para que el alumno pueda utilizarlo de forma sanitariamente segura en su domicilio.

**e. Plan de trabajo online**

El plan de trabajo online es idéntico al caso en el que sea posible desarrollar la docencia presencialmente.

**f. Evaluación online**

Prueba escrita on-line con problemas y/o cuestiones sobre la materia estudiada



### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
2	Entre la semana 11 y 15, durante el periodo que sea necesario

### A5. Métodos docentes y principios metodológicos

Ver métodos docentes online del punto A.4

### A6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(2)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo	90
Clases prácticas de aula (A)	15		
Laboratorios (L)	15		
<b>Total presencial a distancia</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>
<b>Total presencial a distancia + no presencial</b>			<b>150</b>

<sup>(2)</sup> Actividad presencial a distancia en este contexto es cuando el grupo sigue por videoconferencia la clase impartida por el profesor en el horario publicado para la asignatura.

### A7. Sistema y características de la evaluación

Criterio: cuando más del 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en situación de contingencia, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la adenda.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Entrega de guiones de prácticas	30 %	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura realizar todas las prácticas de laboratorio y la evaluación favorable de todos los informes escritos.
Examen de teoría / problemas online	70 %	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4 puntos sobre 10 para superar la asignatura.



#### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**  
En el caso de no realizar alguno de los elementos de evaluación obligatoria la calificación será de No Presentado. En caso de no alcanzar la puntuación mínima en el examen (4 puntos sobre 10), la calificación final será el valor mínimo entre la nota ponderada y 4.5.
- **Convocatoria extraordinaria:**  
Se mantiene la calificación obtenida en el primer instrumento de la tabla en ese mismo curso académico siempre que se cumplan los requisitos mencionados y su calificación total sea de aprobado.

