



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Electrónica Digital
Código	DEA-GITI-341
Título	<a href="#">Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales por la Universidad Pontificia Comillas</a>
Impartido en	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales [Tercer Curso]
Nivel	Reglada Grado Europeo
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	6,0 ECTS
Carácter	Obligatoria (Grado)
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Responsable	Fermín Zabalegui Sanz
Horario de tutorías	Solicitar cita previa
Descriptor	En esta asignatura se pretende aportar al alumno los conocimientos básicos de sistemas de electrónica digital que le permitirán diseñar circuitos digitales básicos, así como entender algunos sistemas digitales complejos

Datos del profesorado	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Fermín Zabalegui Sanz
Departamento / Área	Instituto Universitario de la Familia
Correo electrónico	ferminzs@comillas.edu
<b>Profesores de laboratorio</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	José Carlos Gamazo Real
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	jcgamazo@icai.comillas.edu

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
<b>Aportación al perfil profesional de la titulación</b>
En el perfil profesional del graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales e Ingeniería Electromecánica, esta asignatura pretende aportar al alumno los conocimientos básicos de sistemas digitales que le permitirán diseñar circuitos digitales básicos, así como entender algunos sistemas digitales complejos



usados en otras asignaturas como Microprocesadores.

Al finalizar el curso el alumno ha de ser capaz de:

- Manejar con soltura los sistemas de numeración binarios, así como su aritmética.
- Diseñar circuitos digitales, tanto combinacionales como secuenciales.
- Describir estos circuitos usando el lenguaje de descripción de hardware VHDL.
- Diseñar sistemas digitales complejos, dividiendo el sistema en ruta de datos y control.
- Manejar las herramientas CAD para diseñar circuitos basados en lógica programable.

## Prerequisitos

Haber cursado la asignatura de Electrónica de 2º GITI.

## Competencias - Objetivos

### Competencias

#### GENERALES

<b>CG01</b>	Capacidad para el desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería Industrial.
<b>CG03</b>	Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
<b>CG04</b>	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

#### ESPECÍFICAS

<b>CEN03</b>	Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores.
--------------	---

### Resultados de Aprendizaje

<b>RA1</b>	Manejar con soltura los sistemas de numeración binarios, así como su aritmética.
<b>RA2</b>	Diseñar circuitos digitales, tanto combinacionales como secuenciales.
<b>RA3</b>	Especificar circuitos digitales usando el lenguaje VHDL
<b>RA4</b>	Manejar las herramientas CAD para diseñar circuitos basados en lógica programable

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos



## Teoría

### Introducción

1. Introducción a la técnica digital.
2. Bits y niveles lógicos.
3. Tecnologías para implantar circuitos digitales.
4. Niveles de diseño.

### Álgebra de Boole

1. Definiciones y teoremas del álgebra de Boole.
2. Funciones lógicas no básicas.
3. Formas normales de una función booleana.
4. Simplificación usando diagramas de Karnaugh.

### Sistemas de numeración

1. Sistemas de numeración posicionales.
2. Conversión entre bases.
3. Rangos.
4. Sistemas hexadecimal y octal.
5. Operaciones matemáticas con números binarios.
6. Representación de números enteros.
7. Rangos en los números con signo.
8. Operaciones matemáticas con números con signo.
9. Otros códigos binarios.

### Introducción al lenguaje VHDL

1. Flujo de diseño.
2. Estructura del archivo.
3. Ejemplos.
4. Tipos de datos, constantes y operadores.
5. Sentencias concurrentes.

### Circuitos Aritméticos

1. Sumador de un bit .
2. Sumador de palabras de n bits.
3. Restador de n bits.
4. Sumador/Restador de n bits.
5. Multiplicadores.
6. Sumador de números en BCD natural.

### Bloques Combinacionales



1. Multiplexores.
2. Demultiplexores.
3. Codificadores.
4. Decodificadores.
5. Comparadores.

## Circuitos secuenciales. Fundamentos

1. Introducción.
2. Conceptos básicos.
3. Biestables.

## Temporización de circuitos digitales

1. Introducción.
2. Riesgos de temporización.
3. Diseño síncrono.
4. Parámetros tecnológicos de los biestables.
5. Diseño síncrono y periodo de reloj.
6. Clock skew y distribución de reloj.
7. Sincronización de entradas asíncronas.

## Máquinas de estados finitos

1. Nomenclatura.
2. Diseño de máquinas de estados.
3. Descripción en VHDL .
4. Detector de secuencia.
5. Detector de secuencia usando detectores de flanco.

## Registros

1. Introducción.
2. Registros de entrada y salida en paralelo.
3. Registros de desplazamiento.

## Contadores

1. Contador binario ascendente.
2. Contador binario descendente.
3. Contador ascendente / descendente.
4. Contadores con habilitación de la cuenta.
5. Contadores módulo m.
6. Conexión de contadores en cascada.
7. Contadores con carga paralelo.
8. Contadores de secuencia arbitraria.



## Diseño de sistemas complejos: ruta de datos + control

1. Introducción.
2. Control de una barrera de aparcamiento.
3. Conversor de binario a BCD.
4. Interconexión de dispositivos mediante SPI.

## Introducción a las memorias

1. Introducción.
2. Memorias RAM estáticas.
3. Memorias RAM dinámicas.
4. Memorias ROM.
5. Ejemplos de aplicación.

## Laboratorio

### Práctica 1: Introducción a las puertas lógicas integradas y al osciloscopio digital.

Esta práctica es la toma de contacto del alumno con el laboratorio de Electrónica Digital. Es una introducción a los circuitos integrados básicos, a la tarjeta de entrada / salida del laboratorio y al osciloscopio digital. Para ello se van a realizar una serie de circuitos sencillos con puertas lógicas básicas AND y OR.

### Práctica 2: Introducción a la captura de esquemas y la compilación con Quartus II.

En esta práctica se empieza a utilizar una herramienta software para diseñar hardware. Concretamente se va a utilizar el programa Quartus II de Altera. Al finalizar la práctica, el alumno debe ser capaz de diseñar circuitos digitales usando la herramienta Quartus II y entender la importancia del diseño jerárquico.

### Práctica 3: Introducción a la simulación y a la implantación física con Quartus II.

Se introduce una herramienta de simulación de circuitos y sistemas digitales, llamada ModelSim. En esta práctica se deberá simular el circuito digital de la práctica 2 usando Quartus II y ModelSim, y se volcará y configurará el diseño en un dispositivo de lógica programable FPGA, verificando su funcionamiento.

### Práctica 4: Circuitos combinacionales. Diseño con VHDL.

En esta práctica se va a diseñar e integrar un display de 7 segmentos en un sistema digital. Se introduce el lenguaje VHDL y el bus de datos.

### Práctica 5: Circuitos aritméticos. Sumador de 5 bits.

En esta práctica se introducen los circuitos aritméticos y se realiza un sumador de 5 bits a partir de sumadores de 1 bit mediante bucles for ... generate en VHDL. Toda la jerarquía del proyecto se debe diseñar ya en VHDL.

### Práctica 6: Circuitos aritméticos. Multiplicador de 5 bits.



Se va a crear un multiplicador mediante productos parciales, utilizando los bucles for ... generate para instanciar componentes en VHDL.

### Práctica 7: Circuitos aritméticos. ALU de 5 bits.

En esta práctica se va a crear una Unidad Aritmético Lógica de 5 bits. Se van a crear circuitos aritméticos para operaciones con signo y la lógica de control de la ALU.

### Práctica 8: Introducción a los biestables.

Esta práctica consta de dos partes. En la primera se van a ensayar dos biestables tipo D para conocer su funcionamiento y restricciones temporales, y en la segunda se va a implantar una máquina de estados sencilla en VHDL.

### Práctica 9: Cerradura electrónica.

En esta práctica se va realizar un diseño secuencial para detectar una contraseña para una cerradura electrónica. Se va a realizar una máquina de estados completa y se van a filtrar las entradas de pulsadores mediante detectores de flanco.

### Práctica 10: Control de aparcamiento.

En esta práctica crearemos un control secuencial con contadores para la gestión del número de coches de un aparcamiento.

### Práctica 11: Temporizador para horno microondas.

En esta práctica se va a crear un sistema completo, con ruta de datos y unidad de control. Se va a crear el temporizador de un horno microondas, usando contadores.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

### Metodología Presencial: Actividades

**Clase magistral y presentaciones generales:** El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante y a continuación se explicarán una serie de problemas tipo, gracias a los cuáles se aprenderá a identificar los elementos esenciales del planteamiento y la resolución de problemas del tema.

CG01, CG03,  
CG04, CEN03

**Resolución de problemas de carácter práctico o aplicado:** En estas sesiones se

CG01 CG03



explicarán, corregirán y analizarán problemas análogos y de mayor complejidad de cada tema previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno.	CG01, CG03, CG04, CEN03
<b>Prácticas de laboratorio:</b> Se realizarán en grupos y en ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, familiarizándose con el entorno material y humano del trabajo en el laboratorio.	CG01, CG03, CG04, CEN03

### Metodología No presencial: Actividades

Estudio de conceptos teóricos fuera del horario de clase por parte del alumno.	CG01, CG03, CG04, CEN03
Resolución de problemas de carácter práctico o aplicado.	CG01, CG03, CG04, CEN03
Preparación de las prácticas de laboratorio.	CG01, CG03, CG04, CEN03

### RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
Clase magistral y presentaciones generales	Prácticas de laboratorio	Resolución de problemas de carácter práctico o aplicado
20.00	20.00	20.00
HORAS NO PRESENCIALES		
Estudio de conceptos teóricos fuera del horario de clase por parte del alumno	Prácticas de laboratorio	Resolución de problemas de carácter práctico o aplicado
40.00	40.00	40.00
<b>CRÉDITOS ECTS: 6,0 (180,00 horas)</b>		

### EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
Realización de exámenes teóricos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Examen Final.</li> <li>Examen Intersemestral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos.</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	54 %



<p>Realización de pruebas de seguimiento en clase:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dos pruebas realizadas en clase las semanas 7 y 12.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprensión de conceptos.</li><li>• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li></ul>	<p>6 %</p>
<p>Prácticas de laboratorio presenciales:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 11 prácticas de laboratorio. Cálculos previos, trabajo en clase e informe final.</li></ul> <p>Examen final de laboratorio</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos y a la realización de prácticas en el laboratorio.</li><li>• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.</li><li>• Capacidad de trabajo en grupo.</li><li>• Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	<p>40 %</p>

## Calificaciones

La evaluación del alumno consta de dos partes: teoría y laboratorio.

### Calificación de teoría

Para evaluar la teoría en convocatoria ordinaria se realizarán las siguientes pruebas:

- Dos pruebas de clase (30 minutos). El objetivo de estos ejercicios es que el alumno conozca lo que sabe (y lo que no sabe) durante la marcha del curso. La media de estos ejercicios proporciona la nota de clase  $n_c$ .
- Un examen intersemestral que comprenderá la materia de la primera mitad del curso. De este examen se obtendrá la nota  $n_i$ .
- Un examen final que comprenderá toda la materia impartida en el curso. De este examen se obtendrá la nota  $n_e$ .

Para obtener la nota final de la teoría  $n_t$  se obtendrá una media ponderada de las notas anteriores según la siguiente fórmula:

$$n_t = 0,7 \cdot n_e + 0,2 \cdot n_i + 0,1 \cdot n_c$$

La nota  $n_e$  debe ser mayor o igual que 4 para aprobar la parte teórica. Si no es así, la nota  $n_t$  será igual a la nota menor entre la nota calculada y la nota  $n_e$ .

### Calificación de laboratorio



El laboratorio se divide en la evaluación de las prácticas y en un examen final práctico.

- El examen final práctico individual se realiza al finalizar la asignatura y consiste en el cálculo, desarrollo e implementación física de uno o varios circuitos digitales.
- Las prácticas se evalúan a partir del trabajo previo, el funcionamiento del circuito y la documentación final. El trabajo previo se evalúa mediante revisión del mismo o mediante un test de 10 minutos al principio de la práctica. El informe final se entrega después de la finalización de la práctica y consiste en un documento de resultados y aplicación de los conocimientos de la asignatura. Es obligatorio realizar presencialmente todas las prácticas y entregar todos los informes finales. Si no se cumplen estas condiciones, la nota de laboratorio será un cero. En caso contrario, la nota se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$n_{lab} = 0,5 \cdot n_{ex} + 0,5 \cdot n_p$$

Donde  $n_{ex}$  es la nota de examen final de laboratorio y  $n_p$  es la media aritmética de las 11 prácticas, que incluye los previos, el funcionamiento del circuito en el laboratorio y la documentación entregada.

En el caso de haber realizado y entregado todas las prácticas, la nota  $n_{ex}$  debe ser mayor o igual que 4 para aprobar la parte práctica. En caso contrario la nota  $n_{lab}$  de laboratorio será la menor entre las dos notas  $n_{ex}$  y  $n_p$ .

**Muy importante:** Si un alumno tiene alguna falta no justificada a las sesiones de laboratorio, no podrá examinarse ni en la convocatoria final ni en la extraordinaria (art.92 Reglamento General de la Universidad).

## Calificación final ordinaria

Para aprobar la asignatura las notas  $n_t$  y  $n_{lab}$  deben ser superiores a 5. Si se cumple esta condición, La nota final de la asignatura se calcula como:

$$n_{final} = 0,6 \cdot n_t + 0,4 \cdot n_{lab}$$

En caso contrario la nota final será la menor de las dos notas  $n_t$  y  $n_{lab}$ .

## Calificación final extraordinaria

La convocatoria extraordinaria se considera como una segunda oportunidad en caso de que el alumno haya suspendido alguna o las dos partes de la que se compone la asignatura.

Si el alumno ha suspendido la parte de teoría realizará el examen teórico  $n_{jt}$  y se obtendrá la nueva nota de teoría según la fórmula:

$$n_t = 0,8 \cdot n_{jt} + 0,1 \cdot n_i + 0,1 \cdot n_c$$

Si el alumno ha suspendido la parte de laboratorio, realizará el examen de laboratorio  $n_{jl}$  y la nueva nota de laboratorio se obtendrá según la fórmula:

$$n_{lab} = 0,8 \cdot n_{jl} + 0,2 \cdot n_p$$



Siendo  $n_p$  la nota de las prácticas realizadas a lo largo del curso.

La nota final de la convocatoria extraordinaria se obtendrá de la misma forma que la de la ordinaria, manteniéndose la nota de teoría o laboratorio de cualquier parte aprobada en la convocatoria ordinaria. Para aprobar la asignatura las notas  $n_t$  y  $n_{lab}$  deben ser superiores a 5. Si se cumple esta condición, La nota final de la asignatura se calcula como:

$$n_{final} = 0,6 \cdot n_t + 0,4 \cdot n_{lab}$$

En caso contrario la nota final será la menor de las dos notas  $n_t$  y  $n_{lab}$ .

## Condiciones de asistencia

La asistencia a clase es obligatoria, según las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Los requisitos de asistencia se aplicarán de forma independiente para las sesiones de teoría y de laboratorio:

En el caso de las sesiones de teoría, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria.

En el caso de las sesiones de laboratorio, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria y en la extraordinaria. En cualquier caso las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega
Lectura y estudio de los contenidos teóricos en el libro de texto	Después de cada clase	
Resolución de los problemas propuestos	Semanalmente	
Preparación de las pruebas que se realizarán durante las horas de clase	Semanas 6 y 10 (Semana 3 después de intercuatrimestral)	
Preparación de ejercicios y examen final	Semanalmente y abril, respectivamente	
Elaboración de los informes de laboratorio	Semanalmente	Semana siguiente a finalizar la práctica

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**GUÍA DOCENTE  
2019 - 2020**

## Bibliografía Básica

- Jose Daniel Muñoz Frías. **Introducción a los sistemas digitales. Un enfoque usando lenguajes de descripción de hardware.** (2011) (edición octubre 2017)

## Bibliografía Complementaria

- John F. Wakerly. **Digital Design: Principles and practices.** 4ª Edición. (Hay versión en español de la tercera edición). Prentice Hall. 2000.
- Thomas L. Floyd. **Fundamentos de sistemas digitales.** 9ª Edición. Pearson/ Prentice Hall. 2006.

En cumplimiento de la normativa vigente en materia de **protección de datos de carácter personal**, le informamos y recordamos que puede consultar los aspectos relativos a privacidad y protección de datos que ha aceptado en su matrícula entrando en esta web y pulsando "descargar"

<https://servicios.upcomillas.es/sedelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792>

## CRONOGRAMA Electrónica Digital (DEA-GITI-341). 3º GITI. Curso 2019/2020

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Inter	S8	S9	S10	S11	SS	S12	S13	S14
	13-1	20-1	27-1	3-2	10-2	17-2	24-2	2-3	9-3	16-3	23-3	30-3	6-4	13-4	20-4	27-4
<b>PROGRAMA DE TEORIA</b>																
Tema 1. Introducción a la Electrónica Digital																
Tema 2. Álgebra de Boole																
Tema 3. Sistemas de numeración																
Tema 4. Introducción al lenguaje VHDL																
Tema 5. Circuitos aritméticos																
Tema 6. Bloques combinacionales																
Tema 7. Circuitos secuenciales																
Tema 8. Temporización de circuitos digitales																
Tema 9. Máquinas de estados finitos																
Tema 10. Registros																
Tema 11. Contadores																
Tema 12. Diseño de sistemas complejos																
Tema 13. Introducción a las memorias																

Nota. El cronograma se da por semanas de clase. Cada semana se identifica por la fecha del lunes de dicha semana

Fechas clave teoría

En amarillo	Controles de clase
En naranja	Intercuatrimestrales
En azul	Festivos (Semana Santa)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Inter	S8	S9	S10	S11	SS	S12	S13	S14
	13-1	20-1	27-1	3-2	10-2	17-2	24-2	2-3	9-3	16-3	23-3	30-3	6-4	13-4	20-4	27-4
<b>PROGRAMA DE LABORATORIO</b>																
P1. Introducción a las puertas lógicas integradas y al osciloscopio digital																
P2. Introducción a la captura de esquemas y la compilación con Quartus II																
P3. Introducción a la simulación y a la implantación física con Quartus II																
P4. Circuitos combinacionales. Diseño con VHDL																
P5. Circuitos aritméticos. Sumador de 5 bits																
P6. Circuitos aritméticos. Multiplicador de 5 bits																
P7. Circuitos aritméticos. ALU de 5 bits																
P8. Introducción a los biestables																
P9. Cerradura electrónica																
P10. Control de aparcamiento																
P11. Temporizador para horno microondas																

Nota. El cronograma se da por sesión de laboratorio

Fechas clave laboratorio

En gris	Se da teoría en lugar de laboratorio
En naranja	Intercuatrimestrales
En azul	Festivos (Semana Santa)