



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2008/09

14072 - CIRCUITOS DIGITALES

**ASIGNATURA:** 14072 - CIRCUITOS DIGITALES

Vinculado a : (Titulación - Asignatura - Especialidad)

1100-Ingeniero de Telecomunicación - 14072-CIRCUITOS DIGITALES - P3

**CENTRO:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica

**TITULACIÓN:** Ingeniero de Telecomunicación

**DEPARTAMENTO:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**ÁREA:** Tecnología Electrónica

**PLAN:** 13 - Año 200 **ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Segundo curso **IMPARTIDA:** Primer semestre **TIPO:** Troncal

**CRÉDITOS:** 7,5

**TEÓRICOS:** 4,5

**PRÁCTICOS:** 3

## Información ECTS

Créditos ECTS: 6

Horas de trabajo del alumno: 150

Horas presenciales:

- Horas teóricas (HT): 45
- Horas prácticas (HP): 24
- Horas de clases tutorizadas (HCT):
- Horas de evaluación: 4
- otras:

Horas no presenciales:

- trabajos tutorizados (HTT): 21
- actividad independiente (HAI): 56

Idioma en que se imparte: Español

## Descriptor B.O.E.

Circuitos electrónicos digitales: Familias lógicas, subsistemas combinacionales y secuenciales. Interfaces analógico-digitales. Diseño y construcción de circuitos digitales.

## Temario

Bloque Temático I: Introducción

1) Introducción a la asignatura (1 hora)

- a) Introducción
- b) Señales analógicas y digitales
- c) Procesos digitales
- d) Convertidores A/D y D/A

2) Tipos de datos y representaciones (6 horas)

- a) Sistemas numéricos posicionales
- b) Números hexadecimales y octales
- c) Conversiones entre sistemas numéricos

- d) Suma y resta de números binarios
- e) Representación de números negativos
- f) Suma y resta en complemento a 2
- g) Multiplicación binaria
- h) División binaria
- i) Números en coma flotante
- j) Códigos binarios para números decimales
- k) Códigos de caracteres
- l) Códigos de detección y corrección de errores
- m) Códigos Hamming

## Bloque Temático II: Álgebra y técnicas de diseño lógico

- 3) Álgebra de Boole y diseño lógico (7 horas)
  - a) Propiedades algebraicas
  - b) Definición axiomática de álgebra booleana
  - c) Teoremas básicos del álgebra booleana
  - d) Funciones booleanas
  - e) Formas canónicas
  - f) Formas normalizadas
  - g) Otras operaciones lógicas
  - h) Puertas lógicas digitales
  - i) Ampliación a varias entradas y varios operadores
  - j) Implementaciones de puertas
  - k) Tecnología VLSI
- 4) Simplificación de funciones booleanas (6 horas)
  - a) Representación con mapas
  - b) Método de simplificación con mapas
  - c) Condiciones de indiferencia
  - d) Método de tabulación
  - e) Traslación a la tecnología de arrays de puertas
  - f) Traslación a la tecnología de bibliotecas específicas
  - g) Diseño libre de riesgos

## Bloque Temático III: Tipos de componentes

- 5) Componentes combinacionales (8 horas)
  - a) Sumadores con acarreo en cascada
  - b) Sumadores con acarreo anticipado
  - c) Sumadores/restadores
  - d) Unidad lógica
  - e) Unidad aritmético-lógica
  - f) Decodificadores
  - g) Selectores
  - h) Buses
  - i) Codificadores de prioridad
  - j) Comparadores de magnitud
  - k) Rotadores y desplazadores
  - l) Memorias de sólo lectura
  - m) Arrays de lógica programable
- 6) Elementos básicos de Lógica secuencial (3 horas)

- a) Latch SR
  - b) Latch SR sincronizado
  - c) Latch D sincronizado
  - d) Biestables
  - e) Tipos de biestables
- 7) Circuitos secuenciales (7 horas)
- a) Análisis lógico secuencial
  - b) Modelo de máquina de estados finitos
  - c) Síntesis de lógica secuencial
  - d) Reproducción del modelo FSM
  - e) Minimización de estados
  - f) Codificación de estados
  - g) Elección de los elementos de memoria
  - h) Optimización y temporización
- 8) Componentes de memorización (5 horas)
- a) Registros
  - b) Registros de desplazamiento
  - c) Contadores
  - d) Contador BCD
  - e) Contador asíncrono
  - f) Banco de registros
  - g) Memorias de acceso aleatorio
  - h) Pilas de inserción/extracción
  - i) Colas 'primero en entrar, primero en salir'

#### Bloque Temático IV: Elementos de interface

- 9) Convertidores de datos (2 horas)
- a) Interfaces entre el mundo digital y el analógico
  - b) Conversión Analógico/Digital y Digital/Analógica

### Requisitos Previos

Para alcanzar los objetivos de esta asignatura es altamente recomendable comprender algunas materias que se imparten en asignaturas del primer curso, y más específicamente de Álgebra Lineal y Tecnología y Componentes Electrónicos y Fotónicos.

### Objetivos

La finalidad fundamental de la asignatura Circuitos Digitales es enseñar las técnicas básicas para saber analizar y construir circuitos digitales elementales. La formación de esta asignatura es crucial para facilitar en asignaturas posteriores el estudio de diseños más complicados.

La finalidad fundamental de la asignatura Circuitos Digitales es enseñar las técnicas básicas para saber analizar y construir circuitos digitales elementales. La formación de esta asignatura es crucial para facilitar en asignaturas posteriores el estudio de diseños más complicados.

Esta finalidad se subdivide, a su vez, en los siguientes objetivos que se han identificado para esta asignatura:

1. Objetivos conceptuales
  - 1.1 Entender el sentido de la Electrónica Digital en el Plan de Estudios.

- 1.2 Conocer las unidades básicas de información con las que se opera en los Circuitos Digitales.
- 1.3 Conocer mecanismos sencillos con los que lograr mayor fiabilidad en el almacenamiento y transmisión de la información digital.
- 1.4 Conocer las operaciones más elementales utilizadas para el Diseño Digital y sus propiedades.
- 1.5 Conocer los elementos operativos de complejidad inmediatamente superior a los más elementales para el diseño de un Circuito Digital.
- 1.6 Conocer las unidades de almacenamiento de datos más elementales.
- 1.7 Conocer los fundamentos constructivos de algunos circuitos secuenciales básicos.
- 1.8 Conocer las nociones sobre interfaces de los circuitos digitales con el exterior.

## 2. Objetivos procedimentales

- 2.1 Construir funciones lógicas de forma eficiente y/o fiable.
- 2.2 Saber utilizar los elementos operativos de complejidad inmediatamente superior a los más elementales para construir funciones lógicas.
- 2.3 Saber analizar un circuito secuencial básico.
- 2.4 Saber construir un circuito secuencial básico de forma eficiente.

## 3 Objetivos actitudinales

- 3.1 Interpretar el esquema de un circuito digital básico y comprender su funcionamiento.
- 3.2 Tomar decisiones de diseño tomando en consideración determinados aspectos como retardo y consumo de potencia.

## Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo de la actividad docente incluye los siguientes tipos de actividades:

### \* Clases de teoría:

Actividad del profesor: Clases expositivas acompañadas de la realización de pequeños ejercicios utilizados como ejemplos. Para las exposiciones se empleará la proyección de presentaciones en formato electrónico y se empleará la pizarra para la resolución de los ejercicios.

Actividad del estudiante: actividad fundamentalmente presencial, con toma de apuntes y participación a iniciativa propia planteando dudas que le pueda surgir y respuesta ante cuestiones que se planteen. Resolución de los ejercicios propuestos durante el desarrollo de las clases.

Actividad no presencial: Consulta de bibliografía pertinente, preparación de apuntes, estudio de la materia y realización de los cuestionarios planteados en el Campus Virtual de la asignatura.

### \* Problemas:

Actividad del profesor: Exposición de los enunciados de los problemas propuestos, y elaboración de la solución con continuas preguntas a los estudiantes sobre la forma de completarla y posibles alternativas. Se utiliza básicamente la pizarra con proyecciones en formato electrónico para las figuras.

Actividad del estudiante:

Actividad presencial: Participación activa en la resolución de los problemas y en el análisis de los resultados.

Actividad no presencial: Realización de problemas planteados tanto en clase como a través del Campus Virtual.

### \* Tutorías:

Actividad del profesor: Resolución de dudas, asesoramiento y corrección de las tareas realizadas por los alumnos, principalmente las resoluciones de los problemas propuestos.

Actividad del estudiante:

Actividad presencial y no presencial (vía correo electrónico o Campus Virtual): planteamiento de dudas.

Prácticas de laboratorio:

Actividad del profesor: Asignar una práctica a cada grupo de trabajo y explicar la práctica

asignada a los grupos de trabajo al comienzo de la sesión de prácticas. Supervisar el trabajo de los grupos de trabajo en el laboratorio. Suministrar el guión de prácticas a completar en el laboratorio. Se utilizan el método expositivo tanto en tutorías como en el laboratorio con cada grupo de trabajo. Corrección de las prácticas realizadas.

Actividad del estudiante:

Actividad presencial: Montaje de circuitos que se indiquen de forma explícita en los guiones de prácticas o aquellos que resulten de los ejercicios que se planteen en estos guiones y toma de medidas. Los medios utilizados son circuitos integrados estándares adquiridos por los estudiantes, placa de protoboard también de los estudiantes, y equipos de instrumentación del laboratorio. Una vez se compruebe el funcionamiento de los montajes éstos se mostrarán al profesor para su evaluación.

Actividad no presencial: Tras finalizar cada práctica se entregará un breve informe con el montaje realizado y los resultados obtenidos.

## Criterios de Evaluación

La evaluación de esta asignatura se realiza en dos partes diferenciadas: teoría y prácticas. Para aprobar la asignatura es necesario superar las pruebas de ambas partes.

La evaluación de la parte teórica se realiza a través de una prueba única escrita que se realiza al final del cuatrimestre en la fecha, hora y lugar que establece la propia Escuela. Esta prueba escrita consta de varios ejercicios en los que se propone al alumno algunas cuestiones teóricas y algunos problemas. El porcentaje en la calificación de esta prueba que corresponde a cada ejercicio dependerá de la dificultad de cada uno de ellos, debiendo superar en todos y cada uno de los ejercicios el 30% de su calificación. En caso contrario se considerará este examen suspendido, y la calificación máxima de la asignatura de 4.

La evaluación de la parte práctica se realiza con el examen de los montajes realizados y el nivel de los resultados obtenidos. En caso de no haberse realizado estos montajes durante el desarrollo normal del curso se realizará un examen consistente en la realización de una práctica específica y preguntas sobre la misma en el laboratorio. Se considera imprescindible para aprobar la asignatura, contribuyendo al 10% de la calificación global y siendo de carácter liberatorio.

Nota global =  $0.9 \times \text{Nota Teoría} + 0.1 \times \text{Nota de Prácticas}$ , teniendo en cuenta las observaciones realizadas anteriormente.

En caso de no superarse alguna de las partes la calificación final será la que resulte de la menor entre esta fórmula anteriormente descrita y un 4.

## Descripción de las Prácticas

Las prácticas se realizarán en el Lab. de Electrónica Analógica del DIEA, que se encuentra en la tercera planta del Aulario de los Edificios de Telecomunicaciones.

Práctica 1: Entorno de trabajo (2 horas)

Para comenzar se realiza una práctica inicial cuya finalidad es familiarizar a los alumnos con el laboratorio y los aparatos de los que disponen en los puestos. Debido a que al realizar esta práctica la materia que se habrá impartido en la sección de teoría será mínima y de introducción, esta práctica deberá restringirse únicamente a refrescar cuestiones sencillas de cómo emplear estos aparatos, y comentar situaciones frecuentes que se encontrarán en el desarrollo de las demás prácticas, como la toma de medidas y colocación de algunos elementos y estructuras muy empleadas sobre la placa de prototipo.

## Práctica 2: Características físicas de las Puertas Lógicas (6 horas)

La segunda práctica realmente permite cubrir varios objetivos. Al ser la primera ocasión en la que los alumnos manejan elementos físicos con los que realizar operaciones de la Electrónica Digital, se les pide que realicen diversas medidas para que asimilen por completo la naturaleza analógica de las señales que intervienen en los circuitos físicos y el sentido de los métodos de la Electrónica Digital como una abstracción de la realidad de este tipo de sistemas. Más aún, los puntos principales con los que los estudiantes se quedan al realizar esta práctica son:

1. Saber interpretar una hoja de características de un módulo MSI
2. Reconocer los puntos de conexión en uno de estos módulos y estar en disposición de montar un circuito digital sencillo con ellos.
3. Alimentarlos apropiadamente y examinar e interpretar su funcionamiento.
4. Comprender la no idealidad de los circuitos digitales reales, tanto en el tipo de señales reales con que operan, resultados que producen, sus limitaciones y el funcionamiento no inmediato en sus respuestas.

Para este cometido se utiliza como referencia el IC SN7400, de la familia TTL. Con él se realizan diseños muy sencillos que tienen por finalidad la medida de algunas de las propiedades más representativas como las corrientes de entrada y salida  $I_{IH}$  e  $I_{IL}$ , las tensiones de entrada  $V_{IH}$  y  $V_{IL}$ , y las tensiones de salida  $V_{OH}$  y  $V_{OL}$ . Además, también se realiza una experiencia para visualizar la curva de transferencia asociada a un inversor, reconociendo sobre ella los niveles lógicos tanto de entrada como de salida y su relación con los datos obtenidos con los distintos circuitos de los apartados anteriores.

## Práctica 3: Diseño de circuitos combinacionales sencillos (6 horas)

En esta práctica el estudiante empezará por comprobar, realizando algunos montajes sencillos, las tablas de verdad de algunas puertas como las NAND y las NOR. Para ello se emplearán el SN7400 y el SN7404. Estas puertas resultarán especialmente importantes porque ocasionalmente serán las únicas disponibles (y en número limitado por determinar en cada caso) para construir cualquier función lógica.

Posteriormente se plantearán diversos ejercicios, donde además de los circuitos anteriores se necesitarán también el SN7402, con una fase primera de estudio y diseño y otra de comprobación física. Por un lado, se plantearán algunos problemas de cálculo combinacional que deberán resolverse haciendo uso de las puertas NAND y NOR anteriormente referidas, solicitándose determinadas funcionalidades. Los circuitos que se obtengan deberán construirse y verificar que su funcionalidad coincide con la solicitada.

En otro ejercicio similar se deberá extraer la funcionalidad de un circuito de referencia dado y realizar los estudios de simplificación necesarios para sustituirlo por otro circuito de igual funcionalidad. Este circuito deberá finalmente montarse y verificarse, y comprobar los resultados con los obtenidos de forma teórica.

## Práctica 4: Diseño y utilización de componentes combinacionales (8 horas)

Esta práctica se destinará a dar un pequeño salto en la concepción de un circuito digital con respecto a las técnicas básicas basadas en puertas. Son los elementos utilizados en esta práctica los que algunos autores conocen por componentes combinacionales y que tradicionalmente se asocian a los módulos MSI. Para realizar esta práctica se trabajará con, además de los integrados empleados en prácticas anteriores, el SN7447 (decodificador BCD-siete segmentos), el SN7486 (puertas XOR), el SN7483 (sumador completo de 4 bits), el SN7485 (comparador de 4 bits) y el

SN74157 (multiplexores).

Se comenzará por plantear y comprobar el diseño de bloques sencillos como un decodificador y un multiplexor, planteando de forma teórica algunas alternativas y escogiendo finalmente alguna que sirva de referencia para completar un diseño factible con las puertas NAND, NOR e inversores que se determinen. Por lo tanto el alumno no sólo deberá responder a las preguntas básicas de qué funcionalidad se busca sino también cómo lograrlo de lo que se dispone. Se deberá, naturalmente, realizar el montaje de los diseños y verificarlos.

Posteriormente, en esta práctica se planteará la construcción de dos circuitos combinacionales donde se requerirán operaciones aritméticas. Para construir estos circuitos se utilizarán componentes combinaciones MSI predefinidos como sumadores, comparadores, decodificadores de BCD a 7 segmentos y otros. Estos circuitos serán bastante más complejos que los vistos hasta este momento y necesitarán de técnicas de análisis distintas de las vistas anteriormente.

Para realizar cada ejercicio se propondrá un diseño que se deberá considerar como modelo de referencia que en absoluto tendrá por qué corresponder al construido. Por ello estará especificado en forma de diagrama estructural sin alcanzar un nivel de detalle demasiado bajo. De esta forma, algunas decisiones de diseño se dejarán al albedrío de los alumnos para que éstos utilicen, según su criterio, parte de lo aprendido al afrontar o modificar un diseño.

Con este tipo de práctica los estudiantes deben combinar formas de pensar al analizar un circuito de este tipo, sobre todo al coexistir puertas sueltas y elementos combinacionales complejos. Además, si se diseñan de forma adecuada los ejercicios, se puede acostumbrar al estudiante a que sepa definir o identificar las fronteras entre lo que debe manejar con las reglas del álgebra de Boole y lo que debe tratar con un nivel de abstracción algo superior donde esas reglas poco pueden ayudar y se debe recurrir a otra forma de entender el diseño con una mejor visión y comprensión del conjunto.

#### Práctica 5: Diseño de circuitos secuenciales (8 horas)

El objeto principal de esta práctica es la de familiarizar al estudiante con los distintos aspectos que conlleva el diseño lógico secuencial. Los integrados que se emplearán en esta práctica serán, además de los que contienen puertas sencillas como el SN7400, el SN7402 y el SN7404 conocidos por prácticas anteriores, el SN7473, que contienen biestables de tipo JK.

Para ello se comienza construyendo las básculas básicas RS NAND y NOR y comprobando su funcionamiento. Posteriormente se plantea la elaboración de un latch algo más complejo, como puede ser un JK con una señal de activación. Con estos apartados se comprueba parte de lo aprendido en la parte de teoría.

Después se prosigue con el análisis de un circuito secuencial, para lo cual se deberá emplear lo aprendido en la parte de teoría y además deberá montarse dicho circuito y ponerlo en funcionamiento. El alumno deberá comprobar que los resultados obtenidos corresponden con los que obtenga de forma teórica.

Por último, se requerirá la construcción de un circuito secuencial que responderá a una máquina de estados finitos. Para ello simplemente se establecerá una especificación de su funcionalidad y se les deja a los alumnos la elaboración de todos los pasos de su diseño. Esta máquina secuencial podrá consistir de un simple contador síncrono. Los alumnos deberán diseñarlo, construirlo y comprobar que su funcionamiento corresponde a lo solicitado.

Este último apartado es realmente con el que se culmina la parte práctica de la asignatura y quizá

resulte de las más gratificantes para el alumno. En él se deben utilizar diversos conocimientos de distintas secciones de la asignatura y además, en caso de funcionar el circuito final, eso puede servir de referencia al alumno para pensar que no sólo ha elaborado cada una de las fases individuales del diseño de forma correcta (salvo casos muy puntuales que quedarían por comprobar) sino además integrarlas todas para la consecución de un diseño con la funcionalidad que se desee.

## Bibliografía

### [1 Básico] Principios de diseño digital /

*Daniel D. Gajski.*

*Prentice Hall,, MadridMadrid : (1997)*

8483220040

### [2 Básico] Fundamentos de sistemas digitales.

*Floyd, Thomas L.*

*Prentice Hall,, MadridMadrid : (1997) - (6ª ed.)*

8489660212

### [3 Recomendado] Fundamentos de diseño lógico y de computadoras /

*M. Morris Mano ; Charles R. Kime.*

*Pearson Prentice-Hall,, Madrid [etc.] : (2005) - (3ª ed.)*

84-205-4399-3

## Organización Docente de la Asignatura

Contenidos	Horas					Competencias y Objetivos
	HT	HP	HCT	HTT	HAI	
Introducción a la Asignatura	1				1	1.1
Tipos de Datos y Representaciones	6				7	1.2, 1.3
Álgebra de Boole y Diseño Lógico	7	4			8	1.4, 3.2
Simplificación de funciones booleanas	6	4		6	10	2.1
Componentes Combinacionales	8	4		3	8	1.5, 2.2, 3.1, 3.2
Elementos Básicos de Lógica Secuencial	3	4			4	1.6

Contenidos	Horas					Competencias y Objetivos
	HT	HP	HCT	HTT	HAI	
Circuitos Secuenciales	7	6		5	12	1.7, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2
Convertidores de Datos	2					1.8

## Equipo Docente

### TOMÁS BAUTISTA DELGADO

(COORDINADOR)

**Categoría:** TITULAR DE UNIVERSIDAD

**Departamento:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**Teléfono:** 928451275 **Correo Electrónico:** tomas.bautista@ulpgc.es

**WEB Personal:** <http://www.iuma.ulpgc.es/users/bautista/>

### PEDRO HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

**Categoría:** PROFESOR COLABORADOR

**Departamento:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**Teléfono:** 928457326 **Correo Electrónico:** pedro.hdezfdz@ulpgc.es

**WEB Personal:** <http://www.diea.ulpgc.es/users/pedroh/index.html>

## Resumen en Inglés

Circuitos Digitales (Digital Circuits) is a subject targeted to teaching the basic techniques for analysing and building simple Digital Circuits. It establishes also the basis to ease the study of more complex designs to be faced in other subjects.

The subject starts trying to make that students become used to the reasoning and methods that are exclusive to Digital Electronics. For achieving this, the subject initially leans on the notions about Boolean Algebra and Coding Theory that are given in Álgebra Lineal (Linear Algebra), to explain the basic elements that are used in the design of the two kind of digital circuits: first the combinational ones, and once a representative enough vision of these is acquired, the sequential ones.

Besides of this, in order to get a material vision of this kind of circuits, a first insight into the physical realization of small fundamental digital circuits is done in the lab. This way, students do not become isolated into the digital theory but they become aware of the material and electronic side of this kind of designs.