



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas  
de Telecomunicación

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**595300020 - Microprocesadores**

### PLAN DE ESTUDIOS

59ET - Doble Grado En Ing.Electronica De Comunicaciones Y En Ing.Telematica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595300020 - Microprocesadores
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre Cuarto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	59ET - Doble Grado en Ing.electronica de Comunicaciones y en Ing.telematica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieria Y Sistemas De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Manuel Cesar Rodriguez Lacruz (Coordinador/a)	A4213	mcesar.rlacruz@upm.es	Sin horario.
Guillermo Azuara De Pablo	A4206	g.azuara@upm.es	Sin horario.
Jaime Sancho Aragon	A4207	jaime.sancho@upm.es	Sin horario.

Pedro Cobos Arribas	A4210	pedro.cobos@upm.es	Sin horario.
Miguel Chavarrias Lapastora	A4204	miguel.chavarrias@upm.es	Sin horario.
Julian Nieto Valhondo	A4203	julian.nieto.valhondo@upm.es	Sin horario.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Electronica I
- Electronica li
- Programacion I
- Programacion li

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Comprender los subsistemas combinacionales y secuenciales y aplicar sus técnicas de análisis y síntesis
- Sintetizar circuitos de polarización de diodos y transistores
- Aplicar las herramientas básicas de compilación y depuración de programas en lenguaje C
- Comprender la teoría de autómatas finitos y aplicar los diagramas de estados (Moore y Mealy)
- Codificar programas en lenguaje C
- Aplicar de forma muy solvente los sistemas de numeración binario y hexadecimal

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE B2 - Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

CE TEL10 - Capacidad de análisis y diseño de circuitos combinacionales y secuenciales, síncronos y asíncronos, y de utilización de microprocesadores y circuitos integrados.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 03 - Capacidad para expresarse correctamente de forma oral y escrita y transmitir información mediante documentos y exposiciones en público.

CG 04 - Capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis y de resolución de problemas.

CG 11 - Habilidades para la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA431 - Conocer los principios de funcionamiento de algunos periféricos básicos. Puerto serie, puerto paralelo, temporizadores, etc.

RA429 - Comprender la funcionalidad e interfaz de los subsistemas combinacionales, secuenciales y memorias.

RA433 - Comprender los principios de funcionamiento de un microprocesador, los elementos básicos que conforman su arquitectura, y los circuitos digitales que integran un sistema basado en microprocesador.

RA428 - Emplear los periféricos de un microprocesador para desarrollar aplicaciones que den solución a problemas de mediana complejidad.

RA430 - Comprender las distintas técnicas de entrada/salida para el intercambio de datos entre un sistema basado en microprocesador y otros sistemas.

RA426 - Realizar programas sencillos en lenguaje ensamblador y en lenguaje de alto nivel para un microprocesador comercial.

RA432 - Conocer la arquitectura, características y funcionamiento de un microprocesador comercial.

RA427 - Diseñar la lógica necesaria para conectar la memoria y los periféricos de entrada/salida en un sistema digital basado en microprocesador, respetando la temporización establecida en sus ciclos de máquina.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura esta basada en un microprocesador de 32 Bits (ARM Cortex-M). Está enfocada al diseño de aplicaciones con microprocesador y con un enfoque eminentemente práctico, donde el alumno desarrolla durante el curso el diseño de un sistema basado en microprocesador. Se utiliza este diseño para ir introduciendo los diferentes conceptos teóricos necesarios para el desarrollo de este tipo de aplicaciones.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Memorias semiconductoras
  - 1.1. Bancos de registros
  - 1.2. Memorias semiconductoras
    - 1.2.1. Clasificación
    - 1.2.2. Características
    - 1.2.3. Parámetros
  - 1.3. Mapas de memoria
2. Microprocesadores
  - 2.1. Concepto de algoritmo
  - 2.2. Sistemas secuenciales con memoria. Definición de microprocesador
  - 2.3. Elementos Internos de un microprocesador (Pila, ALU, Registros...)
  - 2.4. Arquitectura de tres buses
  - 2.5. Ejemplos de codificación de instrucciones
  - 2.6. Evolución de los microprocesadores
  - 2.7. Modelo de programación y set de instrucciones
  - 2.8. Pila
  - 2.9. Características de las arquitecturas
  - 2.10. Entorno de programación para sistemas empotrados

### 3. Procesador ARM Cortex-M0

#### 3.1. Historia de ARM

#### 3.2. Arquitectura ARM Cortex-M0

##### 3.2.1. Características principales de la arquitectura

##### 3.2.2. Organización de memoria

##### 3.2.3. Modelo de programación

##### 3.2.4. Set de instrucciones

##### 3.2.5. Reset del procesador

##### 3.2.6. Procedure Call Standard for the ARM Architecture (AAPCS)

#### 3.3. Microcontroladores basados en arquitecturas ARM Cortex-M

##### 3.3.1. STM ST32L432KC

### 4. Técnicas de I/O e interrupciones

#### 4.1. Entrada/Salida

#### 4.2. GPIO

#### 4.3. Interrupciones

##### 4.3.1. Polling e interrupciones

##### 4.3.2. Esquemas hardware para la gestión de interrupciones

##### 4.3.3. Conceptos de enmascaramiento, vector, prioridad, latencia, anidamiento, excepción

##### 4.3.4. Sleep

##### 4.3.5. Particularización para la arquitectura Cortex-M0

#### 4.4. Temporizadores

#### 4.5. PWM

#### 4.6. ADC y DAC

#### 4.7. Sistemas controlados por eventos

##### 4.7.1. Concepto de sistema reactivo y de evento

##### 4.7.2. Máquinas de estados finitos controladas por eventos

###### 4.7.2.1. Eventos y mensajes

###### 4.7.2.2. Estados y variables extendidas, guardas

###### 4.7.2.3. Codificación en C

#### 4.7.2.4. Ejemplo de aplicación completa

### 4.8. Comunicaciones serie asíncronas

#### 4.8.1. Concepto

#### 4.8.2. Parámetros y variantes

#### 4.8.3. Interfaz físico

#### 4.8.4. UART y transceiver

#### 4.8.5. Programación

### 5. Laboratorio

#### 5.1. Práctica de entorno de desarrollo, entrada/salida básica, lenguaje de ensamblaje y AAPCS

#### 5.2. Práctica de temporizadores, interrupciones y entrada/salida analógica

#### 5.3. Práctica de autómatas controlados por eventos

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Presentación asignatura (S1)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Memorias semiconductoras (S1/2)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Microprocesadores. Algoritmo, sistemas secuenciales más memoria, elementos de un microprocesador (S2)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Microprocesadores. Arquitectura de tres buses, codificación de instrucciones, evolución, modelo de programación y set de instrucciones, pila, características de las arquitecturas (S3)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Microprocesadores. Características de las arquitecturas, entorno de programación para sistemas empujados (S4)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>Ejercicios (S5)</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Procesador ARM Cortex-M0. Historia de ARM, arquitectura ARM Cortex-M0 (S6)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Procesador ARM Cortex-M0. Reset del procesador, AAPCS (S7)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Procesador ARM Cortex-M0. AAPCS, microcontroladores basados en ARM Cortex-M0 (S8)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

5	<p><b>Procesador ARM Cortex-M0. Ejercicios de lenguaje de ensamble (S9)</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Entrada/salida, GPIO (S9)</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Interrupciones (S10)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6	<p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Temporizadores, PWM, ADC y DAC (S11)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P1.- Interfaces básicas de I/O, gestión de eventos, lenguaje de ensamble y AAPCS</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P1S1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p>
7	<p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Máquinas de estados finitos controladas por eventos (I) (S12)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P1.- Interfaces básicas de I/O, gestión de eventos, lenguaje de ensamble y AAPCS</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P1S2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p>
8	<p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Máquinas de estados finitos controladas por eventos (y II) (S13)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P2.- Interrupciones, temporizadores y I/O analógica</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P2S1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p>
9	<p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Codificación en C, ejemplo de aplicación completa (S14)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P2.- Interrupciones, temporizadores y I/O analógica</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P2S2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p>
10	<p><b>Técnicas de I/O e interrupciones. Comunicaciones serie asíncronas (S15)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>P3.- Autómatas controlados por eventos</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P3S1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p>
11	<p><b>Ejercicios (S16)</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>P3.- Autómatas controlados por eventos</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P3S2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p> <p><b>Examen Laboratorio (L1)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:50</p>
12	<p><b>Ejercicios (S17)</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>P3.- Autómatas controlados por eventos</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Examen de laboratorio P3S3</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03</p>

13	<b>Ejercicios (S18)</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>P3.- Autómatas controlados por eventos</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Examen de laboratorio P3S4</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:03
14				
15				
16				
17				<b>Examen Laboratorio (L2)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:20  <b>Examen de teoría (T)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:50

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Examen de laboratorio P1S1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
7	Examen de laboratorio P1S2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
8	Examen de laboratorio P2S1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
9	Examen de laboratorio P2S2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
10	Examen de laboratorio P3S1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
11	Examen de laboratorio P3S2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
11	Examen Laboratorio (L1)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:50	14%	/ 10	CG 02 CG 04 CG 11 CE B2 CE TEL10
12	Examen de laboratorio P3S3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10

13	Examen de laboratorio P3S4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:03	1%	/ 10	CE B2 CE TEL10
17	Examen Laboratorio (L2)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:20	28%	/ 10	CG 04 CG 11 CG 02 CE B2 CE TEL10
17	Examen de teoría (T)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:50	50%	4.5 / 10	CG 03 CG 04 CE TEL10

### 7.1.2. Prueba evaluación global

No se ha definido la evaluación sólo por prueba final.

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:50	50%	4.5 / 10	CE TEL10 CG 03 CG 04
Examen de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:20	50%	5 / 10	CG 02 CG 04 CG 11 CE B2 CE TEL10

## 7.2. Criterios de evaluación

### Convocatoria ordinaria

La asignatura se califica mediante 11 pruebas repartidas a lo largo del semestre: ocho de ellas (denominadas S1 a S8) en coincidencia con cada una de las sesiones presenciales de laboratorio; una de ellas (denominada L1) tras la finalización de la práctica 2; las otras dos (L2 y T) al terminar el periodo de docencia, en la fecha asignada por la SOA. A su vez, la calificación de este examen se divide en dos partes: laboratorio y teoría.

#### Calificación del laboratorio

La calificación del laboratorio L se obtendrá a partir de: las calificaciones S1 a S8 de los exámenes de cada sesión presencial de laboratorio; de la calificación del examen L1; y de la calificación del examen L2. El cálculo de la nota L del laboratorio será  $L = 0.02 \cdot (S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8) + 0.28 \cdot L1 + 0.56 \cdot L2$ . Si se obtiene una calificación L igual o mayor al 50 %, se guardará el aprobado en el laboratorio para otras convocatorias de forma indefinida.

#### Calificación de teoría

La calificación de teoría T será la del examen de teoría. Si se obtiene una calificación T igual o mayor al 50 %, se guardará el aprobado en la teoría para otras convocatorias de forma indefinida.

#### Calificación de la asignatura

Si L es igual o mayor al 50 % y T es igual o mayor al 45 %, entonces la calificación final de la asignatura F será  $F = (L + T)/2$ , en caso contrario será  $F = \min(45 \%, (L + T)/2)$ . Es decir, para poder superar la asignatura es necesario que ambas L y T igualen o superen sus respectivos umbrales de 50 % y 45 %, en caso contrario la calificación de la asignatura no puede superar el 45 %.

### Convocatoria extraordinaria

#### Calificación del laboratorio

La calificación del laboratorio L será la del examen extraordinario de laboratorio. Si se obtiene una calificación L igual o mayor al 50 %, se guardará el aprobado en el laboratorio para otras convocatorias de forma indefinida.

### Calificación de teoría

La calificación de teoría T será la del examen extraordinario de teoría. Si se obtiene una calificación T igual o mayor al 50 %, se guardará el aprobado en la teoría para otras convocatorias de forma indefinida.

### Calificación de la asignatura

Si L es igual o mayor al 50 % y T es igual o mayor al 45 %, entonces la calificación final de la asignatura F será  $F = (L + T)/2$ , en caso contrario será  $F = \min(45 \%, (L + T)/2)$ . Es decir, para poder superar la asignatura es necesario que ambas L y T iguallen o superen sus respectivos umbrales de 50 % y 45 %, en caso contrario la calificación de la asignatura no puede superar el 45 %.

### Otras consideraciones

Con el fin de planificar adecuadamente los exámenes, minimizando los recursos humanos, materiales y energéticos necesarios para su celebración, se podrán realizar encuestas a través de la plataforma Moodle de la asignatura recabando información sobre la asistencia a los mismos de los estudiantes. Estas encuestas se llevarán a cabo dentro del periodo de 2 semanas previo a la celebración del examen.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Ordenador Personal	Equipamiento	Con S.O. Windows
Entorno de desarrollo	Equipamiento	Entorno Keil uVision 5 para la familia ARM.
Moodle	Recursos web	El alumno dispondrá de las diapositivas, guiones de las prácticas y enunciados de exámenes de anteriores convocatorias.
Información técnica de los procesadores ARM Cortex-M0	Bibliografía	Información proporcionada por el fabricante del procesador

The definitive guide to the ARM Cortex-M0 and Cortex-M0+ processors	Bibliografía	Libro que describe el procesador y presenta ejercicios de aplicación
Fast and effective embedded systems design. Applying the ARM mbed.	Bibliografía	Para el seguimiento de la teoría y prácticas con plataforma mbed.
Embedded C Coding Standard	Bibliografía	Guía de estilo para la programación en C de sistemas empotrados
Placa de desarrollo STM Nucleo-L432kc	Equipamiento	Y material de prototipado para el laboratorio, incluyendo un par de displays de 7 segmentos de cátodo común, 3 LED, 3 pulsadores, 2 transistores y una LDR, además de algunas resistencias

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### Profesorado

Aún no se conocen los nombres de todos los docentes que impartirán la asignatura, dado que en algunos casos se está pendiente de su contratación.

#### Otras consideraciones

Debido a la especial naturaleza de los exámenes de laboratorio, no se publicarán sus soluciones.

No se permite la toma de fotografías, vídeos ni grabaciones de sonido durante las actividades presenciales.

La asignatura se relaciona con el ODS7 y el ODS9.

### **Renuncia de responsabilidad.**

La información contenida en esta guía es susceptible de modificación debido a erratas, omisiones, incidencias no previstas ocurridas durante el curso académico o si el correcto desarrollo de la asignatura así lo requiere.