



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

**595000220 - Microprocesadores**

### PLAN DE ESTUDIOS

59TL - Grado En Ingeniería Telemática

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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
10. Adendas.....	16

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595000220 - 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>	59TL - Grado en Ingeniería Telemática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicación
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Eduardo Juarez Martinez		eduardo.juarez@upm.es	Sin horario.
Miguel Chavarrias Lapastora		miguel.chavarrias@upm.es	Sin horario.
Manuel Cesar Rodriguez Lacruz (Coordinador/a)		mcesar.rlacruz@upm.es	Sin horario.
Ruben Fraile Muñoz		r.fraile@upm.es	Sin horario.

Pedro Cobos Arribas		pedro.cobos@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 Ii
- Programacion Ii
- Programacion I

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

- Comprender la teoría de autómatas finitos y aplicar los diagramas de estados (Moore y Mealy)
- Codificar programas en lenguaje C
- 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
- 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

RA81 - 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.

RA82 - Comprender las distintas técnicas de entrada/salida para el intercambio de datos entre un sistema basado en microprocesador y otros sistemas.

RA73 - Comprender la funcionalidad e interfaz de los subsistemas combinacionales, secuenciales y memorias

RA80 - Realizar programas sencillos en lenguaje ensamblador y en lenguaje de alto nivel para un microprocesador comercial.

RA83 - Conocer los principios de funcionamiento de algunos periféricos básicos. Puerto serie, puerto paralelo, temporizadores, etc.

RA84 - Emplear los periféricos de un microprocesador para desarrollar aplicaciones que den solución a problemas de mediana complejidad.

RA79 - Conocer la arquitectura, características y funcionamiento de un microprocesador comercial

## 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. NXP LPC1768

#### 3.3.2. 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 Entrada/Salida, lenguaje de ensamblaje y APCS

#### 5.2. Práctica de Temporizadores e interrupciones

#### 5.3. Diseño de aplicación de mediana complejidad



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial 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>		
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>		
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>		
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>		
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 Laboratorio (L1)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:50</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>		
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>		
13	<p><b>Ejercicios (S18)</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>		
14				
15				

16				
17				<b>Examen Laboratorio (L2)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:50  <b>Examen Laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:20  <b>Examen de teoría</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:20

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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
10	Examen Laboratorio (L1)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:50	17%	0 / 10	CE B2 CE TEL10 CG 04 CG 11 CG 02
17	Examen Laboratorio (L2)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:50	33%	0 / 10	CG 04 CG 11 CG 02 CE B2 CE TEL10
17	Examen de teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:20	50%	5 / 10	CG 03 CG 04 CE TEL10

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

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

#### 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	02:20	50%	5 / 10	CE TEL10 CG 03 CG 04
Examen de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:20	50%	5 / 10	CE B2 CE TEL10 CG 04 CG 11 CG 02

## 7.2. Criterios de evaluación

### Convocatoria ordinaria

#### Evaluación continua

#### Calificación del laboratorio

La calificación del laboratorio L será  $L = 0.33 \cdot L1 + 0.67 \cdot L2$ , siendo L1 y L2 las calificaciones de los dos exámenes 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 la teoría

La calificación de teoría T será directamente la calificación 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 ambas L y T son iguales o mayores al 45 %, entonces la calificación final de la asignatura F será  $F = 0.5 \cdot L +$

0.5·T. En caso contrario será  $F = \min(45 \%, 0.5 \cdot L + 0.5 \cdot T)$ .

## Evaluación mediante solo prueba final

Los estudiantes que deseen acogerse a este tipo de evaluación lo deberán solicitar por escrito al coordinador de la asignatura en el plazo de 3 semanas desde el comienzo del semestre.

L y T serán respectivamente las calificaciones obtenidas en el examen de laboratorio (solo existe un examen de laboratorio en este caso) y en el examen de teoría. Cualquiera de ellas que sea igual o superior al 50 % se guardará para otras convocatorias de forma indefinida. El examen de teoría será el mismo que para los estudiantes de evaluación continua, no así el de laboratorio.

Si ambas L y T son iguales o mayores al 45 %, entonces la calificación final de la asignatura F será  $F = 0.5 \cdot L + 0.5 \cdot T$ . En caso contrario será  $F = \min(45 \%, 0.5 \cdot L + 0.5 \cdot T)$ .

## Convocatoria extraordinaria

### Calificación del laboratorio

La calificación del laboratorio L será directamente la calificación del examen 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 la teoría

La calificación de teoría T será directamente la calificación 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 ambas L y T son iguales o mayores al 45 %, entonces la calificación final de la asignatura F será  $F = 0.5 \cdot L + 0.5 \cdot T$ . En caso contrario será  $F = \min(45 \%, 0.5 \cdot L + 0.5 \cdot T)$ .

## Imponderables

El anterior esquema de calificación podría sufrir modificaciones si por causas de fuerza mayor no fuese posible la realización de alguna o algunas de las pruebas de evaluación. Igualmente, algunas pruebas de evaluación, incluso las sesiones presenciales en el laboratorio, podrían modificar su presencialidad por los mismos motivos.

## Soluciones de los exámenes de laboratorio

Las soluciones de los exámenes de laboratorio, por su especial naturaleza, no se publicarán.

### 8. Recursos didácticos

---

#### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Ordenador Personal (S.O. Windows)	Equipamiento	
Entorno de desarrollo	Equipamiento	Entorno Keil uVision 5 para la familia ARM.
Moodle	Recursos web	El alumno dispondrá de los apuntes, transparencias, 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

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Debido al cambio de microprocesador realizado en el curso 15/16, se recomienda a los alumnos que hayan cursado la asignatura con anteriormente vuelvan a cursarla en su totalidad (teoría y laboratorio)

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

#### Información sobre actuaciones en caso de copia o plagio

Ante la comprobación fehaciente de copia en una prueba de evaluación, ésta se calificará con la puntuación de cero al estudiante o estudiantes implicados. Si la comprobación se produce durante el desarrollo de la prueba, ésta se podrá interrumpir inmediatamente para el estudiante o estudiantes implicados. Son pruebas de evaluación: los exámenes de laboratorio y el examen de teoría.

El Tribunal de la asignatura o el Director del Departamento podrán elevar al Rector los hechos para que puedan tomarse, en su caso, las medidas disciplinarias correspondientes. (A.12).

Los derechos y deberes de los estudiantes universitarios están desarrollados en el Estatuto del Estudiante Universitario (RD 1791/2010 de 30 de diciembre) y en el artículo 13 del referido estatuto en el punto d) especifica que es deber del estudiante universitario "abstenerse de la utilización o cooperación en procedimientos fraudulentos en las pruebas de evaluación, en los trabajos que se realicen o en documentos oficiales de la



universidad".

### **Uso de dispositivos de comunicaciones**

Está prohibido el uso de cualquier dispositivo de comunicación tanto en las clases de teoría, como en las de laboratorio, como en las pruebas o exámenes de la asignatura, a no ser que el profesor encargado indique, explícitamente, lo contrario.

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

### **Renuncia de responsabilidad.**

La información contenida en esta guía es orientativa y por tanto 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.

## 10. Adendas

---

- Los puntos 6.1 y 7.1 de la guía se modifican alterando la duración de algunas pruebas de evaluación, que pasan a ser: \* examen de laboratorio L2, pasa de 50 a 80 minutos; \* examen final de laboratorio para el mecanismo de evaluación mediante solo prueba final, pasa de 80 a 130 minutos; \* los exámenes de laboratorio L1 y extraordinario mantienen sus duraciones (50 y 80 minutos respectivamente); \* exámenes de teoría (todos), pasan de 140 a 110 minutos.