



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

595000320 - Microprocesadores

PLAN DE ESTUDIOS

59SC - Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicación

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer 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.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	595000320 - Microprocesadores
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre Cuarto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación
Centro responsable de la titulación	59 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicación
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Manuel Cesar Rodriguez Lacruz	A4213	mcesar.rlacruz@upm.es	Sin horario.
Miguel Chavarrias Lapastora (Coordinador/a)	A4204	miguel.chavarrias@upm.es	Sin horario.
Fernando Pescador Del Oso	A4211	fernando.pescador@upm.es	Sin horario.

Pedro Cobos Arribas	A4210	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

- Programacion I
- Electronica I
- Programacion Ii
- Electronica Ii

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

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

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

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

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

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

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

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.

RA78 - 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.

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 empujados

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

5	Procesador ARM Cortex-M0. Ejercicios de lenguaje de ensamble (S9) Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas Técnicas de I/O e interrupciones. Entrada/salida, GPIO (S9) Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Técnicas de I/O e interrupciones. Interrupciones (S10) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Técnicas de I/O e interrupciones. Temporizadores, PWM, ADC y DAC (S11) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	P1.- Interfaces básicas de I/O, gestión de eventos, lenguaje de ensamble y AAPCS Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P1S1 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P1S1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03
7	Técnicas de I/O e interrupciones. Máquinas de estados finitos controladas por eventos (I) (S12) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	P1.- Interfaces básicas de I/O, gestión de eventos, lenguaje de ensamble y AAPCS Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P1S2 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P1S2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03
8	Técnicas de I/O e interrupciones. Máquinas de estados finitos controladas por eventos (y II) (S13) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	P2.- Interrupciones, temporizadores y I/O analógica Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P2S1 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P2S1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03
9	Técnicas de I/O e interrupciones. Codificación en C, ejemplo de aplicación completa (S14) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	P2.- Interrupciones, temporizadores y I/O analógica Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P2S2 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P2S2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03
10	Técnicas de I/O e interrupciones. Comunicaciones serie asíncronas (S15) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	P3.- Autómatas controlados por eventos Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P3S1 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P3S1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03

		Evaluación		
11	Ejercicios (S16) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	P3.- Autómatas controlados por eventos Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P3S2 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Examen de laboratorio L1 Duración: 00:50 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P3S2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03 Examen Laboratorio (L1) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:50
12	Ejercicios (S17) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	P3.- Autómatas controlados por eventos Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P3S3 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P3S3 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03
13	Ejercicios (S18) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	P3.- Autómatas controlados por eventos Duración: 01:57 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Examen de laboratorio P3S4 Duración: 00:03 OT: Otras actividades formativas / Evaluación		Examen de laboratorio P3S4 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:03
14				
15				
16				
17				Examen Laboratorio (L2) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:20 Examen de teoría (T) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva 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.

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	CE B2 CE TEL10 CG 02 CG 04 CG 11
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	CE B2 CE TEL10 CG 02 CG 04 CG 11
17	Examen de teoría (T)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:50	50%	4.5 / 10	CE TEL10 CG 03 CG 04

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	CE B2 CE TEL10 CG 02 CG 04 CG 11

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 igualen 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 empuados
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
escritorioUPM	Otros	 escritorioUPM proporciona acceso remoto a escritorios virtuales con distintos sistemas operativos y conjuntos de aplicaciones necesarias para la realización de prácticas a través de la URL https://escritorio.upm.es .

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

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.

Las fechas de los distintos exámenes de la asignatura dependen de la organización del Plan Semestral de Evaluación, coordinada por la SOA, y aparecen publicadas en el Plan Anual Docente de la Escuela. Ante cualquier discrepancia que pudiera surgir entre la información publicada en esta guía y la publicada en el plan Anual Docente, deberá atenderse a lo publicado en este último ya que en él se hacen las actualizaciones oportunas.

Se está llevando a cabo el despliegue del servicio de acceso a escritorios virtuales de la UPM «escritorioUPM». Se espera que mediante este servicio los estudiantes tengan acceso virtual y remoto a todas las aplicaciones que necesiten para el desarrollo de las asignaturas. En lo que respecta a Microprocesadores, el acceso a través de este servicio a Keil uVision supondrá un recurso adicional positivo. Se espera incorporar paulatinamente el uso de este servicio en la asignatura, siempre en función del grado de disponibilidad del mismo.

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.