



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000065 - Ingeniería De Sistemas Electronicos

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingeniería De Tecnologías Y Servicios De Telecomunicacion

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.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000065 - Ingenieria de Sistemas Electronicos
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Octavo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Patricia Arroba Garcia (Coordinador/a)	C-201.B	p.arroba@upm.es	M - 09:00 - 10:00 (Preferente)
Jose Manuel Moya Fernandez	B-104.1B	jm.moya@upm.es	M - 09:00 - 10:00 M - 13:00 - 15:00 J - 13:00 - 16:00 Preferente: M 9:00-10:00.

* 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

- Arquitectura De Procesadores
- Sistemas Digitales I
- Sistemas Digitales Ii
- Programacion

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Electrónica digital básica
- Lenguaje de programación C
- Programación en entorno Linux

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE-SE3 - Capacidad de realizar la especificación, implementación, documentación y puesta a punto de equipos y sistemas, electrónicos, de instrumentación y de control, considerando tanto los aspectos técnicos como las normativas reguladoras correspondientes

CE-SE4 - Capacidad para aplicar la electrónica como tecnología de soporte en otros campos y actividades, y no sólo en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

4.2. Resultados del aprendizaje

RA70 - Conocimientos de dispositivos, circuitos, equipos y sistemas electrónicos.

RA337 - Conocimiento sobre modelos de computación, y sobre sistemas continuos, discretos e híbridos: máquinas de estados extendidas y otros modelos de computación concurrentes (SR, dataflow)

RA333 - Conocimiento de lo que es un sistema empotrado o un sistema ciber-físico, sus características y su proceso de diseño.

RA335 - Conocimiento de los modelos de computación y las herramientas de desarrollo de software empotrado. Capacidad de diseño y análisis de programas, optimizando el tamaño, el consumo o el rendimiento. Capacidad para diseñar la validación y prueba de sistemas empotrados.

RA336 - Conocimiento de sistemas concurrentes y de tiempo real y de sistemas operativos multi-tarea. Capacidad para diseñar la planificación de sistemas empotrados de tiempo real.

RA77 - Capacidad para diseñar dispositivos de interfaz, captura de datos y almacenamiento, y terminales para servicios y sistemas de telecomunicación.

RA338 - Conocimiento sobre análisis empleando lógica temporal o análisis cuantitativo para la verificación de propiedades formales. Capacidad de analizar el tiempo de ejecución.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El **Internet de las Cosas (IoT)**, las **Smart Cities**, los **sistemas de asistencia a la conducción** para evitar accidentes, los sistemas de telemedicina y seguimiento automático de enfermos crónicos o poblaciones de riesgo, y un gran número de aplicaciones que cambiarán nuestras vidas en un futuro muy cercano **dependen de sistemas empotrados que sean seguros y fiables**.

En los últimos años hemos sufrido un gran número de ataques en Internet que han causado serias interrupciones de servicio y grandes pérdidas para muchas empresas, y fundamentalmente han explotado las debilidades de sistemas electrónicos conectados con escasos recursos, como cámaras IP, bombillas WiFi, routers WiFi, etc.

Si de verdad queremos explotar el potencial de las tecnologías mencionadas, **tenemos que construir dispositivos electrónicos que funcionan correctamente, incluso en el caso peor**. Este es el objetivo de esta asignatura: desarrollar buenas prácticas de diseño e implementación de sistemas empotrados que permitan afrontar los cambios que se avecinan con confianza. Para ello se utilizará la metodología Model Based Design con máquinas de estados que consta de las siguientes fases:

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Especificación	Modelado	Verificación	Diseño Implementación	eVerificación	Análisis
¿Cuál es el problema?	¿Cómo se resuelve?	¿Cumple la especificación?	Convertir en software (modelo refinado)	¿Cumple la especificación (modelo refinado)?	¿Cumple plazos en el caso peor?
LTL	FSM/xFSM	Spin (model checking)	Ejecutivo cíclico / Threads / Reactor	Spin (model checking)	Análisis tiempo de respuesta

Al final del curso, el alumno:

- Utilizará de forma eficiente sistemas operativos de tiempo real, y será capaz de describir su funcionamiento interno.
- Será capaz de escribir programas en C bien estructurados, formalmente correctos y eficientes, teniendo en cuenta restricciones de tiempo real estricto.
- Será capaz de diseñar e implementar sistemas empotrados completos basados en microcontroladores, conectando otros componentes hardware.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a los sistemas empotrados
 - 1.1. Aplicaciones
 - 1.2. Ejemplo de diseño completo
 - 1.3. Proceso de diseño
2. Modelado de comportamientos dinámicos
 - 2.1. Sistemas continuos
 - 2.2. Sistemas discretos
 - 2.3. Máquinas de estados finitos
 - 2.4. Modelos de computación concurrentes. Máquinas de estados concurrentes
3. Verificación formal de sistemas empotrados
 - 3.1. Especificación de propiedades con Linear Temporal Logic
 - 3.2. Model checking
 - 3.3. Equivalencia y refinamiento de modelos
4. Diseño de sistemas empotrados

- 4.1. Ejecutivos cíclicos. Diseño y análisis
- 4.2. Planificación con prioridades fijas y desalojo. Diseño y análisis
- 4.3. Multitarea cooperativa y reactor. Diseño y análisis
- 4.4. Ejemplos

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	1. Introducción y conceptos básicos. Duración: 02:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Test de conceptos básicos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
2	2. Modelado con máquinas de estados Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Ejercicios Duración: 02:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Test de conceptos básicos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
4	3. Verificación formal (1/2) Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	3. Verificación formal (2/2) Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	Ejercicios Duración: 02:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Test de conceptos básicos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
7	4. Ejecutivos cíclicos Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Ejercicios Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Entrega del Reto de verificación formal TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
9	Ejercicios Duración: 02:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Test de conceptos básicos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
10	4. Planificación con prioridades fijas y desalojo Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

11	4. Planificación con prioridades fijas y desajolo. Recursos compartidos Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Entrega del Reto de ejecutivo cíclico TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
12	Ejercicios Duración: 02:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Test de conceptos básicos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
13	4. Multitarea cooperativa y reactor Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Ejercicios Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
14	Ejercicios Duración: 02:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Test de conceptos básicos ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
15				Entrega del Reto de prioridades fijas con desajolo y reactor TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
16				
17				Examen Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00 Diseño de un sistema empotrado EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00

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
1	Test de conceptos básicos	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:15	5%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
3	Test de conceptos básicos	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:15	5%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
6	Test de conceptos básicos	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:15	5%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
8	Entrega del Reto de verificación formal	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
9	Test de conceptos básicos	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:15	5%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
11	Entrega del Reto de ejecutivo cíclico	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
12	Test de conceptos básicos	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:15	5%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
14	Test de conceptos básicos	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:15	5%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2

15	Entrega del Reto de prioridades fijas con desalojo y reactor	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	/ 10	CE-SE4 CE-SE3 CG2
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	4 / 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	40%	4 / 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
17	Diseño de un sistema empotrado	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	70%	5 / 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2
Diseño de un sistema empotrado	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	/ 10	CE-SE3 CE-SE4 CG2

7.2. Criterios de evaluación

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación en las convocatorias ordinaria y extraordinaria usarán los mismos tipos de técnicas evaluativas.

CONVOCATORIA ORDINARIA: Los estudiantes serán evaluados mediante el sistema de evaluación progresiva que consistirá en las siguientes actividades:

Tests de conceptos básicos:

Los tests de conceptos básicos se realizarán en el Moodle de la asignatura de forma presencial en el aula y cada uno de ellos supondrá un 5% de la nota final. Cada tests se realizará al finalizar la unidad didáctica de los contenidos que se evalúan, sin avisar. Si no da tiempo a realizar alguno de los tests durante el curso, se realizará junto con la prueba de examen final.

Estos tests serán actividades de evaluación no recuperables en la convocatoria ordinaria. Si un estudiante no puede asistir a uno de estos tests por una causa justificada contemplada en la normativa de evaluación de la UPM, tendrá derecho a ser evaluado del mismo durante el examen final de la convocatoria ordinaria. Para solicitar la recuperación de la prueba, el estudiante enviará un correo electrónico a la coordinadora, adjuntando el justificante correspondiente.

Entrega de los retos:

Los estudiantes, realizarán en grupo la entrega de 3 retos a lo largo del curso. Cada una de las entregas supondrá un 10% de la nota final. Para cada reto se entregará una memoria técnica y el código correspondiente al diseño modular de un sistema empotrado. El número de integrantes de cada grupo se indicará en el enunciado de los retos. Si un alumno ha entregado los tres retos y ha obtenido una calificación media de al menos 5 puntos sobre 10, el bloque de prácticas se considerará liberado, y podrá mantener la calificación obtenida para la convocatoria extraordinaria.

Examen final:

El examen final será de tipo examen escrito y tendrá un carácter teórico-práctico. Esta prueba supondrá un 40% de la nota final y se realizará en la convocatoria oficial propuesta por la Junta de escuela. Para poder aprobar en la

convocatoria ordinaria, es necesario obtener una nota mínima de 4 puntos (sobre 10) en el examen final.

Examen final de prácticas. Diseño de un sistema empotrado:

Si algún estudiante no ha realizado la entrega de los retos durante el curso, podrá realizar la evaluación por examen final de prácticas. Esta actividad de evaluación será individual para cada estudiante. Será necesario haber entregado en Moodle, antes del día del examen, la memoria técnica y el código correspondiente al diseño de un sistema empotrado (se entregará una descripción del sistema a realizar al menos 48 horas antes del plazo de entrega). En el momento de la entrega se realizarán algunas preguntas de control sobre la práctica realizada. Esta actividad de evaluación sustituye a la entrega de los tres retos durante el curso y supone un 30% de la nota final. La contestación incorrecta de las preguntas de control supondrá la anulación de la práctica.

La asignatura se aprobará cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 puntos sobre un total de 10. Dicha calificación es la suma de las calificaciones correspondientes a las diferentes actividades de evaluación (test de conceptos básicos, entregas de los retos o examen final de prácticas y examen final teórico-práctico por escrito).

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: la evaluación de la asignatura en su convocatoria extraordinaria consistirá en las siguientes actividades:

Examen final:

El examen final será de tipo examen escrito y tendrá un carácter teórico-práctico. Esta prueba supondrá un 70% de la nota final y se realizará en la convocatoria oficial propuesta por la Junta de escuela. Para poder aprobar en la convocatoria extraordinaria, es necesario obtener una nota mínima de 5 puntos (sobre 10) en el examen final.

Examen final de prácticas. Diseño de un sistema empotrado:

Esta actividad de evaluación será individual para cada estudiante. Será necesario haber entregado en Moodle, antes del día del examen, la memoria técnica y el código correspondiente al diseño de un sistema empotrado (se entregará una descripción del sistema a realizar al menos 48 horas antes del plazo de entrega). En el momento de la entrega se realizarán algunas preguntas de control a cada estudiante sobre la práctica realizada. Esta prueba supondrá un 30% de la nota final. La contestación incorrecta de las preguntas de control supondrá la anulación de

la práctica.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Moodle de la asignatura	Recursos web	
Edward A. Lee y Sanjit A. Seshia. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach. Second Edition. MIT Press, 2015. ISBN: 978-0-262-53381-2	Bibliografía	En esta asignatura sólo veremos en profundidad los capítulos 3, 5, 11, 12, 13, 14 y 15
A. Burns y A.J. Wellings. Real-time Systems and Programming Languages: Ada, Real-Time Java and C/Real-Time POSIX. Fourth Edition. International computer science series. Addison- Wesley, 2009. ISBN: 9780321417459	Bibliografía	Complementario, planificación de sistemas de tiempo real.

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La planificación anterior de 14 semanas es orientativa y se adaptará al calendario real del semestre considerando las indicaciones de Jefatura de Estudios.

La asignatura se relaciona con el ODS9, el ODS4 y el ODS12.

ODS9: Industria, Innovación e Infraestructura.

Los sistemas electrónicos son un pilar fundamental en las infraestructuras de telecomunicaciones, y la innovación en este campo permitirá el desarrollo de la Industria 4.0. En esta asignatura se promoverá el desarrollo de infraestructuras de calidad, fiables y resilientes con el objetivo de dar soporte a industrias emergentes como el IoT y el Edge computing.

ODS4: Educación de Calidad.

La aplicación en esta asignatura de una metodología basada en modelos y verificación formal contribuye a que el alumnado adquiera unas capacidades de diseño de sistemas electrónicos, que incluyen la sostenibilidad, la resiliencia y la fiabilidad, que son diferenciadoras para el ejercicio de la profesión.

ODS12: Producción y Consumo Responsables.

En esta asignatura se concientia al alumnado de las implicaciones energéticas derivadas de las diferentes decisiones de diseño de sistemas electrónicos, promoviendo un consumo sostenible.