

## DADES GENERALS

<b>Curs acadèmic</b>	Curs 2024/2025
<b>Tipus de curs</b>	Expert Universitari
<b>Nombre de crèdits</b>	15,00 Crèdits ECTS
<b>Matrícula</b>	0 euros (import preu públic)
<b>Requisits d'accés</b>	<p>Els perfils d'ingrés recomanat es correspondran als perfils formatius dels següents plans d'estudi a nivell de grau: Enginyeria Electrònica de Telecomunicació, Enginyeria en Tecnologies i Serveis de Telecomunicació, Enginyeria de Tecnologies de Telecomunicació, Enginyeria Electrònica Industrial, Enginyeria Electrònica i Automàtica Industrial, Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica, Informàtica Industrial i Robòtica, Enginyeria Informàtica, o graus, nacionals o estrangers, amb una alta afinitat als ací enumerats.</p> <p>En menor mesura, es podrien considerar graduats en: Enginyeria de l'Energia, Enginyeria Aeroespacial, Enginyeria Telemàtica, Enginyeria Robòtica, Enginyeria Física, o títols afins.</p> <p>En casos excepcionals, podrien considerar perfils científics tradicionals com a Grau en Física, Grau en Matemàtiques o Grau en Ciència de Dades.</p> <p>Es permetrà l'accés a l'estudiantat que li falte menys d'un 10% dels crèdits per a acabar els estudis de grau, de forma condicionada al fet que s'aproven durant el mateix curs acadèmic.</p> <p>Respecte al perfil personal de l'estudiant que millor s'adapta, correspon a persones que vulguen aprofundir amb rigor en els coneixements i les habilitats que es requereixen per a especialitzar-se en les àrees descrites per a l'orientació professional. Així haurien de tindre una afinitat amb la microelectrònica com a motor en amplis sectors socioeconòmics, i especialment, com a contribució essencial en sectors estratègics industrials. Perfils professionals del sector amb voluntat d'assentar, reorientar o complementar la seua formació també seran adequats per a aquest títol.</p>
<b>Modalitat</b>	Presencial
<b>Lloc d'impartició</b>	ETSE
<b>Horari</b>	
<b>Direcció</b>	
<b>Organitzador</b>	Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE-UV)
<b>Direcció</b>	<p>Abilio Candido Reig Escriba          Profesor/a Titular de Universidad. Departament d'Enginyeria Electrònica. Universitat de València          Jesús Soret Medel          Profesor/a Titular de Universidad. Departament d'Enginyeria Electrònica. Universitat de València          Francisco Javier Jiménez Marquina          Director de Ingeniería.MaxLinear</p>
<b>Terminis</b>	
<b>Preinscripció al curs</b>	Fins a 13/12/2024
<b>Data inici</b>	Gener 2025
<b>Data fi</b>	Juny 2025
<b>Més informació</b>	
<b>Telèfon</b>	961 603 000
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:informacio@adeituv.es">informacio@adeituv.es</a>

## PROGRAMA

## Enginyeria de programari per a sistemes embeguts (S1)

Tema 1: Introducció als sistemes embeguts (1h)  
 Conceptes bàsics dels sistemes embeguts. Característiques diferencials  
 Tipus de sistemes embeguts  
 Aplicacions dels sistemes embeguts  
 Seguretat dels sistemes embeguts  
 Tema 2: Llenguatges de programació per a sistemes embeguts (1h)  
 Llenguatges de baix nivell per a sistemes embeguts. Assemblador  
 Llenguatges d'alt nivell per a sistemes embeguts. C i eines de compilació.  
 Llenguatges de scripting útils  
 Interfície entre diferents llenguatges de programació

### Tema 3: Arquitectures SW/HW per a sistemes embeguts (1h)

CPU's  
Memories  
Hosted/Hostless  
Flash/Flashless  
SDK i API de clients  
EVKs

### Tema 4: Desenvolupament de programari per a sistemes embeguts (1h)

Cicle de vida del desenvolupament de programari per a sistemes embeguts  
Metodologies agiles de desenvolupament de programari per a sistemes embeguts  
Eines de desenvolupament de programari per a sistemes embeguts

### Tema 5: Descripció de característiques desitjables del flux de desenvolupament (2h)

Reducció del Time-to-market

Definició de requisits

- o Funcionals
- o Temporals
- o Cost
- o Etc.

Arquitectura de Sistema

Co-disseny HW/SW

- o Plataformes de proves HW/SW

Simulacions

Emuladors

FPGAs

- o Definició d'interfícies HW/SW

- o HW drivers

- o Procés de bringup

Test Driven Development (TDD)

Control de versions (SCM)

Gestió de tasques i errors en projectes (Agile + Jira)

Tests de Sistema

Sistemes d'Integració Continua

Test benches

Documentació

### Tema 6: Disseny de programari per a sistemes embeguts (3h)

SW product line: HW and SW configurations

Arquitectura SW de capes, components i interfícies

- o Disseny per al re-use

- o Capes d'abstracció, HAL, OSAL.

- o Codi independent d'aplicació

- o Codi dependent d'aplicació

- o Components de tercers i qüestions legals

Disseny per a compatibilitat cap endarrere

Disseny escalable

Ús extensiu de tècniques de programació defensiva (assert)

- o Revisió mètrica de hard/soft deadlines

- o Xec de problemes amb la memòria (overwrites, stack overflows, etc)

Sistemes operatius de temps real (RTOS)

- o Configuració

- o Threads i prioritats

- o Interrupcions

- o Timers

- o Stacks

- o Primitives de comunicació

- o Aplicacions multiprocessador

- o Utilitats de debug i anàlisi del rendiment

- o Problemes recurrents:

Thread preemption

Temps de resposta a interrupcions

Inversió de prioritats

Tipus de Components

- o HOST SW: drivers, apps, libs

- o Microprogramari: dev, prod, BIST, loader

- o Eines i scripts

- o Interface públics / privats

### Tema 7: Funcionalitats usals en sistemes embeguts (2h)

Configuració específica del producte

- o Producció

- o Remota

SW upgrades

SDK per a estendre/canviar funcionalitat

Flash FS

Interfícies

- o JTAG
- o UART
- o SPI
- o Consola de debug/operacion
- Watchdog
- Eines de debug
- Memòria dinàmica

#### Tema 8: Optimització de SW en Sistemes Embeguts (2h)

- Memòria vs Rendiment
- Cost vs Facilitat en el desenvolupament
- Requisits HW
- Optimització de Memòria
  - o Compactació d'estructures de dades
  - o Dades en memòries compartides
  - o Assignació de memòria (linker script)
  - o Reutilització de memòria
  - o Implementació de subsets de llibreries (matemàtiques, libc)
- Optimització de rendiment
  - o Aritmètica de punt fix
  - o Òps d'assemblador.
  - o Re-escritura de codi per a òps de HW específic (DSP)
  - o DMA

#### Tema 9: Anàlisi de fallades en Sistemes Embeguts (2h)

- Requisits HW
- JTAG
- Unit Tests
- Logs (serial, ethernet, files).
- Debug Buffers
- #CPU Trace buffer
- Memory dumps
- Anàlisi de problemes en temps. Profiling
- Analitza i visualització de dades.
- Debug en sistemes multiprocessador

#### LABORATORI:

La duració de cada laboratori serà de 1,5h:

#### Laboratori 1: Disseny de l'arquitectura d'un sistema embegut

- Requisits
- Arquitectura i codificació HW/SW
- Avantatges i desavantatges de les diferents opcions quant a cost, facilitat de desenvolupament, rendiment, etc.
- Laboratori 2: Màquina virtualitzada per a desenvolupamentVirtualització de la plataforma de disseny (Docker)
- Eines de desenvolupament (GNU)
- Sistema de control de versions (GIT)
- Unit tests (Google Test)
- Anàlisi Estàtica de Codi (CppCheck)
- Cobertura de testatge (Gcov)
- Anàlisi dinàmica de Codi (Valgrind/Electric Fence)

#### Laboratori 3: Implementació de plataforma SW independent de l'aplicació sobre un simulador de RTOS

- Laboratori 4: Implementació d'utilitats per a debug (I)
- Laboratori 5: Implementació d'utilitats per a debug (II)
- Laboratori 6: Implementació de Mock per a simular un HW específic
- Laboratori 7: Implementació d'una aplicació real estafe exemple sobre la plataforma anterior (I)
- Laboratori 8: Implementació d'una aplicació real time exemple sobre la plataforma anterior (II)
- Laboratori 9: Debug funcional de l'aplicació
- Laboratori 10: Anàlisi de rendiment i òps de memòria

#### [Control de qualitat \(QA\) en sistemes embeguts \(S2\)](#)

---

#### TEORIA (15h)

- Tema 0: Conceptes de validació i assegurement de la qualitat (QA)
- Model en V
- Requisits
- Proves
- Depuració i defectes
- Conceptes de CI i de #CD (Continuous Integration & Continuous Delivery)
- Tema 1: Definició de requisits
- Requisits maquinari
- Requisits programari
- Requisits de sistema
- Eines de gestió de requisits
- Tema 2: Definició de prova a partir de requisits

Eines existents vs prÃ²pies  
Tipus de proves (caixa negra, caixa blanca, funcionals, no funcionals...)  
DefiniciÃ³ d'indicadors clau de rendiment (KPI) a partir de requisits  
DefiniciÃ³ de criteris d'acceptaciÃ³ pass/fail  
Tema 3: IntroducciÃ³ a la validaciÃ³ de sistemes embeguts  
ValidaciÃ³ de sistemes embeguts vs sistemes programari:  
Disponibilitat de recursos  
Temps d'execuciÃ³  
Possibilitat d'automatitzaciÃ³  
DefiniciÃ³ de sistema sota prova  
InteracciÃ³ amb el sistema baix prova  
Tema 4: ExecuciÃ³ i automatitzaciÃ³ de proves  
DefiniciÃ³ de bancs de prova  
Proves automÃ²tiques vs manuals: Per quÃ¨ automatitzar  
AutomatitzaciÃ³:  
CodificaciÃ³: Control de canvis  
InstrumentaciÃ³  
ExecuciÃ³  
Informes  
Eines:  
Llenguatges de programaciÃ³ per a proves automÃ²tics  
Eines per a registrar progrÃ©s de proves  
Frameworks de prova  
Recol·lecciÃ³ organitzada de dades per a informe de defectes  
Tema 5: Defectes  
QuÃ¨ Ã©s un defecte i com identificar-los  
Com reportar un defecte correctament  
Eines d'informe i traÃ§abilitat de defectes  
Tema 6: CI per a productes embeguts  
QuÃ¨ ofereix una eina de CI en la validaciÃ³ de productes embeguts:  
DefiniciÃ³ de treballs fÃcilment repetibles  
DistribuciÃ³ dels treballs entre maquinari disponible  
Avantatges de tindre un CI automatitzat:  
OptimitzaciÃ³ de temps maquina  
DistribuciÃ³ de recursos  
Informes de resultats automÃ²tics  
GestiÃ³ de bancs de prova:  
CoexistÃ¨ncia entre automatitzaciÃ³ i Ã²s manual de recursos  
InteracciÃ³ dels components d'un entorn de CI  
Eines habituals de CI:  
Jenkins, Teamcity, Jira Workflow  
Tema 7: ObtenciÃ³ i anÃlisi d'indicadors clau de rendiment (KPI)  
KPI relacionats amb el producte:  
Rendiment  
Estabilitat  
Repetibilitat  
KPI relacionats amb l'entorn de CI:  
Cobertura de requisits  
Temps entre deteccÃ³ de defecte i l'arranjament  
Ã²s de recursos

#### LABORATORI (15h)

Laboratori 1: Definir requisits a partir d'una descripciÃ³ breu d'un producte.  
Laboratori 2: DefiniciÃ³ de proves a partir de requisits. Pla de prova.  
Laboratori 3: ExecuciÃ³ manual d'un pla de prova. Proves exploratÃ²ries.  
Laboratori 4: AutomatitzaciÃ³ de les proves definides.  
Laboratori 5: IdentificaciÃ³ i reporte de defectes a partir dels resultats de les proves.  
Laboratori 6: CreaciÃ³ d'un entorn CI complet.  
Laboratori 7: DefiniciÃ³ de KPI a partir de requisits i resultats de les proves.

#### Sistemes operatius en temps real (S3)

---

#### TEORIA (10h)

Conceptes generals d'arquitectura de computadors  
o L'arquitectura (ISA: Instruction Set Architecture)  
DiferÃ¨ncies entre CISC i RISC  
o La #CPU (Unitat Central de ProcÃ©s)  
Unitat de control  
ALU (Unitat AritmÃ©tica-LÃ²gica)  
Busos  
Cache d'instruccions  
Pipelining  
Registres  
o Cores

- o Memòria (#ROM, #RAM)
- Memòria caixet
- o Perifèrics d'entrada/eixida
- Interrupcions
- o Microcontroladors

- Conceptes generals de programari
- o Llenguatges de programació
- Relació entre joc d'instruccions, codi objecte i llenguatge ensamblador
- o Tipus d'arxiu executable
- o Compiladors
- o El linker o enlazador
- Linker scripts i scatter files
- o Memòria estàtica i dinàmica
- El stack i el heap
- o El carregador d'arrencada o bootloader

- Temps real i conceptes de RTOS
- o RTOS vs GPOS
- Latency
- o RTOS vs bare-metall (super loop)
- o Kernel / Scheduler
- preemptive estafe-slicing
- cooperative estafe-slicing
- Tick, Aneu-li task, Tickless aneu-li
- o Interrupcions maquinari i programari
- o Tasques i fils
- thread stack
- prioritats
- o Paral·lelisme i concurrència
- Secció crítica
- Semàfors, mutex i operacions atòmiques
- Cues de missatges o altres mecanismes
- Condition variables
- Problemes clàssics
- productor/consumidor
- condició de carrera
- inversió de prioritats
- o Processadors multi-core
- SMP (Symetric Multi-Processing)
- AMP (Asymmetric Multi-Processing)
- o Comunicació entre tasques

- Anàlisis dels RTOS més comunament usats
- o FreeRTOS
- o MicroC/US-II (uCOS)
- o ThreadX
- o RTEMS
- o Zephyr
- o VxWorks

- RTOS en FPGAs
- o Processadors softcore. Exemples
- Xilinx Microblaze
- Tensilica Xtensa
- Implementacions RISC-V (La meua-V RV32, NEORV32, FEMTORV32)

#### LABORATORI (20h)

Projecte d'un xicotet sistema controlat per RTOS:  
Control d'un ventilador accionat per motor #DC (PWM) de manera automàtica mitjançant sensor de temperatura i controlable mitjançant comandos per Ethernet.

#### [Projecte industrial en microelectrònica](#)

Els continguts del "Projecte Industrial en Microelectrònica" seran diferents depenent dels objectius concrets del projecte a realitzar. Poden ser objecte de tema d'aquells que siguen propis dels estudis del títol. En particular, es podran projectar tota classe de sistemes i dispositius microelectrònics per quants procediments permeten realitzar l'enginyeria actual. També podran ser objecte del Projecte Industrial en Microelectrònica els treballs de recerca i desenvolupament, i el modelatge tècnic o numèric dels dispositius, circuits o sistemes microelectrònics. Es podran considerar així mateix els estudis relacionats amb els continguts del títol relatius a equips, fàbriques, instal·lacions, serveis o la seua planificació, gestió o explotació.

## PROFESSORAT

**María Teresa Bacete Castellá<sup>3</sup>**

Site Director. Maxlinear

**Javier Calpe Maravilla**

Profesor/a Titular de Universidad. Departament d'Enginyeria Electrònica. Universitat de València

**Miguel Chanca Martán**

IC Lead. Robert Bosch

**Francisco Escuder Roberto**

Responsable de software. MaxLinear Hispania, S.L.

**Luis Alfonso Espinosa Ortega**

Ingeniero de Firmware. Analog Devices, S.L.U

**José Luis García Navas**

Ingeniero de calidad de software. MaxLinear Hispania, S.L.

**Francisco Javier Jiménez Marquina**

Director de Ingeniería. MaxLinear

**Fernando Pardo Carpio**

Catedrático/a de Universidad. Departament d'Informàtica. Universitat de València

**Abilio Candido Reig Escrivá**

Profesor/a Titular de Universidad. Departament d'Enginyeria Electrònica. Universitat de València

**Antonio Jesús Rubio Salcedo**

Ingeniero de Verificación de Diseño. Analog Devices, S.L.U

**Rafael Serrano-Gotarredona**

Director General. ams-OSRAM

**José Soret Medel**

Profesor/a Titular de Universidad. Departament d'Enginyeria Electrònica. Universitat de València

**OBJECTIUS**

Les sortides professionals que té el curs són:

Les eixides professionals previstes estan estretament vinculades als perfils més demandats en aquest àmbit, entre els quals es podrien destacar:

Dissenyadors analògics; dissenyadors RF i MMIC; enginyers de disseny bàsic (P&R); dissenyadors de dispositius (layout); enginyers d'estàndards; enginyers de test; enginyers de qualitat i fiabilitat; enginyers d'embalatge (chiplet...); dissenyadors de sensors i MEMS; tecnòlegs; dissenyadors de dispositius optoelectrònics; dissenyadores de PCBs; ...

En els últims temps, les empreses del sector de la microelectrònica i els semiconductors han vist com les seues ofertes de treball quedaven sovint vacants per falta de persones amb la formació demandada per a llocs tan específics. Per tant, l'objectiu fonamental d'aquest títol és oferir a l'ecosistema VaSiC perfils professionals amb les competències necessàries per a ser directament incorporats en les seues plantilles.

**METODOLOGIA**

El centre responsable del Títol d'Expert en Sistemes-en-Xip (SoC) és la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE), i s'impartirà de manera presencial, en castellà, en horari de divendres i dissabte. La matrícula serà gratuïta. Aquest títol propi es desenvolupa en 15 ECTS, entre els quals s'inclouen 6 de projecte industrial en microelectrònica amb empresa, fonamentalment de VaSiC. Els continguts d'aquest títol seran impartits en la seua pràctica totalitat per professorat especialista de les empreses de VaSiC. Totes les assignatures, tant les fonamentals com les optatives, inclouran continguts teòrics i continguts pràctics. L'alumnat disposarà d'ordinadors adequats amb les eines utilitzades en l'estàndard industrial per al desenvolupament i anàlisi dels sistemes que es proposen: Cadence, Synopsys, desenvolupament ARM, Matlab... També disposaran de l'instrumental necessari per al test i caracterització dels dispositius que s'estudien. Es preveuen pràctiques en sala blanca.