

# Sistemes encastrats

José María Gómez Cama  
Francisco Hernández Ramírez  
José López Vicario  
Antoni Morell Pérez  
Juan Daniel Prades García  
Ignasi Vilajosana Guillén  
Xavier Vilajosana Guillén

PID\_00158468

Material docent de la UOC



Universitat Oberta  
de Catalunya

[www.uoc.edu](http://www.uoc.edu)


**José María Gómez Cama**

Físic, enginyer d'Electrònica i doctor en Enginyeria Electrònica per la Universitat de Barcelona. Professor titular del Departament d'Electrònica de la Universitat de Barcelona. Imparteix la seva docència en els estudis de grau de Física, Enginyeria Electrònica de Telecomunicació i màster d'Enginyeria electrònica. Entre els seus interessos destaquen els sistemes encastats per instrumentació per a telescopis a l'espai i a la Terra, i també per a automoció.


**Francisco Hernández Ramírez**

Físic i doctor per la Universitat de Barcelona. Gestor de projectes i investigador a l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC), a més de professor associat del Departament d'Electrònica de la Universitat de Barcelona. Imparteix la seva docència en els estudis de llicenciatura i grau de Física i en el màster de Nanociència i nanotecnologia. Entre els seus interessos destaquen la caracterització dels nanomaterials i la seva aplicació a dispositius.


**José López Vicario**

Enginyer de Telecomunicació i doctor en Teoria del Senyal i Comunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya. Professor lector de la Universitat Autònoma de Barcelona, on imparteix assignatures de processament del senyal i transmissió de dades. Entre els seus interessos, destaquen el processament del senyal aplicat a comunicacions, les xarxes de sensors i els sistemes de comunicacions i posicionament cooperatius.


**Antoni Morell Pérez**

Enginyer de Telecomunicacions i doctor en Teoria del Senyal i Comunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya. Professor lector de la Universitat Autònoma de Barcelona, on imparteix assignatures de senyals i sistemes i comunicacions mòbils. Entre els seus interessos, destaquen els mètodes d'optimització distribuïts aplicats a comunicacions, les xarxes de sensors i els sistemes de posicionament cooperatius.


**Juan Daniel Prades García**

Físic, enginyer d'Electrònica i doctor per la Universitat de Barcelona. Professor lector del Departament d'Electrònica de la Universitat de Barcelona, imparteix la seva docència en els estudis de grau de Física, Enginyeria d'Electrònica, Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Sistemes i màster en Nanociència i nanotecnologia. Entre els seus interessos destaquen els nous dispositius electrònics basats en nanomaterials.


**Ignasi Vilajosana Guillén**

Llicenciat en Física i doctor en Física per la Universitat de Barcelona. Professor de Matemàtica aplicada de la Universitat Politècnica de Catalunya, feina que compagina amb la de CEO de Worldsensing, una empresa dedicada a la creació de dispositius i xarxes de sensors sense fil. Entre els seus interessos, destaquen l'electrònica analògica, les xarxes de sensors i el processament avançat del senyal.


**Xavier Vilajosana Guillén**

Enginyer d'Informàtica per la Universitat Politècnica de Catalunya i doctor en Ciència de la Computació per la Universitat Oberta de Catalunya. Professor dels Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació de la Universitat Oberta de Catalunya, és responsable de l'Àrea de Xarxes de Computadors de les titulacions de grau d'Enginyeria d'Informàtica, d'Enginyeria de Telecomunicació i d'Enginyeria Multimèdia. Entre els seus interessos, destaquen les xarxes de sensors, els protocols d'encaminament escalables i la gestió distribuïda de recursos en xarxa.

L'encàrrec i la creació d'aquest material docent han estat coordinats pel professor: Xavier Vilajosana Guillén (2011)

Primera edició: setembre 2011

© José María Gómez Cama, Francisco Hernández Ramírez, José López Vicario, Antonio Morell Pérez, Juan Daniel Prades García, Ignasi Vilajosana Guillén, Xavier Vilajosana Guillén

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2011

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Disseny: Manel Andreu

Realització editorial: Eureka Media, SL

Dipòsit legal: B-19.859-2011



*Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu modificar l'obra, reproduir-la, distribuir-la o comunicar-la públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), i sempre que l'obra derivada quedi subjecta a la mateixa llicència que el material original. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>*

## Introducció

Aquesta assignatura pretén donar una visió global i profunda dels sistemes encastats posant èmfasi en aquells aspectes que els caracteritzen. Malgrat que l'objectiu de l'assignatura és que l'estudiant aprengui a desenvolupar aplicacions per a sistemes encastats, els mòduls didàctics s'enfoquen a donar un coneixement teòric complementari del que es vol assolir durant el curs. Així, doncs, es parteix d'una breu introducció que ubica el context dels sistemes encastats, la seva importància, les seves aplicacions i el procés bàsic de desenvolupament.

L'eix troncal del curs s'estructura en els tres mòduls centrals: el mòdul "El maquinari: arquitectura i components" ens introdueix els conceptes fonamentals del maquinari que integren un sistema encastat. S'hi presenten els fonaments bàsics del maquinari, com són els subsistemes de procés i de memòria, els busos de comunicacions i les interfícies d'entrada/sortida. Cal remarcar que alguns conceptes presentats en aquest mòdul ja han estat introduïts amb anterioritat en altres assignatures relacionades amb l'arquitectura de computadors, però l'enfocament del present mòdul és específic per als sistemes encastats o de propòsit específic i posa èmfasi en aquells aspectes clau que els diferencien de la resta de sistemes.

El mòdul "El programari" presenta de manera acurada els aspectes relacionats amb el programari d'un sistema encastat: des del model de programació, passant per esquemes algorísmics i consideracions més específiques derivades de les restriccions d'aquests sistemes. Cal dir que és molt important conèixer els models de programació d'aquesta mena de sistemes, ja que difereixen en molts casos de les tècniques més usades en el desenvolupament d'aplicacions al qual s'està habituat. Per exemple, les restriccions de memòria en molts casos fan necessari una estructuració determinada del codi o l'ús de determinades tècniques o patrons.

El mòdul "Sistemes operatius encastats" ens endinsa en el món dels sistemes operatius orientats específics per a sistemes encastats. Amb un enfocament pràctic, guia l'estudiant de manera incremental a través de les tècniques més utilitzades per a operar un sistema encastat. En aquest mòdul també es presenten els *drivers*, peces de programari que interactuen amb el maquinari i l'abstrauen. Finalment, el mòdul ens presenta alguns dels sistemes operatius més usats en l'àmbit dels sistemes de propòsit específic.

Un dels aspectes més oblidats en el desenvolupament de programari és el de l'avaluació o test. En els sistemes encastats pren especial importància la seva verificació, ja que acostumen a ser sistemes amb funcionament desatès i moltes vegades en temps real. El mòdul "Simulació i test" ens introdueix les eines

de què disposa un desenvolupador d'aplicacions per a sistemes emcastats per a dur a terme la seva feina. A més a més, el mòdul presenta un conjunt de metodologies per a la verificació de programari.

## Objectius

L'estudi d'aquesta assignatura us permetrà assolir els objectius següents:

- 1.** Conèixer els aspectes que caracteritzen un sistema encastrat i les seves aplicacions.
- 2.** Conèixer els components i l'arquitectura de maquinari dels sistemes encastrats.
- 3.** Conèixer les particularitats i les tècniques de desenvolupament de programari per a sistemes de propòsit específic.
- 4.** Conèixer els sistemes operatius que regeixen el funcionament d'un sistema encastrat.
- 5.** Conèixer les tècniques i les eines habituals per a la verificació de programari específic per a sistemes encastrats.
- 6.** Saber preparar una cadena de desenvolupament específica per a una plataforma o per a un sistema encastrat.
- 7.** Saber desenvolupar una aplicació bàsica per a un sistema encastrat.

## Continguts

Mòdul didàctic 1

### **Introducció als sistemes encastats**

Ignasi Vilajosana Guillén

1. Què és un *sistema encastat*
2. Factors de forma
3. El concepte de *família*
4. Aplicacions
5. Consideracions de disseny
6. El procés de desenvolupament

Mòdul didàctic 2

### **El maquinari: arquitectura i components**

José López Vicario i Antoni Morell Pérez

1. Arquitectura del sistema
2. Components dels sistemes encastats
3. Comunicació amb l'exterior
4. Subsistema d'alimentació
5. Detecció d'errors de maquinari

Mòdul didàctic 3

### **El programari**

Francisco Hernández Ramírez i Juan Daniel Prades García

1. Qüestions preliminars
2. Conceptes bàsics del programari per a sistemes encastats
3. Models de programació

Mòdul didàctic 4

### **Sistemes operatius encastats**

José María Gómez Cama

1. Un cas bàsic introductor
2. Elements d'un sistema operatiu
3. El gestor de processos
4. Sistemes en temps real
5. Controladors de perifèrics
6. Sistemes operatius i biblioteques de suport

Mòdul didàctic 5

### **Simulació i test**

Xavier Vilajosana Guillén

1. Eines de desenvolupament
2. Simuladors
3. Metodologies de verificació i test