



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Sistemas electrónicos de procesado de sinal

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Materia               | Sistemas electrónicos de procesado de sinal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Código                | V05G301V01312                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Titulación            | Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | OP     | 3     | 1c           |
| Lingua de impartición | Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Departamento          | Tecnoloxía electrónica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Coordinador/a         | Valdés Peña, María Dolores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Profesorado           | Valdés Peña, María Dolores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Correo-e              | mvaldes@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Web                   | http://www.faitic.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Descrición xeral      | Nesta materia introdúcense os conceptos básicos do procesado dixital de sinais desde o punto de vista da implementación hardware dos sistemas orientados a tal propósito. Saliéntanse as solucións baseadas en FPGAs, para as que se utilizan plataformas hardware e ferramentas software de deseño profesionais. O carácter da materia é fundamentalmente práctico. Poténciase o desenvolvemento de proxectos colaborativos cuxo obxectivo final é o deseño de sistemas electrónicos de procesado de sinal. |        |       |              |

## Competencias

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| B4     | CG4 Capacidade para resolver problemas con iniciativa, para a toma de decisións, a creatividade, e para comunicar e transmitir coñecementos, habilidades e destrezas, comprendendo a responsabilidade ética e profesional da actividade do Enxeñeiro Técnico de Telecomunicación.               |
| B6     | CG6 Facilitade para o manexo de especificacións, regulamentos e normas de obrigado cumprimento.                                                                                                                                                                                                 |
| B9     | CG9 Capacidade para traballar nun grupo multidisciplinar e nunha contorna multilingüe e de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, coñecementos, procedementos, resultados e ideas relacionadas coas telecomunicacións e a electrónica.                                                |
| B13    | CG13 Capacidade para manexar ferramentas software que apoien a resolución de problemas en enxeñaría.                                                                                                                                                                                            |
| C39    | (CE39/SE1): Capacidade de construír, explotar e xestionar sistemas de captación, transporte, representación, procesamento, almacenaxe, xestión e presentación de información multimedia, desde o punto de vista dos sistemas electrónicos.                                                      |
| C45    | (CE45/SE7): Capacidade para deseñar dispositivos de interface, captura de datos e almacenaxe, e terminais para servizos e sistemas de telecomunicación.                                                                                                                                         |
| D2     | CT2 Concibir a Enxeñaría no marco do desenvolvemento sostible.                                                                                                                                                                                                                                  |
| D4     | CT4 Favorecer o traballo cooperativo, as capacidades de comunicación, organización, planificación e aceptación de responsabilidades nun ambiente de traballo multilingüe e multidisciplinar, que favoreza a educación para a igualdade, para a paz e para o respecto dos dereitos fundamentais. |

## Resultados de aprendizaxe

| Resultados previstos na materia                                                            | Resultados de Formación e Aprendizaxe |            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|----|
| Coñecer os principios fundamentais de deseño dos sistemas hardware de procesado de sinais. | B6<br>B13                             | C39<br>C45 |    |
| Capacidade para decidir diferentes estratexias de deseño en función da aplicación.         | B4                                    | C39<br>C45 | D2 |
| Capacidade para seleccionar a arquitectura hardware máis adecuada a cada aplicación.       | B4<br>B6                              | C39<br>C45 |    |

|                                                                                                                |                       |            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|----|
| Capacidade para deseñar circuitos básicos de procesado de son e imaxe.                                         | B4<br>B6<br>B9<br>B13 | C39<br>C45 | D4 |
| Adquirir habilidades nas ferramentas de deseño, simulación e implementación de sistemas de procesado de sinal. | B13                   | C39<br>C45 |    |
| Adquirir habilidades para verificar o correcto funcionamento dos sistemas hardware complexos.                  | B6<br>B13             | C39<br>C45 |    |
| Adquirir habilidades para combinar diferentes ferramentas software e diferentes plataformas hardware.          | B13                   | C39<br>C45 |    |
| Capacidade para documentar proxectos de deseño hardware.                                                       | B4<br>B9              |            | D4 |

## Contidos

|                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Tema                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
| Teóricos: Tema 1. Introducción                                                 | - Arquitectura básica dos sistemas electrónicos de procesamento de sinal: acondicionamento, mostraxe, conversión, reconstrución.                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Teóricos: Tema 2. Tipos de procesado de sinal                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferentes realizacións hardware e software: DSP e FPGAs.</li> <li>- Formas de procesamento: serie/paralelo, hardware/software.</li> <li>- Custo hardware de circuitos habituais de procesamento de sinal. Recursos lóxicos necesarios. Velocidade de proceso.</li> </ul>                                      |  |  |
| Teóricos: Tema 3. Aritmética en DSP                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos de datos.</li> <li>- Modificación de datos: cuantificación e desbordamento.</li> <li>- Operacións aritméticas e circuitos asociados.</li> <li>- Conceptos asociados: critical path, pipeline, latencia.</li> </ul>                                                                                       |  |  |
| Teóricos: Tema 4. Sistemas de acondicionamento e mostraxe de sinais            | - Exemplo de sistema real de acondicionamento e mostraxe de sinais utilizando unha placa de desenvolvemento baseada en FPGA.                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| Teóricos: Tema 5. Deseño e implementación de filtros dixitais.                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de filtros dixitais en FPGA.</li> <li>- Análise de solucións totalmente paralelas e semi-paralelas: custo hardware, velocidade de operación.</li> </ul>                                                                                                                                         |  |  |
| Teóricos: Tema 6. Deseño de sistemas de procesamento de son.                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exemplos de sistemas de procesamento de son.</li> <li>- Análise de recursos hardware necesarios.</li> <li>- Implementación e análise de prestacións.</li> </ul>                                                                                                                                                |  |  |
| Teóricos: Tema 7. Deseño de sistemas de procesamento de imaxe                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exemplos de sistemas de procesamento de imaxe.</li> <li>- Análise de recursos hardware necesarios.</li> <li>- Implementación e análise de prestacións.</li> </ul>                                                                                                                                              |  |  |
| Prácticas de laboratorio: Deseño de sistemas de procesamento de sinal básicos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deseño, implementación e verificación de sistemas de procesamento de sinal básicos descritos mediante VHDL: deseño de filtros dixitais, aplicacións de comunicacións, procesamento de imaxe e procesamento de son.</li> <li>- Manexo das ferramentas de deseño ISE de Xilinx e MATLAB de MathWorks.</li> </ul> |  |  |

## Planificación

|                                         | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-----------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Actividades introductorias              | 1             | 0                  | 1            |
| Lección maxistral                       | 14            | 14                 | 28           |
| Prácticas de laboratorio                | 14            | 14                 | 28           |
| Aprendizaxe baseado en proxectos        | 9             | 54                 | 63           |
| Resolución de problemas e/ou exercicios | 2             | 6                  | 8            |
| Proxecto                                | 2             | 6                  | 8            |
| Práctica de laboratorio                 | 0             | 14                 | 14           |

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

| <b>Metodoloxía docente</b>       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Actividades introdutorias        | <p>Presentaranse os diferentes temas clave da materia tanto no seu compoñente teórico coma práctica, así como as actividades para desenvolver nos proxectos da materia.</p> <p>Nestas clases traballaranse as competencias CG6, CE39 e CE45.</p> <p>Trátase dunha actividade individual.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Lección maxistral                | <p>Expoñeranse por parte do/a docente os contidos teóricos da materia e realizaranse as actividades introdutorias tanto dos contidos teóricos da materia coma dos proxectos para desenvolver durante o curso.</p> <p>Nestas clases traballaranse as competencias CG6, CE39 e CE45.</p> <p>Trátase dunha actividade individual.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Prácticas de laboratorio         | <p>Realizaranse sistemas de procesamento de sinal básicos baseados en FPGAs.</p> <p>Nestas actividades traballaranse as competencias CG6, CG9, CE39, CE45 e CG13.</p> <p>Trátase dunha actividade en grupo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Aprendizaxe baseado en proxectos | <p>Estableceranse grupos de traballo de dous ou máis estudantes. Cada grupo desenvolverá un proxecto ao longo do curso. O proxecto consistirá no deseño dun sistemas específico de procesamento de sinal de complexidade media.</p> <p>Ademais, dispoñeráse de grupos pequenos (grupos de tipo C) que permitirán realizar un seguimento do proxecto que se desenvolverá na materia. Actividades que se desenvolverán nos grupos C:</p> <p>Actividade 1.<br/>Análise e debate sobre o sistema deseñado no proxecto da materia.</p> <p>Actividade 2.<br/>Demostración do funcionamento do sistema deseñado. Análise e debate de resultados.</p> <p>Nestas actividades traballaranse as competencias CG6, CG9, CE39, CE45, CG13, CT2, CT4 e CG4.</p> <p>Trátase dunha actividade en grupo.</p> |

| <b>Atención personalizada</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Metodoloxías</b>              | <b>Descrición</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Lección maxistral                | O/A docente atenderá persoalmente dúbidas e consultas de cada estudante sobre o estudo de conceptos teóricos. O alumnado terá ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupos no despacho do/a docente no horario establecido para ese efecto ao comezo do curso e que se publicará na páxina web da Escola de Enxeñaría de Telecomunicación.                                                                                                                   |
| Prácticas de laboratorio         | O/A docente atenderá persoalmente dúbidas e consultas de cada estudante sobre prácticas de laboratorio ou proxectos. O alumnado terá ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupos no despacho do/a docente no horario establecido para ese efecto ao comezo do curso e que se publicará na páxina web da Escola de Enxeñaría de Telecomunicación.                                                                                                            |
| Aprendizaxe baseado en proxectos | O/A docente atenderá persoalmente dúbidas e consultas de cada estudante sobre prácticas de laboratorio ou proxectos. O alumnado terá ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupos no despacho do/a docente no horario establecido para ese efecto ao comezo do curso e que se publicará na páxina web da Escola de Enxeñaría de Telecomunicación. Ademais, durante as horas de grupos pequenos (grupos C) realizárase un seguimento dos proxectos asignados. |

| <b>Avaliación</b>                       |                                                                                                                                                                                                                       |               |                                       |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|
|                                         | Descrición                                                                                                                                                                                                            | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
| Resolución de problemas e/ou exercicios | <p>Realízase un exame de respostas curtas sobre os temas teóricos da materia.</p> <p>No apartado «Outros comentarios» amplíase a información.</p> <p>Mediante este exame avalíaranse as competencias CE39 e CE45.</p> | 20            | C39<br>C45                            |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                            |    |                       |            |          |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------|------------|----------|
| Proxecto                | Realizarase un proxectos que consistirá no deseño dun sistema de procesamento de sinal de complexidade media. No apartado "Outros comentarios" amplíase a información.                                                                     | 45 | B4<br>B6<br>B9<br>B13 | C39<br>C45 | D2<br>D4 |
|                         | Mediante este proxecto avaliaranse as competencias CG4, CG6, CG9, CG13, CE39, CE45, CT2 e CT4.                                                                                                                                             |    |                       |            |          |
| Práctica de laboratorio | As prácticas de laboratorio avaliaranse en función do traballo realizado de forma continua durante as propias horas de prácticas (horas tipo B) e dun informe final de prácticas. No apartado "Outros comentarios" amplíase a información. | 35 | B4<br>B6<br>B13       | C39<br>C45 | D4       |
|                         | Mediante estas prácticas avaliaranse as competencias CG4, CG6, CG13, CE39, CE45 e CT4.                                                                                                                                                     |    |                       |            |          |

## Outros comentarios sobre a Avaliación

Seguindo as directrices propias da titulación, aos alumnos que cursen esta materia ofreceráselles dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación única.

### 1.- Avaliación continua

A avaliación continua consiste nun exame teórico, un conxunto de prácticas de laboratorio e a realización dun traballo teórico-práctico (proxecto).

#### 1.1 Exame teórico ( NExam):

O exame teórico incluírá os contidos de todos os temas teóricos da materia e realizarase ao final do cuadrimestre. O peso deste exame será de 2 puntos sobre 10.

#### 1.2 Prácticas de laboratorio ( NPrac):

As prácticas de laboratorio realizaranse en grupos preferiblemente de dous estudantes. Para a avaliación das prácticas valorarase o traballo realizado no laboratorio e a entrega dun informe final de prácticas. O peso desta actividade será de 3,5 punto sobre 10. O traballo no laboratorio valorarase de forma individual e representará o 60% da nota de prácticas. O 40 % restante corresponderá á memoria e será a mesma para todos os integrantes do grupo de prácticas.

#### 1.3 Traballo teórico-práctico ( NPro):

O traballo teórico-práctico realizarase en horas tipo B e C. Realizarase en grupos de dous ou máis alumnos. Como resultado do traballo entregarase unha memoria, o sistema implementado e farase unha presentación dos resultados. O peso desta avaliación é de 4,5 puntos sobre 10 (4 corresponden á execución e documentación do proxecto e 0,5 puntos á presentación).

No traballo teórico-práctico aos alumnos asignaráselles tarefas individuais e conxuntas. As tarefas individuais terán un peso do 60% da nota do traballo e as conxuntas o 40%. A nota correspondente ao 40% será a mesma para todos os integrantes do grupo.

#### 1.4 Cualificación final (Nota\_final):

A cualificación final da avaliación continua obtense da seguinte forma:

$Nota\_final = (0,2 * NExam + 0,35 * NPrac + 0,45 * NPro)$  se Nexam, NPrac e NPro son maiores ou iguais a 4 e Nota\_final é maior ou igual a 5;

$Nota\_final = \min[(0,2 * NExam + 0,35 * NPrac + 0,45 * NPro), 4]$  noutro caso.

O alumnado que non supere algunha das avaliacións parciais terá a posibilidade de repetila na segunda oportunidade. Neste caso os alumnos serán avaliados só da/das parte/s que teñan suspensa/s (exame teórico, prácticas de laboratorio e/ou proxecto). A nota que obteñan na segunda oportunidade substituirá á anterior.

Enténdese que o alumno opta por avaliación continua se realiza as dúas primeiras prácticas de laboratorio, e desde ese momento considérase presentado á convocatoria. En ningún caso a cualificación final dun alumno que opta por avaliación continua poderá ser de "Non presentado".

### 2.- Avaliación única e convocatoria extraordinaria

Os alumnos que opten pola avaliación única ou se presenten á convocatoria extraordinaria deberán superar dous exames, un exame teórico de todos os temas da materia e un exame práctico.

## 2.1 Exame teórico (NExam\_U):

O exame teórico poderá incluír preguntas de resposta curta, problemas, e/ou exercicios de deseño de sistemas.

## 2.2 Exame práctico (NPra\_U):

O exame práctico consistirá na proba final en hardware dun sistema que o alumno deberá deseñar e simular previamente de forma autónoma. Unha semana antes da data que se estableza para o exame o alumno deberá entregar unha memoria do traballo realizado e os resultados de simulación. Durante o exame práctico o alumno validará o sistema deseñado no hardware.

Tanto o exame teórico como o práctico terán un peso do 50% da nota final.

## 2.3 Cualificación final (Nota\_final\_U):

A cualificación final da avaliación única e da convocatoria extraordinaria obtense da seguinte forma:

$Nota\_final\_U = (0,5 * NExam\_U + 0,5 * NPra\_U)$  se  $Nexam\_U$  e  $NPra\_U$  son maiores ou iguais a 4 e  $Nota\_final\_U$  é maior ou igual a 5;

$Nota\_final\_U = \min[(0,5 * NExam\_U + 0,5 * NPra\_U), 4]$  noutro caso.

Os alumnos que opten por avaliación única e non superen a materia terán outra posibilidade na segunda oportunidade. Neste caso só serán avaliados da/das parte/s que teñan suspenso (teoría e/ou práctica).

## 3.- Outros comentarios

- O alumno poderá responder o exame, redactar os seus informes, traballos ou presentacións en castelán, galego ou inglés.
- As notas obtidas na avaliación continua ou na avaliación única só son válidas para o curso académico actual.
- Non se permite o uso de libros, notas ou dispositivos electrónicos como teléfonos ou computadores en ningún exame presencial. Os teléfonos móbiles deben apagarse e estar fora do alcance do alumno.
- En caso de detección de plaxio nalgún dos traballos/probas realizadas a cualificación final da materia será de suspenso (0) e os profesores comunicarán á dirección da escola o asunto para que tome as medidas que considere oportunas.
- En caso de detección de plaxio ou abandono dalgún membro dun equipo de traballo, a súa cualificación será "suspenso (0)" e non computará na cualificación do resto do grupo.

---

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

U. Meyer-Baese, **Digital signal processing with Field Programmable Gate Arrays**, 3th ed., Springer-Verlag, 2007

James H. McClellan, Ronald W. Schafer, Mark A. Yoder, **Signal processing first**, 1st ed., Pearson Education International, 2003

XUP, University of Strathclyde and Steepest Ascent, **DSP for FPGA Primer**, 2011

#### Bibliografía Complementaria

John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, **Digital signal processing**, 4th ed., Pearson Education International, 2007

John G. Proakis, **Tratamiento digital de señales : principios, algoritmos y aplicaciones**, 4ª ed., Prentice Hall, 2007

---

### Recomendacións

#### Materias que se recomenda cursar simultaneamente

Circuitos electrónicos programables/V05G301V01302

---

### Plan de Continxencias

#### Descrición

En casos de docencia non presencial todas as actividades docentes realizaranse mediante o servizo [Campus Remoto], que integra a plataforma FaiTic, e do correo electrónico. Ademais, teranse en conta os seguintes aspectos:

\* Lección maxistral (docencia de grupo A):

Os contidos teóricos da materia impartiranse en modo remoto utilizando "Campus Remoto".

\* Prácticas de laboratorio e Aprendizaxe baseado en proxectos (docencia de grupos B e C):

As prácticas de laboratorio que non poidan ser realizadas nos laboratorios especializados da Universidade substituiranse por algunha ou varias das seguintes alternativas:

- Prácticas demostrativas nas que os estudantes deben asistir e participar de forma remota.
- Prácticas de simulación que os estudantes deben realizar e entregar informes de resultados.
- Prácticas realizadas con circuítos electrónicos que os estudantes poden montar nas súas casas e entregar un informe de resultados.

Os proxectos poden ser substituído tamén por un traballo teórico e/ou práctico relacionado cos contidos da materia. Neste caso, poderán ser individuais ou en grupos de 2 alumnos en función das súas características e/ou extensión.

\* Avaliación:

Manteranse os mesmos criterios de avaliación que en modo presencial.

---