



(*)Escola de Enxeñaría de Telecomunicación

(*)Páxina web

(*)

www.teleco.uvigo.es

(*)Presentación

The School of Telecommunication Engineering (EET) is a higher education school of the University of Vigo that offers Bachelor's degrees, Master's degrees and Doctoral programs in the fields of Telecommunications Engineering.

Bachelor's Degree in Telecommunication Technologies Engineering (EUR-ACE®).

The main goal of the Bachelor's Degree in Telecommunication Technologies Engineering is to form professionals at the forefront of technological knowledge and professional competences in telecommunication engineering. This Bachelor has been recognized with the best quality seals, like the EUR-ACE's. **It has a bilingual option: up to 80% of the degree credits can be taken in English.**

http://teleco.uvigo.es/images/stories/documentos/gett/degree_telecom.pdf

www: <http://teleco.uvigo.es/index.php/es/estudios/gett>

Master in Telecommunication Engineering

The Master in Telecommunication Engineering is a Master's degree that qualifies to exercise the profession of Telecommunication Engineer, in virtue of the established in the Order CIN/355/2009 of 9 of February.

http://teleco.uvigo.es/images/stories/documentos/met/master_telecom_rev.pdf

www: <http://teleco.uvigo.es/index.php/es/estudios/mit>

Interuniversity Masters

The current academic offer includes interuniversity master's degrees that are closely related to the business sector:

Master in Cybersecurity: www: <https://www.munics.es/>

Master in Industrial Mathematics: www: <http://m2i.es>

International Master in Computer Vision: www: <https://www.imcv.eu/>

(*)Equipo directivo

MANAGEMENT TEAM

Directora: Rebeca Pilar Díaz Redondo (teleco.direccion@uvigo.gal)

Secretaría e Subdirección de Novas Titulacións: Pedro Rodríguez Hernández

(teleco.subdir.secretaria@uvigo.gal;teleco.subdir.novastitulacions@uvigo.gal)

Subdirección de Organización Académica: Pedro Comesaña Alfaro (teleco.subdir.academica@uvigo.gal)

Subdirección de Relaciones Internacionais e Subdirección de Infraestructuras: María Verónica Santalla del Río (teleco.subdir.internacional@uvigo.gal; teleco.subdir.infraestructuras@uvigo.gal)

Subdirección Difusión e Captación: Laura Docio Fernández (teleco.subdir.captacion@uvigo.gal)

Subdirección de Calidade: Ana María Cao Paz(teleco.subdir.calidade@uvigo.gal)

BACHELOR'S DEGREE IN TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES ENGINEERING

Generalcoordinator: Lucía Costas Pérez (teleco.grao@uvigo.gal)

<https://teleco.uvigo.es/es/documentos/acordos-es/comisions-academicas-es/miembros-de-la-comision-academica-del-gett/>

MASTER IN TELECOMMUNICATION ENGINEERING

Generalcoordinator: Manuel García Sánchez (teleco.master@uvigo.gal)

<https://teleco.uvigo.es/es/documentos/acordos-es/comisions-academicas-es/miembros-de-la-comision-academica-del-met/>

MASTER INCYBERSECURITY

General coordinator:Ana Fernández Vilas (teleco.munics@uvigo.gal)

<https://teleco.uvigo.es/es/documentos/acordos-es/comisions-academicas-es/miembros-de-la-comision-academica-del-munics/>

MASTER IN INDUSTRIAL MATHEMATICS

Generalcoordinator: Elena Vázquez Cendón (USC)

UVigo coordinator:José Durany Castrillo (durany@dma.uvigo.es)

<http://www.m2i.es/?seccion=coordinacion>

INTERNATIONAL MASTER IN COMPUTER VISION

General coordinator: Xose Manuel Pardo López (USC)

UVigo coordinator:José Luis Alba Castro (jalba@gts.uvigo.es)

<https://www.imcv.eu/legal-notice/>

MASTER'S DEGREE IN QUANTUM INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGIES (MQIST)

General coordinator: Javier Mas (USC)

Coordinador UVIGO: Manuel Fernández Veiga(teleco.mqist@uvigo.es)

<https://quantummastergalicia.es/info>

(*) Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación

Subjects

Year 1st

Code	Name	Quadmester	Total Cr.
10414-76017		1st	5
10414-76018		1st	5
10414-76019		1st	5
10414-76020		1st	5
10414-76021		2nd	5
10414-76022		2nd	5

10414-76023		2nd	5
10414-76024		2nd	5
10414-76025		2nd	5
10414-76026		2nd	5
10414-76027		2nd	5
10414-76028		2nd	5
10414-76029		2nd	5
10414-76030		2nd	5
10414-76031		2nd	5
10414-76032		2nd	5
10414-76033		2nd	5
10414-76034		2nd	5
10414-76035		2nd	5

Year -

Code	Name	Quadmester	Total Cr.
10414-76038		1st	5
10414-76039		1st	5
10414-76040		1st	5
10414-76041		1st	5
10414-76042		1st	5
10414-76046		1st	5

IDENTIFYING DATA				
Sistemas distribuídos				
Subject	Sistemas distribuídos			
Code	10414-76017			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1	1c
Teaching language	Castelán			
Department	Enxeñaría telemática			
Coordinator	Fernández Vilas, Ana			
Lecturers	García Méndez, Silvia			
E-mail	avilas@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	Este curso ofrece unha visión xeral dos principios e das tecnoloxías clave que sustentan os sistemas distribuídos modernos. O estudantado aprenderá a deseñar e despregar solucións eficientes e escalables, abordando retos como a coordinación, a virtualización, a computación na nube e a xestión de recursos en contornas distribuídas.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Code	
B9	Comprender e saber aplicar o funcionamento e organización da internet, as tecnoloxías e protocolos da internet de nova xeración, os modelos de compoñentes, software intermediario e servizos.
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C8	Comunicar (de forma oral e escrita) as conclusións- e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan- a públicos especializados e non especializados dun modo claro e sen ambigüidades.
C9	Aprender de forma continuada, autodirigida e autónoma.
C17	Realizar a planificación, toma de decisións e empaquetamiento de redes, servizos e aplicacións considerando a calidade de servizo, os custos directos e de operación, o plan de implantación, supervisión, os procedementos de seguridade, o escalado e o mantemento, así como xestionar e asegurar a calidade no proceso de desenvolvemento
C18	Resolver a converxencia, interoperabilidade e deseño de redes heteroxéneas con redes locais, de acceso e troncais, así como a integración de servizos de telefonía, datos, televisión e interactivos
D1	Proxectar, calcular e deseñar produtos, procesos e instalacións en todos os ámbitos da enxeñaría de telecomunicación.
D4	Deseñar e dimensionar redes de transporte, difusión e distribución de sinais multimedia
D6	Modelar, deseñar, implantar, xestionar, operar, administrar e manter redes, servizos e contidos.

Resultados previstos na materia			
Expected results from this subject	Training and Learning Results		
Comprender os principios fundamentais dos sistemas distribuídos, incluíndo a sincronización, a exclusión mutua e a concorrencia, así como os mecanismos de comunicación en grupo.	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6
Aplicar e analizar algoritmos distribuídos clásicos, como os de consenso, quórum distribuído, etc. avaliando a súa eficiencia e robustez.	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6
Identificar e empregar técnicas de virtualización, coñecendo o funcionamento de máquinas virtuais, contedores e a virtualización de funcións de rede, valorando as súas vantaxes e limitacións.	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6
Diseñar arquitecturas seguindo os principios do continuum Cloud-Edge-Mist, avaliando as vantaxes que achega en canto a elasticidade, dispoñibilidade e eficiencia.	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6

Deseñar estratexias de xestión eficiente de recursos, incluíndo asignación e planificación, almacenamento persistente, replicación, coherencia e balanceo de carga en contornos distribuídos.	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6
Desenvolver e despregar sistemas distribuídos complexos, utilizando técnicas de orquestración e coreografía, metodoloxías de entrega continua e aplicando principios de usabilidade e deseño centrado no usuario.	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6

Contidos

Topic

Entorno distribuídos	Sincronización, exclusión mutua e concorrencia. Comunicación en grupo. Algoritmos distribuídos clásicos (Consenso, quórum distribuído, Paxos, etc.). Multidifusión e as solucións gossip.
Virtualización.	Plataformas e técnicas. Máquinas virtuais e contedores. Virtualización da función de rede.
Cloud Computing.	Capa e Arquitecturas Cloud. Plataformas. Elasticidade e dispoñibilidade. Administración e Operación. Computación fluída: Cloud vs Edge vs Mist.
Xestión de recursos.	Asignación e planificación de recursos. Almacenamento persistente. Replicación e coherencia. Balanceo de carga.
Desenvolvemento de sistemas.	Compoñentes e servizos. Orquestración e coreografía. Desenvolvemento baseado na entrega continua. Usabilidade e deseño centrado no usuario.

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Prácticas de laboratorio	19	34	53
Estudo previo	0	25	25
Flipped Learning	9	9	18
Resolución de problemas	8	9	17
Práctica de laboratorio	2	0	2
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	0	2
Resolución de problemas e/ou exercicios	2	0	2

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Prácticas de laboratorio	O estudiantado realizará un conxunto de prácticas no laboratorio relacionadas co deseño e despregue dun sistema distribuído, seguindo os principios arquitectónicos do continuum cloud-edge-mist, así como os estándares de entrega continua.
Estudo previo	Proporcionarase ao estudante o material necesario para o estudo previo á clase invertida, permitindo que chegue á clase cos coñecementos básicos xa adquiridos e facilitando un aprendizaxe máis activo, participativo e centrado na resolución de dúbidas e actividades prácticas.
Flipped Learning	Utilizarase principalmente unha metodoloxía de clase invertida que fomenta a autonomía do alumnado mediante un estudo previo, de modo que o tempo en clase se dedique á aplicación práctica, o debate e a resolución de dúbidas.
Resolución de problemas	Empregarase unha metodoloxía de resolución de problemas para abordar os aspectos máis conceptuais e analíticos da materia.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Prácticas de laboratorio	Resólvanse as dúbidas de forma presencial, en liña ou vía Moovi. No caso das tutorías síncronas, acordarase previamente.
Estudo previo	Resólvanse as dúbidas de forma presencial, en liña ou vía Moovi. No caso das tutorías síncronas, acordarase previamente.

Avaliación

Description	Qualification	Training and Learning Results
-------------	---------------	-------------------------------

Práctica de laboratorio	A práctica de laboratorio será de entrega continua en polo menos tres entregas distintas. O total das entregas suporá o 50 % da cualificación da materia.	50	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6
Exame de preguntas de desenvolvemento	Na convocatoria oficial de exames realizarase un exame escrito sobre a totalidade dos contidos da materia, con preguntas de desenvolvemento que demostren a madurez do estudantado nos devanditos contidos.	30	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6
Resolución de problemas e/ou exercicios	Entre as semanas 7 e 9, o estudantado deberá resolver un conxunto de exercicios e casos propostos, relacionados cos aspectos máis conceptuais e analíticos.	20	B9	C3 C8 C9 C17 C18	D1 D4 D6

Other comments on the Evaluation

A avaliación continua basearase na entrega progresiva dos traballos prácticos, a realización dos exercicios propostos e o exame final. Na avaliación final, os elementos avaliábeis serán as prácticas de laboratorio e un exame escrito de desenvolvemento que terá lugar na convocatoria oficial, cunha ponderación do 50 % cada un. A avaliación de fin de carreira será equivalente á avaliación final.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Complementary Bibliography

George Colouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, Gordon Blair, **Distributed systems: Concepts and design.**, Ed. Pearson, 2012

Nayan B. Ruparelia, **Cloud Computing, revised and updated edition (The MIT Press Essential Knowledge series)**, The MIT Press, 2023

Wan Fokkink, **Request exam copy View preview Distributed Algorithms An Intuitive Approach**, The MIT Press, 2013

Dan C. Marinescu, **Cloud Computing: Theory & Practice**, Elsevier, 2013

Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej Goscinski, **Cloud computing: principles and paradigms**, wiley, 2014

Kai Hwang, Geoffrey C. Fox and Jack J. Dongarra, **Distributed and Cloud Computing**, elsevier, 2012

Recomendacións

IDENTIFYING DATA				
Radio				
Subject	Radio			
Code	10414-76018			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1	1c
Teaching language	Castelán			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Arias Acuña, Alberto Marcos			
Lecturers	González Valdés, Borja Rubiños López, José Óscar			
E-mail	marcos@com.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	Nesta materia obrigatoria de primeiro cuadrimestre, o alumno familiarízase cos sistemas de comunicacións por radio, empezando polas propiedades das antenas, continuando co estudo do ruído e interferencias e finalizando co cálculo do balance de enlace en diferentes escenarios de propagación. Estes conceptos aplícanse ao estudo dos servizos de radar e de radiolocalización.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Code	
C2	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir, planificar e supervisar equipos multidisciplinares
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C5	Utilizar ferramentas propias de dirección xeral, dirección técnica e dirección de proxectos de investigación, desenvolvemento e innovación, en empresas e centros tecnolóxicos.

Resultados previstos na materia	
Expected results from this subject	Training and Learning Results
Capacidade para realizar deseños básicos de antenas	C2
Capacidade para calcular o balance de enlace tendo en conta tanto sinal como perturbacións en distintos escenarios	C2 C3
Capacidad para deseñar sistemas de radionavegación e posicionamiento	C3 C5
Capacidade para deseñar sistemas radar	C5

Contidos	
Topic	
1. Deseño básico de antenas	1.1 Fundamentos electromagnéticos 1.2 Antenas 1.3 Fórmula de Friis Competencias relacionadas: C6, C15
2. Modelos de ruído e interferencias	2.1 Ruído térmico 2.2 Ruído de antena e receptor 2.3 Interferencias 2.4 Disponibilidade, desvanecementos e diversidade 2.5 Sistemas radio limitados por ruído e por interferencia Competencias relacionadas: C6, C15, C16
3. Cálculo de enlaces en distintos escenarios de propagación	3.1 Propagación en baixas frecuencias 3.2 Propagación en altas frecuencias 3.3 Modelos de propagación Competencias relacionadas: C6, C15
4. Deseño de sistemas de radionavegación	4.1 Fundamentos e tipos dos sistemas de radionavegación 4.2 Sistemas de radionavegación por satélite Competencias relacionadas: C8, C16, D5
5. Deseño de sistemas radar	5.1 Fundamentos e tipos dos sistemas radar. Sección recta radar 5.2 Deseño dun sistema radar Competencias relacionadas: C8, D5

Planificación			
	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	21	33	54
Seminario	5	20	25
Prácticas de laboratorio	14	14	28
Resolución de problemas e/ou exercicios	1	8	9
Exame de preguntas de desenvolvemento	1	8	9

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente	
	Description
Lección maxistral	Exposición dos contidos da materia; inclúe exposición de conceptos; introdución de prácticas e exercicios; e resolución de problemas e/ou exercicios en aula ordinaria. Con esta metodoloxía traballaranse as competencias CB2, CE2, CE3 e CE5
Seminario	Docencia en formato seminario, no que o alumnado participa moi activamente na evolución das clases profundando nun tema específico, ampliándoo e relacionándoo con contidos orientados á práctica profesional; incluíndo a participación en eventos científicos e/ou divulgativos, organizados ou non na propia Escola; a organización de debates que permitan confrontar ideas e propostas, guiados por docentes, tanto presenciais como online; e o estudo de casos/análises de situacións (análises dun problema ou caso real, coa finalidade de coñecelo, interpretalo, resolvelo, xerar hipótese, diagnosticarlo e penetrarse en procedementos alternativos de solución, para ver a aplicación dos conceptos teóricos na realidade). Estas actividades poden ter relacionada unha carga de traballo autónomo do alumnado. Con esta metodoloxía traballaranse as competencias CB4, CE2, CE3 e CE5
Prácticas de laboratorio	Aplicación, a nivel práctico, dos coñecementos e habilidades adquiridos nas clases teóricas, mediante prácticas realizadas con equipamento de test e medida, xa sexa no laboratorio ou de campo. Tamén incluíndo prácticas de laboratorio realizadas sobre computadores (simulacións, análises, procesados, etc.), exercicios de programación, traballos realizados online, etc. Con esta metodoloxía traballaranse as competencias CB2, CE2 y CE5

Atención personalizada	
Methodologies	Description
Lección maxistral	Nesta metodoloxía, aténdese e responde a todas as preguntas que poida facer cada estudante. Os horarios das titorías e a forma de solicitalas móstranse no Moovi da materia.
Seminario	Faise unha corrección individualizada dos exercicios e/ou problemas resoltos, xa sexa en clase como de traballo autónomo. Ademais, nas clases de problemas/prácticas aténdese a cada estudante de maneira individualizada.
Prácticas de laboratorio	Aténdese a cada estudante de maneira individualizada.

Avaliación			
	Description	Qualification	Training and Learning Results
Seminario	Presentación dun proxecto individual sobre o balance de enlace dun sistema concreto.	10	C2 C3 C5
Prácticas de laboratorio	Os Estudiantes durante o curso participan en prácticas individuais ou en grupo e realizan traballos individuais. A nota individual para cada estudante deste apartado sería a correspondente á avaliación continua y pode supor ata un 30% da nota final.	20	C2 C3 C5
Resolución de problemas e/ou exercicios	Examen final: consiste nunha proba para a avaliación das competencias adquiridas polos estudantes mediante a resolución de problemas sinxelos e preguntas cortas de teoría.	40	C2 C5
Exame de preguntas de desenvolvemento	Examen final: consiste nunha proba para a avaliación das competencias adquiridas polos estudantes mediante a resolución de problemas sinxelos e preguntas cortas de teoría.	30	C2 C5

Other comments on the Evaluation

Os estudantes durante o curso participan en prácticas individuais ou en grupo e realizan traballos individuais dentro da avaliación continua. A nota individual pode supor até un 30% da nota final. Na avaliación continua, a asistencia a prácticas é obrigatoria, aínda que non existe un mínimo de traballos presentados para obter cualificación.

A avaliación continua constará adicionalmente dun exame escrito sobre os dous primeiros temas que suporá até un 30% da nota.

Todos os estudantes deben realizar o exame final na data disposta polo centro, que constará nunha única proba para os estudantes en avaliación continua. Os estudantes que se presenten a avaliación global terán que facer ademáis unha proba equivalente ao exame parcial.

Para aprobar a materia é necesario sacar un mínimo de 4 sobre 10 nos dous exames escritos. De non superarse ese mínimo, a máxima cualificación que se podría obter sería 4,9.

A nota final tanto na ordinaria como na extraordinaria, será a maior entre a nota dos exames escritos e a suma da nota de avaliación continua incluíndo a do exame final.

Considerarase presentado a toda persoa matriculada nesta materia que reciba calquera dos dous exames escritos.

A avaliación na convocatoria fin de carreira será similar á da avaliación global.

En caso de detección de plaxio nalgún dos traballos/probas realizados, a cualificación final da materia será de "suspenso (0)" e os profesores lle comunicarán á dirección da escola o asunto para que tome as medidas oportunas.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Marcos Arias Acuña, Oscar Rubiños López, **Radiocomunicación**, 1a, Andavira Editora, 2011

José María Hernando Rábanos, **Transmisión por Radio**, 6a, Editorial Universitaria Ramón Areces, 2008

John Griffiths, **Radio Wave Propagation and Antennas. An Introduction**, 1st, Prentice Hall, 1985

Complementary Bibliography

Robert R. Collin, **Antennas and Radiowave Propagation**, 1st, Mc Graw Hill, 1985

Thomas A. Milligan, **Modern Antenna Design**, 2nd, Wiley, 2005

ngel Cardama, L. Jofre, J.M. Rius, S. Balnch, M. Ferrando, **Antenas**, 2a, Ediciones UPC, 2002

Constantine A. Balanis, **Antenna Theory. Analysis and Design**, 3rd, Wiley, 2005

ITU-R, Recommendations,

Recomendacións

Subjects that continue the syllabus

Antenas/V05M145V01208

Laboratorio de Radio/V05M145V01209

Satélites/V05M145V01311

Sistemas de Radio en Banda Larga/V05M145V01312

IDENTIFYING DATA				
Tratamiento de señal en comunicaciones				
Subject	Tratamiento de señal en comunicaciones			
Code	10414-76019			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1	1c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	López Valcarce, Roberto			
Lecturers	López Valcarce, Roberto			
E-mail	valcarce@gts.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	Esta materia profundiza na aplicación das técnicas de procesamento do sinal máis habituais ao deseño dos sistemas de comunicacións, con particular énfase no procesado dixital. Os aspectos estudados inclúen mostraxe e cuantificación, estimación bloque e adaptativa, modulación mediante transformadas bloque, remostraxe e filtrado.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Code	
B4	Concibir a Enxeñaría nun marco de desenvolvemento sostible.
B8	Coñecer as limitacións, riscos e implicacións do uso da IA Xenerativa.
C1	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir obras e instalacións de sistemas de telecomunicación, cumprindo a normativa vixente, asegurando a calidade do Servizo.
C2	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir, planificar e supervisar equipos multidisciplinares
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.

Resultados previstos na materia				
Expected results from this subject	Training and Learning Results			
Capacidade para implementar técnicas avanzadas de procesado de sinal en aplicacións en diferentes campos: bioenxeñaría, bioinformática, etc.	A1	B4	C38	
	A1	B18	C38	
		B8	C38	
			C38	
Capacidade para aplicar técnicas de procesado de sinal ao modelado e simulación de sistemas de comunicacións.		B4	C1	
			C2	
Capacidade para simular a capa física dos sistemas por cable, liña, satélite en contornas de comunicacións fixas e móbiles.	A1	B18	C2	D10
		B18	C3	D10
		B4	C38	
		B8	C38	

Contidos	
Topic	
Mostraxe e cuantificación	- Aliasing - Mostraxe banda base e pasobanda - Remostraxe: diezmado, interpolación - Ruído de cuantificación - Distorsión por sobrecarga - Rango dinámico libre de espurios - Efecto de erros no instante de mostraxe
Transformadas Bloque en Comunicacións e Multimedia	- DFT: formulación e propiedades. - Análise frecuencial utilizando a DFT. Enventanado. - Estimación do espectro de potencia: periodograma e método de Welch - Modulacións dixitais baseadas na DFT: SC-FDE, OFDM.

- Criterio de Mínimos Cuadrados
- Criterio de mínimo erro cuadrático medio
- Propiedades do estimador LMMSE
- Formulación no espacio de estados
- O filtro de Kalman

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	26	20	46
Prácticas con apoio das TIC	14	24	38
Resolución de problemas de forma autónoma	0	24	24
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	0	2
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas 0		5	5
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas 0		5	5
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas 0		5	5

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	Exposición dos principais contidos teóricos da materia con axuda de medios audiovisuais. Resolución de problemas e/ou exercicios teóricos. Competencias traballadas: CG4, CG8.
Prácticas con apoio das TIC	Coa dirección do profesor, o alumnado debe desenvolver prácticas nas que aplicará varias das técnicas estudadas de maneira simultánea. Utilízase o entorno de programación MATLAB. Competencias traballadas: CE1, CE2, CE3.
Resolución de problemas de forma autónoma	Actividades de simulación das técnicas estudadas aplicadas a diferentes problemas de comunicacións dixitais e tratamento de sinais multimedia. Competencias traballadas: CE1, CE2, CE3.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Prácticas con apoio das TIC	Proporcionarase atención personalizada ó alumnado no horario de tutorías mediante cita previa, así como mediante correo electrónico (ver https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11637). Establecerase un foro de discusión accesible ó alumnado mediante a plataforma web usual.
Lección maxistral	Proporcionarase atención personalizada ó alumnado no horario de tutorías mediante cita previa, así como mediante correo electrónico (ver https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11637). Establecerase un foro de discusión accesible ó alumnado mediante a plataforma web usual.

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Exame de preguntas de desenvolvemento	Exame final no cal o alumnado debe resolver varios exercicios teóricos.	40	B4 C1 C2
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Informe de resultados da primeira práctica de simulación que se plantexa. Realízase en xeral por parellas, e asignarase a mesma nota a ambos membros. O instrutor poderá monitorizar o progreso da práctica e requirir aclaracións de xeito individual para verificar que ambos membros participaron activamente na totalidade do informe.	20	B4 B8 C1 C2 C3
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Informe de resultados da segunda práctica de simulación que se plantexa. Realízase en xeral por parellas, e asignarase a mesma nota a ambos membros. O instrutor poderá monitorizar o progreso da práctica e requirir aclaracións de xeito individual para verificar que ambos membros participaron activamente na totalidade do informe.	20	B4 B8 C1 C2 C3
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Informe de resultados da terceira práctica de simulación que se plantexa. Realízase en xeral por parellas, e asignarase a mesma nota a ambos membros. O instrutor poderá monitorizar o progreso da práctica e requirir aclaracións de xeito individual para verificar que ambos membros participaron activamente na totalidade do informe.	20	B4 B8 C1 C2 C3

Other comments on the Evaluation

Seguindo as directrices propias da titulación, ofrécese ao alumnado que curse esta materia dous posibles sistemas de

avaliación:

1) Avaliación continua: A cualificación final é o resultado de sumar as notas do exame (ata 4 puntos), e dos informes de prácticas (ata 6 puntos).

Para superar a materia é necesario obter alomenos unha cualificación de 35% no exame. De non selo caso, a nota final será directamente a obtida no exame.

De cara á oportunidade extraordinaria, manteráanse as notas obtidas nos informes de prácticas, e poderase repetir o exame final.

2) Avaliación global ao remate do cuatrimestre: A cualificación final é a obtida no exame final, tanto na oportunidade ordinaria como na extraordinaria.

Considérase que se opta pola avaliación continua no momento en que se entrega calquera informe de prácticas.

Os informes e o exame poderanse realizar indistintamente en galego, castelán ou inglés.

En caso de detección de copia en calquera das probas (informes de prácticas ou exame final), a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

S. Mitra, **Digital Signal Processing: A Computer Based Approach.**, 4th,

Behrouz Farhang-Boroujeny, **Signal Processing Techniques for Software Radios**, 2nd,

M. S. Grewal and A. P. Andrews, **Kalman filtering: theory and practice using Matlab**, 2nd,

Complementary Bibliography

J.G. Proakis and D.G. Manolakis, **Digital Signal Processing**, 4th,

Recomendacións

Subjects that continue the syllabus

Inferencia en ingeniería/10414-76041

Codificación de fuente y canal/10414-76034

Comunicaciones digitales avanzadas/10414-76033

Other comments

Asúmese que o alumnado posúe coñecementos básicos nas seguintes áreas:

- Procesado de Sinal: sinais analóxicos e discretos, dominios temporal e frecuencial, Transformada de Fourier, sistemas liñais (tempo continuo e discreto), convolución, función de transferencia, filtros FIR e IIR, retardo de grupo, polos e ceros.
 - Probabilidade e Estatística: variables aleatorias, función de densidade de probabilidade, función de distribución, media, varianza. Distribucións gausiana e uniforme. Procesos estocásticos: autocorrelación, correlación cruzada, estacionariedade, densidade espectral de potencia.
 - Comunicacóns: taxa de bit, taxa de símbolo, modulación de amplitude, modulacóns PAM e QAM.
-

IDENTIFYING DATA				
Sistemas electrónicos digitales avanzados				
Subject	Sistemas electrónicos digitales avanzados			
Code	10414-76020			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1	1c
Teaching language	#EnglishFriendly Castelán			
Department	Tecnoloxía electrónica			
Coordinator	Valdés Peña, María Dolores			
Lecturers	Moure Rodríguez, María José			
E-mail	mvaldes@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/course			
General description	Esta materia ten como obxectivo que o alumnado sexa capaz a deseñar sistemas dixitais complexos ou de alta frecuencia de funcionamento. Para iso estúdanse, en primeiro lugar, as características eléctricas, o consumo, velocidade e cargabilidade dos circuitos integrados dixitais e as tecnoloxías de memorias semicondutoras. Posteriormente, estúdanse os sistemas de conexión con periféricos externos e profúndase nos métodos de deseño de sistemas secuenciais síncronos. Finalmente, a materia céntrase no deseño de sistemas de comunicacións dixitais implementados en circuitos programables de alta densidade de integración. Ademais, ao longo de toda a materia, faise énfase na descrición VHDL de sistemas dixitais de alta complexidade.			
	Materia do programa English Friendly: Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliografías para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés			

Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Code	
B10	Coñecer as linguaxes de descrición hardware para circuitos de alta complexidade.
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C6	Aplicar os coñecementos adquiridos e resolver problemas en contornas novas ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinares, sendo capaces de integrar coñecementos.
C8	Comunicar (de forma oral e escrita) as conclusións- e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan- a públicos especializados e non especializados dun modo claro e sen ambigüidades.
C9	Aprender de forma continuada, autodirigida e autónoma.
C19	Utilizar dispositivos lóxicos programables, así como deseñar sistemas electrónicos avanzados, tanto analóxicos como dixitais. Deseñar compoñentes de comunicacións por exemplo encaminadores, conmutadores, concentradores, emisores e receptores en diferentes bandas.
D7	Deseñar e fabricar circuitos integrados.

Resultados previstos na materia			
Expected results from this subject		Training and Learning Results	
Coñecer as diferentes tecnoloxías de fabricación de circuitos integrados.		D7	
Saber analizar e deseñar circuitos electrónicos dixitais avanzados.		C3 C19	
Saber deseñar circuitos de interfaz de entrada/saída.		C19 D7	
Coñecer as metodoloxías de deseño de circuitos dixitais complexos.		C6 C9 C19	
Saber deseñar compoñentes de comunicacións baseados en dispositivos lóxicos programables.	B10	C6 C8 C19	
Saber deseñar sistemas electrónicos dixitais complexos utilizando linguaxes de descrición hardware.	B10		

Contidos
Topic

Introdución aos circuítos integrados dixitais	Tecnoloxía CMOS: tecnoloxías NMOS e PMOS, portas CMOS, fabricación CMOS. Metodoloxías de deseño HW : a medida, semimedida, baseada en celas, baseada en matrices, dispositivos lóxicos programables (FPGAs). Metodoloxías de deseño SW: niveis de abstracción, métodos de deseño, fluxo de deseño, IPs.
VHDL avanzado	Descrición VHDL de sistemas dixitais complexos: variables, arrays, records, generics, generate, function, procedure. Codificación VHDL de Máquinas de Estado Finitas. Síntese avanzada: inferencia, primitivas, IPs.
Circuítos integrados CMOS	Métricas de deseño: voltaxes, ruído, fan-in, fan-out, retardo, potencia. Características do consumo de potencia en FPGAs. Entrada/saída: niveis estandar, encapsulado. Características temporais: set-up, hold, metaestabilidade, skew, jitter, distribución de reloxo.
Deseño secuencial	Sincronizadores: entradas asíncronas, PLLs, DLLs. Recursos de reloxo en FPGAs. Métodos de deseño secuencial: deseño de máquinas de estado finitas Moore e Mealy.
Memorias semicondutoras	Arquitectura das memorias semicondutoras: RAM, CAM, ROM, EEPROM, FLASH. Interfaz con memorias: interfaz con RAM, DRAM, EEPROM, FLASH. Memoria en FPGAs: distribuída, bloques, memoria externa, IPs de memoria.
Aritmética en FPGAs	Representacións numéricas. Overflow. Técnicas para mitigar os problemas de overflow. Precisión vs. custo hardware. Operacións aritméticas. Implementacións hardware de baixo custo. Consideracións aritméticas de deseño para a codificación HDL.
Síntese de frecuencia para aplicacións de comunicacións	Sínteses de frecuencia mediante osciladores controlados numericamente (NCOs). Arquitectura dun NCO. Parámetros de deseño. Caracterización do rango dinámico libre de espurios (SFDR). Técnicas de deseño. Implementación de NCOs mediante FPGAs.
Técnicas de "retiming" e "pipeline"	Gráficos de fluxo de sinal (SFGs). Análise do camiño crítico de sistema dixitais. Análise da latencia de entrada-saída. Técnicas de retiming para reducir os retardos de propagación en sistemas dixitais: [pipelining] e [time scaling]. Aplicación das técnicas de retiming ao deseño de filtros dixitais. Custo hardware. Aplicación dos conceptos á implementación de filtros dixitais mediante FPGAs.
Implementacións serie vs. paralelo	Técnicas de deseño: totalmente serie, totalmente paralelo, serie-paralelo. Custo hardware e comportamento temporal. Aplicación dos conceptos á implementación de filtros dixitais mediante FPGAs.
Deseño e verificación en hardware (Hardware-in-the-loop)	Descrición, simulación e verificación de circuitos sintetizables en FPGAs. Aplicación al deseño de circuitos de adquisición de datos e de procesado de sinal. Ferramentas de verificación en hardware (Hardware-in-the-loop)

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	20	10	30
Prácticas de laboratorio	14	14	28
Aprendizaxe baseado en proxectos	7	10	17
Estudo previo	0	3	3
Traballo tutelado	0	6	6
Resolución de problemas de forma autónoma	0	2	2
Exame de preguntas obxectivas	1	8	9
Resolución de problemas e/ou exercicios	0	8	8
Práctica de laboratorio	0	12	12
Proxecto	0	10	10

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	O profesorado expón os contidos teóricos da materia favorecendo a discusión crítica e a participación do alumnado. Como tarefa previa, a documentación de cada sesión estará dispoñible vía Moovi e espérase que o alumnado asista a clase lendoa previamente.
	Nas sesións maxistras trabállanse as competencias C9, D7, B10 e C19.
Prácticas de laboratorio	Nas sesións de laboratorio o alumnado aplica os métodos de deseño descritos nas sesións maxistras. Todas as sesións son guiadas e supervisadas polo profesorado.
	Nas sesións de laboratorio trabállanse as competencias C3, D7, B10 e C19.
Aprendizaxe baseado en proxectos	Esta actividade céntrase en aplicar as técnicas descritas nas sesións de teoría e habilidades desenvolvidas no laboratorio á realización dun proxecto. O alumnado debe chegar a solucións ben fundamentadas, escollendo os métodos de deseño máis adecuados. Estes proxectos planifícanse e tutorízanse en grupos de tamaño reducido.
	Mediante os proxectos trabállanse as competencias B10, C3, C6, C8, C9, C19 e D7.
Estudo previo	Esta tarefa comprende a preparación de sesións de teoría e prácticas de laboratorio.
	Trabállanse as competencias B10, C3, C6, C9, C19 e D7.
Traballo tutelado	Consiste nas actividades guiadas que se realizan nas prácticas de laboratorio.
	Trabállanse as competencias B10, C3, C6, C9, C19 e D7.
Resolución de problemas de forma autónoma	O profesor orienta un conxunto de problemas que se realizan de forma autónoma en horas de traballo individual.
	Trabállanse as competencias B10, C3, C6, C9, C19 e D7.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	O alumnado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642 María Dolores Valdés Peña - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303
Prácticas de laboratorio	O alumnado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642 María Dolores Valdés Peña - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303

Aprendizaxe baseado en proxectos	Planificaranse reunións con cada grupo de alumnos para o seguimento dos proxectos.
Traballo tutelado	O estudantado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642 María Dolores Valdés Peña - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303
Resolución de problemas de forma autónoma	O estudantado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642 María Dolores Valdés Peña - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303
Tests	Description
Resolución de problemas e/ou exercicios	O estudantado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642 María Dolores Valdés Peña - https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results		
Exame de preguntas obxectivas	Realizarase unha proba de preguntas de desenvolvemento e/ou problemas curtos a finais do cuadrimestre. Esta proba avalía todos os contidos impartidos nas clases teóricas.	40	B10	C19	D7
Resolución de problemas e/ou exercicios	O alumnado resolverán un conxunto de problemas e/ou exercicios de deseño de sistemas. Representa o 10% da cualificación final.	10	B10	C19	D7
Práctica de laboratorio	Estas probas realízanse durante as sesións de prácticas de laboratorio. O alumnado debe completar, polo menos, o 80% das sesións. A realización práctica dos circuitos indicados no guión e os informes entregados despois de cada sesión representan o 25% da cualificación final.	25	B10	C3 C6 C19	D7
Proxecto	O estudantado realizará un proxecto en grupo de 2 estudantes, preferiblemente, no que desenvolverán as habilidades adquiridas durante as sesións maxistras e as prácticas de laboratorio. Este proxecto representa o 25% da nota final da materia.	25	B10	C3 C6 C8 C9 C19	D7

Other comments on the Evaluation

A materia pode ser superada coa nota máxima mediante avaliación continua (AC) ou avaliación global (AG). Ambos os métodos de avaliación son excluíntes. O/a estudante que asista a máis de 2 sesións de laboratorio considéranse que optan pola avaliación continua. Con todo, aqueles/as que desexen renunciar á avaliación continua, poderán facelo nun prazo máximo dun mes antes da finalización do cuadrimestre.

1. Avaliación continua

O alumnado que opte pola modalidade de AC terá dúas oportunidades de avaliación, a oportunidade ordinaria ao finalizar o cuadrimestre e a extraordinaria ao finalizar o curso (Xuño-Xullo).

1.1 Oportunidade ordinaria de AC:

A oportunidade ordinaria consta dun conxunto de probas que se realizarán ao longo do cuadrimestre. As datas de todas as probas publicarase nun calendario compartido e estará dispoñible ao comezo do cuadrimestre. O peso e o contido das probas é o seguinte:

- Exame de preguntas obxectivas e/ou exame de preguntas de desenvolvemento (NExam):

- Esta proba cobre todos os contidos impartidos nas sesións de teoría e/ou de prácticas. Consta de problemas e/ou preguntas curtos ou de preguntas de múltiples respostas.

- O/a estudante supera esta parte se obtén unha nota NExam maior ou igual a 4 sobre 10.

- Resolución de problemas e/ou exercicios (NExerc):

- Consiste nun conxunto de problemas e/ou exercicios de deseño que se indican nas sesións de teoría e que o alumnado debe entregar en determinadas datas previamente estipuladas.
- Estas actividades realízanse en horas de traballo autónomo.

- Prácticas de laboratorio (NPrac):

- O estudantado debe implementar de forma correcta os circuitos descritos nos guións das prácticas e entregar un informe de resultados correspondente a cada práctica. A cualificación de cada práctica depende destes resultados.
- Pode ser realizado de forma individual ou por grupos de 2 estudantes. Neste último caso, e se ambos asisten á práctica, a cualificación é a mesma para os 2 estudantes.
- As prácticas teñen carácter obrigatorio. O estudantado debe asistir, polo menos, ó 80% das sesións prácticas.
- A nota de prácticas calcúlase como a media das notas obtidas en cada práctica evaluable.

- Proxecto (NPro):

- Este proxecto realizarase de forma autónoma polo estudantado con tutorización do profesorado responsable nas horas tipo C.

Cualificación final de avaliación continua (Final_AC):

A cualificación final da AC ordinaria obtense da seguinte forma:

$\text{Final_AC} = (\text{NExam} \cdot 0.4 + \text{NExerc} \cdot 0.1 + \text{NPrac} \cdot 0.25 + \text{NPro} \cdot 0.25)$ se NExam, NPrac e NPro son maiores ou igual a 4;

$\text{Final_AC} = \min[(\text{NExam} \cdot 0.4 + \text{NExerc} \cdot 0.1 + \text{NPrac} \cdot 0.25 + \text{NPro} \cdot 0.25), 4.9]$ noutro caso;

1.2 Oportunidade extraordinaria de avaliación continua:

O estudantado que non supere unha ou máis das probas da avaliación continua na oportunidade ordinaria poden recuperar as seguintes partes na oportunidade extraordinaria:

- Pode completar o seu proxecto e esta nota substitúe á anterior (NPro).
- Pode realizar o exame teórico e esta nota substitúe á anterior (NExam).
- Pode realizar os problemas e/ou exercicios de deseño e esta nota substitúe á anterior (NExerc).

A cualificación final da AC extraordinaria obtense de igual forma que a ordinaria.

2. Avaliación global (AG)

Do mesmo xeito que a avaliación continua, o alumnado que opte por avaliación única terán dúas oportunidades de avaliación, ordinaria e extraordinaria. En ambos os casos constará das seguintes probas:

- Un exame no que se avalían todos os contidos teóricos da materia. Consiste en varios problemas curtos e/ou preguntas de desenvolvemento e dura 2 horas. Para superar o exame é necesario obter un 4 sobre 10. Esta proba representa o 40% da nota final (NExam).
- Un exame práctico de deseño de sistemas cun grao de complexidade similar ao das prácticas de laboratorio realizadas durante o curso. A duración do exame será de 2 horas. O peso desta avaliación representa o 20% da nota final (Nprac).
- Un proxecto individual cos mesmos obxectivos e complexidade que o proxecto realizado na avaliación continua. Este proxecto representa o 40% da nota final (NPro) e é necesario obter unha nota maior que 4 sobre 10 para superar a materia.

Calificación final de avaliación global (Final_AG):

A nota final (Final_AG) obtense da seguinte maneira:

$\text{Final_AG} = (\text{NExam} \cdot 0.4 + \text{NPrac} \cdot 0.2 + \text{NPro} \cdot 0.4)$ se NExam, NPrac e NPro son maiores ou igual a 4;

$\text{Final_AG} = \min[(\text{NExam} \cdot 0.4 + \text{NPrac} \cdot 0.2 + \text{NPro} \cdot 0.4), 4.9]$ noutro caso;

3. Outros comentarios

- O estudantado poderá redactar os seus informes, traballos, exames ou presentacións en castelán, galego ou inglés.
- As notas obtidas na avaliación continua ou global 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. 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 o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Complementary Bibliography

Weste N., Harris D., **CMOS VLSI Design. A circuits and systems perspective**, 4, 2011

Roth C.H., John L.K., **Digital systems design using VHDL**, 3, 2008

Sharma A.K., **Semiconductor memories : technology, testing, and reliability**, 1997

Kurinec S.K., Iniewski K., **Nanoscale Semiconductor Memories: Technology and Applications (Devices, Circuits, and Systems)**, 2013

Kleitz W., **Digital Electronics: A Practical Approach with VHDL**, 9, 2011

Comer D.J., **Digital logic and state machine design**, 3, 1995

Wakerly J.F., **Digital Design. Principles and Practices**, 4, 2007

Moure M.J., Valdés M.D., **Apuntes y prácticas de SEDA**, 2017

Recomendacións

Subjects that continue the syllabus

Circuitos mixtos analógicos y digitales/10414-76030

Codiseño hardware/software de sistemas empotrados/10414-76031

IDENTIFYING DATA				
(*)Redes integradas				
Subject	(*)Redes integradas			
Code	10414-76021			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1st	2nd
Teaching language	#EnglishFriendly			
Department				
Coordinator	Fernández Veiga, Manuel			
Lecturers	Díaz Redondo, Rebeca Pilar			
E-mail	mveiga@det.uvigo.es			
Web				
General description				

Training and Learning Results

Code	
B9	Understand and apply the functioning and organization of the Internet, next-generation Internet technologies and protocols, component models, middleware, and services.
C3	Perform mathematical modeling, calculations, and simulations in technology and engineering centers, particularly in research, development, and innovation tasks in all areas related to Telecommunications Engineering and related multidisciplinary fields.
C4	Apply methodologies for the development, strategic planning, direction, coordination, and technical and economic management of projects in all areas of telecommunications engineering, following quality and environmental criteria.
C5	Use tools specific to general management, technical management, and research, development, and innovation project management in companies and technology centers.
C6	Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.
C9	Learn continuously, self-directedly, and autonomously.
C16	Implement cable, landline, and satellite systems in fixed and mobile communications environments.
C17	Carry out planning, decision-making and packaging of networks, services and applications considering the quality of service, direct and operating costs, the implementation plan, supervision, security procedures, scaling and maintenance, as well as managing and ensuring quality in the development process
C18	Solve the convergence, interoperability and design of heterogeneous networks with local, access and backbone networks, as well as the integration of telephone, data, television and interactive services.
D1	Project, calculate, and design products, processes, and facilities in all areas of telecommunications engineering
D4	Design and dimension transport, broadcast and distribution networks for multimedia signals
D6	Model, design, implement, manage, operate, administer, and maintain networks, services, and content.

Expected results from this subject

Expected results from this subject	Training and Learning Results			
Know and know how to apply contemporary unified methods of information coding.	A1	B18	C3	D10
	A1	B18	C4	D1
	A1	B18	C5	D10
	A1	B18	C6	D10
	A1	B18	C38	D10
		B9	C16	D4
		B18	C17	D10
		B18	C18	D10
			C38	D6
			C38	D10
			C38	D10
				D10
				D10

Know and know how to apply in real systems the principles of communication theory and interference management: non-orthogonal transmission and rate splitting.	A1	B18	C3	D10
	A1	B18	C4	D1
	A1	B18	C5	D10
	A1	B18	C6	D10
	A1	B18	C9	D10
		B9	C38	D4
		B18	C16	D6
		B18	C17	D10
Know and know how to apply mass access techniques for multiple access in the design of advanced communications solutions.		B18	C18	D10
	A1	B18	C3	D10
	A1	B18	C4	D1
	A1	B18	C5	D10
	A1	B18	C6	D10
	A1	B18	C9	D10
		B9	C38	D4
		B18	C16	D6
Understand and know how to design with the principles of advanced communication networks: softwarization, virtualization, cell-free networks, RAN disaggregation		B18	C17	D10
		B18	C18	D10
	A1	B18	C3	D10
	A1	B18	C4	D1
	A1	B18	C38	D10
	A1	B18	C5	D10
	A1	B18	C6	D4
		B9	C38	D10
To know and know how to build solutions with the technologies and architectures of integrated space-air-ground networks			C9	D10
			C16	D6
			C17	
			C18	
	A1	B18	C3	D10
	A1	B18	C4	D1
	A1	B18	C38	D10
	A1	B18	C5	D10
	A1	B18	C6	D4
		B9	C38	D10
			C9	D10
			C16	D6
			C17	
			C18	

Contents

Topic	
1. Coding of information: a unified vision unified	Codes for massive storage of data. Advanced channel coding. Network coding. Coded caching
2. Multiple access and management of interferences	Non orthogonal transmission. Rate splitting. MIMO communications
3. Massive multiple access	Principles of access URA. Coding schemes
4. Advanced network architectures	Software controlled networks. Cell-free networks. Virtualization. RAN disaggregation
5. Integrated networks space-air-ground	Architectures. System model. Performance. Challenges and open problems

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	19	38	57
Problem solving	7	10	17
Autonomous problem solving	0	15	15
Laboratory practical	14	20	34
Essay questions exam	2	0	2
Problem and/or exercise solving	0	0	0

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Lecturing	Presentation and debate of the technical contents of the course

Problem solving	Resolution of exercises and representative problems of the concepts covered in the course
Autonomous problem solving	Resolution by writing of exercises proposed by the instructors
Laboratory practical	Development and construction of software prototypes of systems and integrated networks

Personalized assistance

Methodologies Description

Lecturing	Personalized advising and tutoring will be offered on any topic covered during the course, theoretical or applied.
Problem solving	Personalized advising and tutoring will be offered on any topic covered during the course, theoretical or applied.

Assessment

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Laboratory practical	(*)Avaliación da novidade, calidade e alcance dos proxectos de programación asignados no curso, e dos seus informes	40	B9 C3 C4 C5 C6 C9 C16 C17 C18
Essay questions exam	(*)Exame escrito de resolución de exercicios, problemas e cuestións	40	B9 C3 C4 C5 C6 C9 C16 C17 C18
Problem and/or exercise solving	(*)Avaliación dos exercicios propostos ao longo do curso	20	B9 C3 C4 C5 C6 C9 C16 C17 C18

Other comments on the Evaluation

The use of generative AI tools for solving the tasks and assignments in the course is not forbidden, yet the degree of originality and authorship of the answers will be closely monitored and assessed.

Assessment in the second opportunity will follow the same requirements and obligations as in the first opportunity

Sources of information

Basic Bibliography

Complementary Bibliography

Y. Polyanski, Y. Wu, **Information Theory**, 1, Cambridge University Press, 2025

Matteo Berlioli, Giuseppe Cocco, Gianluigi Liva and Andrea Munari, **Modern Random Access Protocols**, 1, Foundation and Trends in Networking, 2016

Özlem Tugfe Demir, Emil Björnson and Luca Sanguinetti, **Foundations of User-Centric Cell-Free Massive MIMO**, 1, Foundations and Trends in Signal Processing, 2021

Emil Björnson, Jakob Hoydis and Luca Sanguinetti, **Massive MIMO Networks: Spectral, Energy, and Hardware Efficiency**, 1, Foundations and Trends in Networking, 2017

Recommendations

IDENTIFYING DATA				
Electrónica y fotónica avanzadas para comunicaciones				
Subject	Electrónica y fotónica avanzadas para comunicaciones			
Code	10414-76022			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1	2c
Teaching language	Castelán			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Fernández Barciela, Mónica			
Lecturers	Fraile Peláez, Francisco Javier			
E-mail	monica.barciela@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
General description	O obxectivo da materia é que o alumnado adquirirá coñecementos sobre a implementación real de transceptores para os modernos sistemas de comunicacións que transmiten nas bandas de radiofrecuencia, microondas e óptica. No caso dos transceptores de RF e MW, o alumnado aprenderá a avaliar prestacións, seleccionar e deseñar compoñentes e circuitos analóxicos (activos e pasivos) para os mesmos. Como ferramenta de apoio, utilizará un simulador comercial de circuitos. No ámbito das comunicacións ópticas, o alumnado comprenderá o funcionamento dos compoñentes e subsistemas optoelectrónicos activos básicos de transmisión e recepción, e será capaz de caracterizalos e seleccionalos en función do sistema óptico a deseñar. Nesta materia o alumnado manexará documentación técnica e bibliografía científica en inglés.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C15	Desenvolver sistemas de radiocomunicacións: deseño de antenas, equipos e subsistemas, modelado de canles, cálculo de ligazóns e planificación
C16	Implementar sistemas por cable, liña, satélite en contornas de comunicacións fixas e móbiles.
C19	Utilizar dispositivos lóxicos programables, así como deseñar sistemas electrónicos avanzados, tanto analóxicos como dixitais. Deseñar compoñentes de comunicacións por exemplo encaminadores, conmutadores, concentradores, emisores e receptores en diferentes bandas.
C20	Aplicar coñecementos avanzados de fotónica e optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.
D1	Proxectar, calcular e deseñar produtos, procesos e instalacións en todos os ámbitos da enxeñaría de telecomunicación.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
Comprender o funcionamento dos compoñentes e subsistemas optoelectrónicos activos básicos de transmisión e recepción en comunicacións ópticas e procesado fotónico, e ser capaz de caracterizalos e seleccionalos en función do sistema óptico a deseñar.	C3 C20	D1
Manexar documentación técnica e bibliografía científica en inglés.		D1
Aprender a avaliar prestacións, seleccionar e deseñar compoñentes e subsistemas analóxicos (activos e pasivos) para emisores e receptores de comunicacións en distintas bandas de frecuencia (radiofrecuencia, microondas, ondas milimétricas). Como ferramenta de apoio, o alumnado aprenderá a utilizar un simulador comercial de circuitos para este propósito.	C3 C15 C16 C19 C20	D1

Contidos

Topic	
1. Introducción ao deseño avanzado de circuitos para transceptores de comunicacións de radiofrecuencia e alta frecuencia.	a. Sistemas de comunicacións nas bandas de RF e Microondas. b. Tecnoloxías e técnicas de deseño nas distintas bandas. c. Ferramentas básicas: Parámetros S e deseño de redes de adaptación de impedancias.
2. Deseño CAD de compoñentes pasivos para transceptores.	Acopladores, filtros e resonadores.

3. Deseño CAD de circuítos activos lineais para transceptores.	a. Deseño de redes de polarización e estabilización. b. Círculos de estabilidade, de ganancia de potencia e de ruído. c. Deseño para máxima ganancia de transducción. d. Deseño de amplificadores de baixo ruído. e. Deseño amplificadores de banda ancha.
4. Deseño CAD de circuítos activos non lineais para transceptores.	a. Amplificadores de Potencia: clases de operación, linealidade, recta de carga dinámica e contornos de potencia. Arquitecturas para máxima eficiencia enerxética. b. Conversores de frecuencia. c. Sintetizadores de frecuencia.
5. Introducción á Fotónica e Optoelectrónica avanzada.	a. Propiedades ópticas dos semicondutores. b. Láseres Fabry-Perot e DFB. c. *Fotodetectores. Réxime estático e dinámico. d. Moduladores electroópticos e de electroabsorción.
6. Transmisores e receptores ópticos.	
7. Dispositivos de procesado fotónico.	

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Prácticas con apoio das TIC	19	11.5	30.5
Lección maxistral	20	52	72
Resolución de problemas e/ou exercicios	1.5	2	3.5
Resolución de problemas e/ou exercicios	0	15	15
Resolución de problemas e/ou exercicios	1.5	2.5	4

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Prácticas con apoio das TIC	Estas prácticas aplican conceptos relativos a os contenidos en tecnologías de las microondas, ase coma Fotónica e Optoelectrónicas avanzadas. O traballo realizarase en forma individual ou en grupos pequenos, aínda que a avaliación será individual. Coa axuda dun simulador comercial de circuítos de microondas, analizaranse e deseñarán distintos circuítos pasivos (redes de adaptación, filtros, acopladores, etc.) e activos (amplificadores,...). Definiranse e avaliarán diversos parámetros de mérito e outras ferramentas que se utilizarán na análise e deseño destes circuítos. O alumnado disporá en Moovi de documentos e ficheiros de apoio. Tamén poderá solicitar unha licenza do simulador para o seu PC, grazas ao acordo de UVIGO coa empresa provedora do simulador. A avaliación do traballo realizado será: 1. En avaliación continua: mediante proba/s, de preguntas curtas e/ou a resolución de problemas de análise ou deseño con axuda do simulador. 2. En avaliación global nun exame final: mediante respostas a preguntas curtas e/ou a resolución de problemas de análise ou deseño (con ou sen axuda do simulador). Nestas prácticas trabállanse as competencias: D1, C3, C15, C16, C19 e C20
Lección maxistral	Impartirase en aula coa axuda de pizarra e medios audiovisuais, e tamén de ferramentas CAD. Describirase en detalle e explicará a maior parte dos conceptos contidos nos capítulos do programa da materia. Mostrarase a aplicación dalgúns destes conceptos mediante resolución de problemas con ou sen axuda do simulador de circuítos. Así, algunhas clases serán teóricas e outras incluírán tanto contidos teóricos como a súa aplicación práctica. O alumnado terá dispoñible en Moovi documentación e ficheiros de apoio. Nestas clases trabállanse as competencias: C3, C15, C16, C19 e C20.

Atención personalizada

Methodologies	Description
---------------	-------------

Lección maxistral	Durante as clases maxistrais contestaranse as preguntas do alumnado. Este será tamén atendido de forma persoalizada nas tutorías, onde se lle resolverán cuestións relacionadas co contido das clases maxistrais e das prácticas TIC, así como sobre as probas de avaliación e entregables de resolución de problemas/deseños a realizar. Enlace para solicitude de tutoría: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11321
Prácticas con apoio das TIC	Durante este tipo de clases prácticas, o profesor guiará o traballo do alumnado de forma persoalizada e resolveralle as dúbidas que lle poidan xurdir. Enlace para solicitude de tutoría: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11321

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Prácticas con apoio das TIC	Estas probas avalían o traballo práctico realizado polo alumnado na parte da materia relativa ás tecnoloxías de microondas. 1. En avaliación continua: Mediante unha ou varias probas individuais de preguntas curtas e/ou resolución de problemas/deseños con axuda do simulador de circuítos, durante ou en horario distinto ao de prácticas. Unha destas probas podería implicar realizar e entregar un informe dun deseño circuital. 2. En avaliación global con Exame Final individual: mediante cuestións e/ou resolución de problemas con axuda do simulador.	25	C3 C15 C16 C19 C20
Resolución de problemas e/ou exercicios	Realizarase unha proba individual de resolución de problemas (sen axuda do simulador) da parte das tecnoloxías de microondas: En avaliación continua, no marco de do Puntuable relativo aos contidos en tecnoloxías de microondas. En avaliación global, no marco do Exame Final. Esta proba poden tamén conter cuestións de resposta curta.	25	C3 C15 C16 C19 C20
Resolución de problemas e/ou exercicios	Respectos á parte da materia relativa a tecnoloxías na banda de RF: En avaliación Continua o alumnado resolverá, de forma individual ou en grupos reducidos, problemas propostos de deseño de circuítos, con axuda de ferramentas CAD. Entregarán un informe escrito para a súa avaliación. A avaliación podería ser complementada mediante unha entrevista sobre o traballo realizado. En avaliación global, resolverá problemas similares no marco do Exame Final.	15	C3 C15 C16 C19
Resolución de problemas e/ou exercicios	Realizarase unha proba individual de resolución de problemas de fotónica: En avaliación continua, no marco de o Puntuable relativo aos contidos de fotónica. En avaliación global, no marco do Exame Final. Esta proba poden tamén conter cuestións de resposta curta.	35	C3 C16 C20

Other comments on the Evaluation

Para facilitar ao alumnado o traballo nas horas de prácticas non presenciais, é convinte que o alumnado asista a todas as clases presenciais de grupo B. Tamén é convinte que realice todos os boletíns de problemas e prácticas propostas, para así adquirir as destrezas que logo se esixirán nas probas de avaliación.

Oportunidade Ordinaria:

A) Para quen se acolla á Avaliación Continua (AC):

1. A asistencia a lo menos o 80% das clases prácticas (grupo B) relativas ás tecnoloxías de microondas é obrigatoria. Nese caso, a avaliación do traballo práctico se realizará a través dunha ou varias probas individuais, de resolución de problemas/deseño de circuítos pasivos e/ou activos, usando o simulador de circuítos. Unha destas probas pode implicar realizar e entregar un informe dun deseño de circuítos. Esta/s proba/s se corresponderá/n en total con até o 25% da cualificación total da materia (CTM).

2. A avaliación da materia relativa a deseño de circuítos de RF se realizará a través da entrega dun ou varios informes sobre

a resolución de problemas/diseño (individual ou grupal) con axuda de ferramentas CAD. Esta avaliación poderá incluír unha entrevista sobre o traballo realizado. Esta/s proba/s se corresponderá/n en total con até o 15% da CTM.

3. O resto da materia será avaliado (de forma individual) a través de 2 Puntuables que conterán resolución de problemas, ademais de poder conter cuestións de resposta curta. O Puntuable 1 avaliará contidos da parte de tecnoloxías de microondas, e correspóndese con até o 25% da CTM. O Puntuable 2 avaliará contidos da parte de fotónica, e correspóndese con até o 35% da CTM.

Antes da realización do Puntuable 2, é obrigatorio que o alumnado comunique `por escrito á coordinación da asignatura a súa opción de avaliación nesta oportunidade: Avaliación Continua ou Avaliación Global. Esta comunicación poderá realizarse ata 3 días antes do exame. De non realizar esta comunicación, se asumirá que o estudante opta por Avaliación Global.

A planificación das diferentes probas de avaliación intermedia aprobarase nunha Comisión Académica de Grado (CAG) e estará dispoñible ao principio do cuatrimestre. Estas probas non son recuperables.

B) Para quen se acolla a Avaliación Global en Exame Final (100% CTM), se terá en conta soamente a nota obtida neste exame, o cal incluírá todo o contido teórico e práctico da materia. Así, o exame pode incluír a resolución de problemas (con ou sen axuda do simulador de circuítos), a contestación a preguntas de resposta curta e a realización dun ou varios deseños de circuítos con axuda do simulador.

Oportunidade Extraordinaria e Fin de Carreira:

Se presentarán aqueles que non superen a materia na Oportunidade Ordinaria, debendo realizar un exame das mesmas características que o descrito na opción B.

En particular, quen na Oportunidade Ordinaria elixiu Avaliación Continua, poderá optar a conservar as cualificacións obtidas nas prácticas TIC de microondas (25%) e na resolución de problemas da parte de RF (15%), polo que realizará unha versión curta do exame da opción B (60% CTM) que incluírá todo o contido da materia, a excepción dos relativos á parte de RF e non terá o apoio do simulador.

É obrigatorio que o alumnado comunique por escrito á coordinación da asignatura a súa opción de avaliación nesta oportunidade: Avaliación Continua ou Avaliación Global. Esta comunicación poderá realizarse ata 3 días antes do exame. De non realizar esta comunicación, se asumirá que o estudante opta por Avaliación Global.

En caso de detección de plaxio nalgún dos traballos realizados polo alumnado, 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.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

D.M. Pozar, **Microwave Engineering**, 9780470631553, 4, Wiley, 2011

Guillermo González, **Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design**, 9780132543354, 2, Prentice Hall, 1996

Steve C. Cripps, **RF Power Amplifiers for Wireless Communications**, 978-1596930186, 2, Artech House, 2006

Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, **Fundamentals of Photonics**, 978-0471358329, 2, Wiley, 2007

Rhea, Randall W., **HF filter desing and computer simulation**, 978-1884932250, 1, Scitech Publishing, 1994

Complementary Bibliography

Enrique Sánchez, **Introducción a los dispositivos y circuitos semiconductores de microondas**, 9788490354117, 1, PEARSON, 2012

Steve C. Cripps, **Advanced Techniques in RF Power Amplifier Design**, 978-1580532822, 1, Artech House, 2002

Amnon Yariv, Pochi Yeh, **Photonics Optical Electronics in Modern Communications**, 978-0195179460, 6, Oxford Univ. Press, 2006

S. O. Kasap, **Optoelectronics and Photonics: Principles and Practice**, 978-0273774174, 2, PEARSON, 2013

Guillermo González, **Foundations of Oscillator Circuit Design**, 978-1596931626, 1, Artech House, 2008

Rhea, Randall W., **Discrete oscillator design : linear, nonlinear, transient, and noise domains**, 978-1608070473, 1, Artech House, 2010

John L. B. Walker, **Handbook of RF and Microwave Power Amplifiers**, 978-1139158138, 1, Cambridge University Press, 2011

Stephen A. Maas, **Nonlinear Microwave and RF Circuits**, 978-1580534840, 2, Artech House, 2003

Recomendacións

IDENTIFYING DATA				
(*)Acondicionadores de señal y sensores				
Subject	(*)Acondicionadores de señal y sensores			
Code	10414-76023			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Mandatory	1st	2nd
Teaching language	#EnglishFriendly Spanish			
Department				
Coordinator	Quintáns Graña, Camilo			
Lecturers	Costas Pérez, Lucía Pastoriza Santos, Vicente			
E-mail	quintans@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	In ACSS, measurement sensors and their electronic conditioning circuits are studied so that the generated signals can be appropriately coupled to data acquisition systems and digital processors. The overall objective is for students to create a complete measurement system, from the sensor to the user interface. This course has an eminently practical focus, maintaining a balance between the acquisition of new knowledge and its application in solving real-world problems. It expands the knowledge, skills, and abilities students have acquired in their undergraduate studies on analog circuits and sensors. It introduces students to the field of metrology and presents sensors and their conditioning circuits from the perspective of a telecommunications engineer. English Friendly subject: International students may request from the teachers: a) materials and bibliographic references in English, b) tutoring sessions in English, c) exams and assessments in English.			

Training and Learning Results

Code	
C19	Use programmable logic devices and design advanced electronic systems, both analog and digital. Design communications components such as routers, switches, hubs, transmitters, and receivers in different bands.
C21	Develop electronic instrumentation, as well as transducers, actuators and sensors
C28	Build a measurement system for a physical variable from the transducer to the user interface, including knowledge of metrology, basic signal conditioning topologies, and instrumentation software.

Expected results from this subject

Expected results from this subject	Training and Learning Results
Use programmable logic devices and design advanced electronic systems, both analog and digital. Design communications components such as routers, switches, hubs, transmitters, and receivers in different bands.	C19
Develop electronic instrumentation, as well as transducers, actuators and sensors	C21
Build a measurement system for a physical variable from the transducer to the user interface, including knowledge of metrology, basic signal conditioning topologies, and instrumentation software.	C28

Contents

Topic	
Unit 1. Introduction to measurement systems.	Stages of measurement systems. Sensor characteristics.
Unit 2. Measurement errors and uncertainties.	Introduction to the calculation of uncertainties. Errors and uncertainty associated with the calibration curve.
Unit 3. Resistive sensors and their conditioning.	PT100, NTC, and gauges. Passive measuring bridges. Instrumentation amplifier.
Unit 4. DC Sensors and Conditioners.	DC Active Bridges. Conditioner for a Hall Effect Sensor. Isolation Amplifier.
Unit 5. Filtering in measurement systems.	Functionalities. Active filters.
Unit 6. AC/DC converters and demodulating filters.	Unsigned precision rectifier. Signed precision rectifier: synchronous rectifier. Phase demodulator. Frequency/voltage converter. Demodulating filter.
Unit 7. Sensors and basic AC conditioning circuits.	Voltage divider: conditioner for an inductive position sensor. AC amplifier: conditioner for a liquid level sensor, conditioner for a capacitive position sensor, conditioner for an inductive sensor.

Unit 8. Advanced AC Conditioners.	AC Active Bridge. Blocking Amplifier.
Unit 9. Conditioners for Generator Sensors.	Conditioning for Electromagnetic Sensors. Conditioner for a Photodiode. Conditioner for a Thermocouple.
Laboratory activities	Project 1. DC Measurement System Practice 1. Characterization of a strain gauge bridge. Practice 2. Conditioning a strain gauge bridge. Amplification and filtering. Practice 3. Data acquisition and programming of a virtual instrument. Practice 4. Adjustments and testing of the DC measurement system. Project 2. AC Measurement System Practice 5. PV converter. Practice 6. Active AC bridge. Practice 7. Study of an AC measurement sensor. Practice 8. AC conditioning. Practice 9. Programming a data acquisition system in C language. Practice 10. Adjustments and testing of the DC measurement system.

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Introductory activities	1	2	3
Lecturing	13	26	39
Problem solving	4	8	12
Laboratory practical	18	10	28
Project based learning	3	1	4
Essay questions exam	2	10	12
Objective questions exam	1	6	7
Problem and/or exercise solving	0	10	10
Laboratory practice	0	10	10

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Introductory activities	Activities directed to take contact and gather information on the students, as well as to present the subject.
Lecturing	Exhibition by part of the professor of the contents on the matter object of study, theoretical bases and/or guidelines of a work, exercise that the/the student has to develop. The learning outcomes that are developed are: C19, C21 and C28.
Problem solving	Activity in which they formulate problems and/or exercises related with the subject. The student has to develop the suitable or correct solutions by means of the practice of routines, the application of formulas or algorithms, the application of procedures of transformation of the available information and the interpretation of the results. It is used to use as I complement of the lecturing. The learning outcomes that are developed are: C19, C21 and C28.
Laboratory practical	Activities of application of the knowledges to concrete situations and of acquisition of basic skills and procedures related with the matter object of study. They develop in special spaces with skilled equipment (laboratories, computer classrooms, etc). The learning outcomes that are developed are: C19, C21 and C28.
Project based learning	Realisation of activities that allow the cooperation of several subjects and confront to the students/ace, working in team, to open problems. They allow to train, between others, the capacities of learning in cooperation, of leadership, of organisation, of communication and of strengthening of the personal relations. The learning outcomes that are developed are: C19, C21 and C28.

Personalized assistance

Methodologies	Description
Lecturing	The professor will attend personally doubts and queries of the students on the study of the theoretical concepts and exercises. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi.
Problem solving	The professor will attend personally doubts and queries of the students on the resolution of the problems. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi.

Laboratory practical	The professor will attend personally doubts and queries of the students to prepare the practices of laboratory and to the realisation of the reports of results. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi.
Project based learning	The professor will attend personally doubts and queries of the students on the preparation of the projects that are developed in the laboratory. Office hours will take place in the teacher's office or in the laboratory in the schedule that publish at the beginning of the course in the accessible personal profile in Moovi.

Assessment			
	Description	Qualification	Training and Learning Results
Essay questions exam	Tests that include open questions about a topic. Students must develop, relate, organize and present the knowledge they have about the subject in a comprehensive response.	25	C19 C21 C28
Objective questions exam	Tests that assess the knowledge that includes enclosed questions with different alternatives of answer (true/false, multiple election, pairing of elements, etc.). The students select an answer between a number limited of possibilities.	15	C19 C21 C28
Problem and/or exercise solving	Test in which the student must solve a series of problems and/or exercises in a time/conditions established by the teacher. In this way, students must apply the knowledge acquired.	10	C19 C21 C28
Laboratory practice	Completion of real or simulated practical tasks. These are tests in which the performance of the students will be evaluated on the basis of their ability to demonstrate their knowledge of the material, their ability to organize and plan during the practice sessions, as well as their reflection on the results obtained, and the preparation of a report by the student in which the characteristics of the work carried out are reflected.	50	C19 C21 C28

Other comments on the Evaluation

1. Ordinary exam

1.1. Continuous Assessment: This consists of the following three parts, each with its respective weights:

Part 1: Laboratory (50%), which is divided into:

- Laboratory practice (25%).
- Laboratory practice report (25%).

Part 2: Theory exams (40%), which is divided into:

- Essay question exam (25%).
- Objective question exam (15%).

Part 3: Problem-solving and/or exercises (10%).

The final grade, which is scored out of a maximum of 10 points, is the sum of the grades for each part if the following conditions are met:

Condition 1: Complete a minimum of 80% of the laboratory practices.

Condition 2: Obtain a minimum score of 40% in the laboratory assessment (Part 1), the exams (Part 2), and the problem-solving and/or exercises (Part 3).

If any of the previous requirements are not met, the final grade will be the sum of all grades or 4 points, if that sum is equal to or greater than 5 points.

Students who opt for continuous assessment and who have not reached the minimum mark in any part can recover it in the final exam of the ordinary or extraordinary calls. In the case of laboratory reports, if the minimum grade was not reached, the deadline to present the improvements proposed by the teaching team is the date of the final exam of the ordinary or extraordinary calls.

To pass, students have to obtain a mark equal to or greater than 50% of the maximum grade (5 points).

If after the first month of academic activity and after taking the first partial exam the students do not expressly waive continuous assessment, it will be considered to be the assessment method they have chosen.

1.2. Global assessment

Students who do not opt for continuous assessment or who do not carry out at least 80% of the laboratory work can make a global final exam.

The format of the final exam will consist of a laboratory part with practical tasks and a writing part that may include essay and problem solving questions. Each part accounts for 50% of the final grade. To pass, students have to obtain at least the 40% in each part and get a sum of both parts equal or greater than 5 points. If the minimum grade of any part is not achieved, the final grade will be the sum of both grades or 4 points, if that sum is equal to or greater than 5 points.

Students who do not opt for continuous assessment and do not attend the final exam will receive a grade of "No show".

2. Extraordinary exam

In the extraordinary exam the assessment will be like the final exam of the global assessment.

3.- Academic Integrity

Plagiarism is regarded as seriously dishonest behavior. If any form of plagiarism is detected on any of the tests or exams, the final grade will be FAIL (0), and the incident will be reported to the corresponding academic authorities for prosecution.

Sources of information

Basic Bibliography

Miguel Ángel Pérez García, **Instrumentación electrónica**, 978-84-283-3702-1, 2014

Camilo Quintáns Graña, **Simulación de circuitos electrónicos con OrCAD® PSpice®**, 978-84-267-3351-1, 2, Marcombo, 2022

European Accreditation Laboratory Committee, **Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration**, European Accreditation (EA), 2022

Complementary Bibliography

Miguel Ángel Pérez García, **Instrumentación electrónica: 230 problemas resueltos**, 978-84-15452-00-3, 2012

Ramón Pallás-Areny y John G. Webster, **Sensors and Signal Conditioning**, 978-1-118-58593-1, Wiley, 2012

Centro Español de Metrología, **Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida**, NIPO EDICIÓN DIGITAL 1: 706-10- 001- 0, 2008

Recommendations

IDENTIFYING DATA				
(*)Ciberseguridad				
Subject	(*)Ciberseguridad			
Code	10414-76024			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1st	2nd
Teaching language				
Department				
Coordinator	López Ardao, José Carlos			
Lecturers	Rivas Costa, Carlos Rodríguez Rubio, Raúl Fernando			
E-mail	jardao@det.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	This is a basic subject that covers the fundamentals of cybersecurity in organisations and companies and the fundamental concepts of cybersecurity, information security and network security. More specifically, the content covers cyberattack modelling, vulnerability management, cyber incident management and response, and cyber intelligence applied in this field.			

Training and Learning Results	
Code	
C1	Manage the tools necessary to manage telecommunication system construction and installations, complying with current regulations and ensuring service quality.
C2	Manage the tools necessary to direct, plan and supervise multidisciplinary teams
C3	Perform mathematical modeling, calculations, and simulations in technology and engineering centers, particularly in research, development, and innovation tasks in all areas related to Telecommunications Engineering and related multidisciplinary fields.
C4	Apply methodologies for the development, strategic planning, direction, coordination, and technical and economic management of projects in all areas of telecommunications engineering, following quality and environmental criteria.
C17	Carry out planning, decision-making and packaging of networks, services and applications considering the quality of service, direct and operating costs, the implementation plan, supervision, security procedures, scaling and maintenance, as well as managing and ensuring quality in the development process
C32	Understand, design, configure, manage, maintain, diagnose, troubleshoot, and implement security policies on a corporate network (equipment, protocols, and services).
D6	Model, design, implement, manage, operate, administer, and maintain networks, services, and content.

Expected results from this subject		
Expected results from this subject	Training and Learning Results	
Know and understand all the fundamental concepts related to cybersecurity: vulnerabilities, malware, cyberattack models and techniques.	C32	D6
Understand concepts related to vulnerabilities and manage the tools necessary for their management.	C1 C3 C4 C17 C32	D6
Understand and manage the procedures and tools related to cyber defence operations in a SOC (Security Operations Centre) and cybersecurity incident management.	C1 C2 C4 C17 C32	D6
Know, understand, and manage the fundamentals, techniques, and methodologies essential for obtaining, analysing, and producing cyber threat intelligence, with a focus tailored to the operational and strategic requirements of cyber defence.	C1 C2 C4 C17 C32	D6

Contents
Topic

1. Fundamental concepts of cybersecurity	a) Confidentiality, integrity and availability b) Vulnerabilities, actors, APTs, cyber threats and attack vectors. c) Malware. Exploits. d) Introduction to cyberattack models: Cyber Kill Chain and MITRE e) Cyberattack techniques
2. Vulnerability management	a) Vulnerability Publication Sources. NVD (NIST) b) CVSS and EPSS Indicators c) Vulnerability Identification and Analysis
3. Cyberdefense operations	a) The Security Operations Centre (SOC) and the response team (CERT). Workflow in the event of a threat alert. b) Cybersecurity incident management. Lifecycle c) Monitoring: IDS/IPS. Antivirus / EDR. SIEM d) Response to cybersecurity incidents
4. Cyberintelligence applied to cybersecurity incident management	a) Cyberintelligence: tactical, operational and strategic b) Cyberintelligence generation lifecycle c) Cyberintelligence sources d) Generation and consumption of cyberthreat intelligence: IoCS. IDS rules e) Cyberintelligence analysis f) Application of cyberintelligence techniques to APTs

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	24	42	66
Practices through ICT	8	16	24
Problem solving	6	12	18
Autonomous problem solving	0	13	13
Essay questions exam	2	0	2
Objective questions exam	2	0	2

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Lecturing	Presentation of the ideas, concepts, techniques, and algorithms of each of the course's thematic units. This methodology will be used to work on all of the subject's learning outcomes.
Practices through ICT	Practical use of some of the most commonly used tools in the field of cybersecurity, based on the knowledge acquired in the lectures. This methodology will be used to work on all the learning outcomes of the subject.
Problem solving	Resolution of subject-related problems in the classroom by the teacher. This methodology will be used to work on all the subject's learning outcomes.
Autonomous problem solving	Problem solving, practical exercises and self-assessment tests in the virtual classroom that must be completed by students individually, independently and remotely, always with a deadline. These activities have a combined overall weighting of 20% in the case of continuous assessment. This methodology will be used to work on all the learning outcomes of the subject.

Personalized assistance

Methodologies	Description
Lecturing	Personalised attention will be provided on an individual basis, either in person or via videoconference. Students can request tutoring sessions with the subject's teaching staff via messaging or email. This methodology covers all competencies.
Practices through ICT	Personalised attention will be provided on an individual basis, either in person or via videoconference. Students can request tutoring sessions with the subject's teaching staff via messaging or email. This methodology covers all competencies.
Problem solving	Personalised attention will be provided on an individual basis, either in person or via videoconference. Students can request tutoring sessions with the subject's teaching staff via messaging or email. This methodology covers all competencies.
Autonomous problem solving	In the case of online assignments, detailed solutions to all assignments will be provided in the virtual classroom. In the case of self-assessment tests, the tests will be designed to provide students with appropriate feedback on the questions they got wrong. In any case, personalised assistance is also available on an individual basis, either in person or via videoconference. Students can request tutoring sessions with the subject teachers via messaging or email. This methodology covers all competencies.

Assessment				
	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Autonomous problem solving	Throughout the course, self-assessment tasks and tests are set in the virtual classroom, which must be completed by students individually, independently and remotely, always with a deadline. These tasks have a combined overall weighting of 20%.	20	C1 C2 C3 C4 C17 C32	D6
Essay questions exam	Final exam covering all the material. It accounts for 40% of the final grade, but a minimum grade of 4 out of 10 is required to pass the course.	40	C1 C2 C3 C4 C17 C32	D6
Objective questions exam	During the course, there will be two one-hour multiple-choice tests to assess students' understanding of the subject matter. Each test accounts for 20% of the final mark.	40	C1 C2 C3 C4 C17 C32	D6

Other comments on the Evaluation

The final grade for the subject is calculated as the weighted average of the grades for each section if the final exam grade is greater than or equal to 4. If it is lower, the final grade will be the minimum between 4.9 and the previous weighted average.

Students who take the first intermediate monitoring test are considered to have opted for Continuous Assessment (CA). Otherwise, they are considered to have opted for Global Assessment (GA).

Global Assessment (GA) consists of taking the same Final Exam, and the grade will be the one obtained in that exam.

Extraordinary Opportunity

In June/July, there will be a new Final Exam on the officially established dates, which may only be taken by students who have not passed the subject in the ordinary opportunity.

Those students who have failed the ordinary opportunity through Continuous Assessment and wish to renounce it in order to choose Global Assessment must request this in writing to the subject coordinator before the date of review of the final exam of the ordinary opportunity.

Other considerations

All students who take either of the two final exams are considered to have taken the subject. The grades for all exams, assignments, practical work and non-classroom activities will only be valid for the academic year in which they are taken.

The virtual classroom platform has tools to detect possible anomalous and dishonest behaviour in self-assessment tests (tests taken by several people, answers known in advance, etc.), as well as to detect possible plagiarism in written work or software programmes.

If plagiarism is detected in any of the assignments/tests/exams/quizzes taken, including non-classroom activities submitted or completed in the virtual classroom, the final grade for the subject will be Fail (0) and the teachers will report the matter to the Head of the School so that appropriate measures can be taken.

In the event of any contradiction between the different versions of the guide due to a translation error, the Galician language version shall prevail.

Sources of information

Basic Bibliography

Rebekah Brown & Scott J Roberts, **Intelligence-Driven Incident Response: Outwitting the Adversary**, 978-1098120689, O'Reilly Media, 2023

Joseph Steinberg y otros, **Cybersecurity All-in-One For Dummies**, 978-1394152858, 2023

Linda K. Lavender, **Principles of Cybersecurity**, 978-1635635539, Goodheart-Willcox, 2018

José Lominchar Jiménez y Pablo Luis Gómez Sierra, **Principios de ciberinteligencia**, 978-8445444696, Udimia, 2022

Arturo Enrique Mata García, **Ciberseguridad. Curso Práctico**, 978-8410360099, RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones, 2024

Complementary Bibliography

Recommendations

IDENTIFYING DATA				
Distribución de contenidos multimedia				
Subject	Distribución de contenidos multimedia			
Code	10414-76025			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	Castelán			
Department	Enxeñaría telemática			
Coordinator	Herrería Alonso, Sergio			
Lecturers	Rivas Costa, Carlos			
E-mail	sha@det.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
General description	Esta materia presenta as principais tecnoloxías específicas para a distribución de contidos multimedia polas redes de comunicacións.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code				
B6	Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/o aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación.			
B9	Comprender e saber aplicar o funcionamento e organización da internet, as tecnoloxías e protocolos da internet de nova xeración, os modelos de compoñentes, software intermediario e servizos.			
B12	Coñecer os principais estándares no ámbito da codificación de audio e vídeo.			
B13	Comprender os principais problemas que se expoñen na transmisión de contidos multimedia			
B14	Coñecer os protocolos de transporte e de sinalización empregados polas aplicacións multimedia.			
B15	Coñecer as principais técnicas para a distribución eficiente de contidos multimedia.			
B16	Coñecer as principais tecnoloxías de rede para a distribución multimedia nas redes de acceso.			
C6	Aplicar os coñecementos adquiridos e resolver problemas en contornas novas ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinarios, sendo capaces de integrar coñecementos.			
C8	Comunicar (de forma oral e escrita) as conclusións- e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan- a públicos especializados e non especializados dun modo claro e sen ambigüidades.			
C9	Aprender de forma continuada, autodirigida e autónoma.			
C17	Realizar a planificación, toma de decisións e empaquetamiento de redes, servizos e aplicacións considerando a calidade de servizo, os custos directos e de operación, o plan de implantación, supervisión, os procedementos de seguridade, o escalado e o mantemento, así como xestionar e asegurar a calidade no proceso de desenvolvemento			
C18	Resolver a converxencia, interoperabilidade e deseño de redes heteroxéneas con redes locais, de acceso e troncais, así como a integración de servizos de telefonía, datos, televisión e interactivos			
C33	Configurar e despregar servizos de streaming e de VoIP.			
D3	Integrar coñecementos e enfrontarse á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación de coñecementos e xuízos			
D4	Deseñar e dimensionar redes de transporte, difusión e distribución de sinais multimedia			
D6	Modelar, deseñar, implantar, xestionar, operar, administrar e manter redes, servizos e contidos.			

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results		
Comprender os principais problemas que se expoñen na transmisión de contidos multimedia.	B6 B13	C6	D3
Coñecer os principais estándares no ámbito da codificación de audio e vídeo.	B12		
Coñecer os protocolos de transporte e de sinalización empregados polas aplicacións multimedia.	B9 B14		
Coñecer as principais técnicas para a distribución eficiente de contidos multimedia.	B9 B15	C17	D4
Coñecer as principais tecnoloxías de rede para a distribución multimedia nas redes de acceso.	B16	C18	D6
Configurar e despregar servizos de streaming e de VoIP.		C8 C9 C33	

Contidos		
Topic		
Aplicacións multimedia	Codificación de audio/vídeo. Tipo de aplicacións multimedia. Requisitos de QoS. QoE.	
Servizos multimedia interactivos	VoIP. Videoconferencias. Protocolos de transporte e sinalización. Arquitecturas de control: IMS, VoNR. WebRTC.	
Servizos de streaming	VoD. IPTV, Protocolos de transporte. Distribución escalable. Streaming adaptativo.	
Distribución multimedia nas redes de acceso	Redes metropolitanas, EPON/GPON, Carrier Ethernet, redes móbiles.	

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	18	27	45
Prácticas con apoio das TIC	13	28	41
Traballo tutelado	7	28	35
Resolución de problemas e/ou exercicios	1.5	0	1.5
Proxecto	1	0	1
Resolución de problemas e/ou exercicios	1.5	0	1.5

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	Exposición dos conceptos e técnicas de cada unha das unidades temáticas da materia. Nestas sesións débense adquirir os resultados de aprendizaxe B6, B12, B13, B14, B15, B16, C17, C18, D3 e D4.
Prácticas con apoio das TIC	Aprendizaxe práctica de ferramentas básicas para a distribución de contidos multimedia sobre redes de computadores. Actividade grupal. Durante a realización das prácticas deben adquirirse os resultados de aprendizaxe B9, C6, C9 e C33.
Traballo tutelado	Configuración, baixo a supervisión do profesorado, dun servizo multimedia. Actividade grupal. Durante a realización do traballo deben adquirirse os resultados de aprendizaxe B9, C8, C9, C33 e D6.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	Dispensarase atención personalizada de forma presencial e/ou telemática (a través do correo electrónico, foros de Moovi ou Campus Remoto). Sergio Herrería Alonso: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?ide=11341
Prácticas con apoio das TIC	Dispensarase atención personalizada de forma presencial e/ou telemática (a través do correo electrónico, foros de Moovi ou Campus Remoto). Sergio Herrería Alonso: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?ide=11341
Traballo tutelado	Dispensarase atención personalizada de forma presencial e/ou telemática (a través do correo electrónico, foros de Moovi ou Campus Remoto). Sergio Herrería Alonso: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?ide=11341

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results		
Resolución de problemas e/ou exercicios	Exame sobre parte dos contidos da materia. Cuestións e problemas de carácter conceptual, lóxico, analítico ou aplicado. Exercicio escrito de hora e media de duración.	35	B6 B12 B13 B14 B15 B16	C17 C18	D3 D4
Proxecto	Avaliación da funcionalidade e prestacións do servizo multimedia configurado durante o curso.	30	B9	C6 C8 C9 C33	D6
Resolución de problemas e/ou exercicios	Exame sobre parte dos contidos da materia. Cuestións e problemas de carácter conceptual, lóxico, analítico ou aplicado. Exercicio escrito de hora e media de duración.	35	B6 B12 B13 B14 B15 B16	C17 C18	D3 D4

Other comments on the Evaluation

Seguindo as directrices propias da titulación, ofrecerase a quen curse esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación global.

A avaliación continua comprenderá a realización de tres probas: dous exames parciais (35% da nota final cada un deles) e un proxecto consistente na configuración dun servizo multimedia básico (30% da nota final). En calquera caso, para poder aprobar a materia será necesario obter polo menos un 3 (sobre 10) en cada unha das probas. Quen supere os cinco puntos na nota final pero non alcance este mínimo nalguna das probas, será cualificado cun SUSPENSO (4.9). A nota do proxecto dependerá tanto da funcionalidade e prestacións do servizo desenvolvido (60%) como das respostas a un exame práctico resolto individualmente por cada membro do grupo (40%). Ningunha das tres probas é recuperable e soamente serán válidas para o curso actual.

Quen prefira optar pola avaliación global será avaliado mediante un único exame escrito sobre todos os contidos da materia ao fin do cuadrimestre. A nota final da materia será, neste caso, a nota obtida en devandito exame.

Considerarase que opta pola avaliación continua quen se presente ao primeiro dos exames parciais ou entregue o proxecto proposto. Considerarase presentado á convocatoria soamente a quen se presente ao segundo exame parcial (ou ao exame final se optou pola avaliación global).

En caso de detección de plaxio en calquera das tres probas, a nota final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

Quen non aprobe a materia tras a oportunidade ordinaria deberá realizar, para a oportunidade extraordinaria, un exame escrito, que versará sobre todos os contidos da materia. Para esta oportunidade, poderase manter a nota obtida no proxecto, coa mesma ponderación que na oportunidade ordinaria.

Na convocatoria de fin de carreira a avaliación consistirá na realización dun único exame escrito, que versará sobre todos os contidos da materia.

A planificación das diferentes probas de avaliación intermedia aprobarase nunha Comisión Académica de Mestrado (CAM) e estará dispoñible ao principio do cuadrimestre.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

I. Vidal, I. Soto, A. Banchs, J. García-Reinoso, **Multimedia Networking: Technologies, Protocols and Architectures**, 978-1630813789, 1, Artech House Publishers, 2019

Z. Li, M. Drew, J. Liu, **Fundamentals of Multimedia**, 978-3030621230, 3, Springer, 2021

Complementary Bibliography

J. F. Kurose, K. W. Ross, **Computer networking: a top-down approach**, 978-9356061316, 8, Pearson, 2021

H. W. Barz, G. A. Bassett, **Multimedia networks: protocols, design, and applications**, 978-1119090175, 1, Wiley, 2016

Gary Hallberg, **Quality of Service in Modern Packet Networks**, 978-1690728115, 1, Independiente, 2019

Recomendacións

IDENTIFYING DATA				
Laboratorio de Redes Móviles				
Subject	Laboratorio de Redes Móviles			
Code	10414-76026			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	#EnglishFriendly Castelán Galego			
Department	Enxeñaría telemática			
Coordinator	Gil Castiñeira, Felipe José			
Lecturers	López Bravo, Cristina			
E-mail	felipe@uvigo.gal			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
General description	A materia "Laboratorio de Redes Móviles" examina as comunicacións móbiles, os servizos que permiten, e as tecnoloxías que as sustentan. Utiliza unha aproximación práctica, traballando sobre equipamento experimental que lle permite ao alumnado ter un contacto directo cos distintos elementos que compoñen unha rede móbil actual, deseñando e implementando protocolos e servizos.			
Impártese en galego e castelán, pero a documentación estará en inglés.				
Materia do programa English Friendly. Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliografías para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.				

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B5	Adquirir coñecementos avanzados e demostrar, nun contexto de investigación científica e tecnolóxica ou altamente especializado, unha comprensión detallada e fundamentada dos aspectos teóricos e prácticos e da metodoloxía de traballo nun ou máis campos de estudo.
B6	Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/o aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación.
C6	Aplicar os coñecementos adquiridos e resolver problemas en contornas novas ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinares, sendo capaces de integrar coñecementos.
C9	Aprender de forma continuada, autodirigida e autónoma.
C17	Realizar a planificación, toma de decisións e empaquetamento de redes, servizos e aplicacións considerando a calidade de servizo, os custos directos e de operación, o plan de implantación, supervisión, os procedementos de seguridade, o escalado e o mantemento, así como xestionar e asegurar a calidade no proceso de desenvolvemento
C18	Resolver a converxencia, interoperabilidade e deseño de redes heteroxéneas con redes locais, de acceso e troncais, así como a integración de servizos de telefonía, datos, televisión e interactivos
D2	Desenvolver a autonomía suficiente para participar en proxectos de investigación e colaboracións científicas ou tecnolóxicas dentro o seu ámbito temático, en contextos interdisciplinares e, no seu caso, cunha alta compoñente de transferencia do coñecemento.
D4	Deseñar e dimensionar redes de transporte, difusión e distribución de sinais multimedia
D6	Modelar, deseñar, implantar, xestionar, operar, administrar e manter redes, servizos e contidos.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results		
Comprender os aspectos básicos das comunicacións móbiles.	B5	C9	
Ser capaz de deseñar, modificar, configurar e validar redes móbiles así como despregar novos protocolos e servizos e realizar experimentos.	B5 B6	C6 C9 C17 C18	D2 D4 D6

Contidos

Topic	
Introdución ás arquitecturas de redes móbiles	Rede de acceso, core, edge, aplicacións, etc.
Familiarización coa rede experimental e o equipamento de xeración e medida.	

Realización dun proxecto de desenvolvemento, despregue e medida de prestacións nalgún dos distintos ámbitos relacionados coas redes móbiles	Proxecto en temáticas tales como arquitecturas de redes móbiles; redes fronthaul e backhaul; virtualización de funcións de rede; arquitecturas de núcleo de rede; xestión da mobilidade; autenticación e cifrado; handover; roaming; multipath; QoS; network slicing; edge computing; APIs; etc.
---	--

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	12	28	40
Traballo tutelado	21	49	70
Prácticas de laboratorio	6	3	9
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	0	2
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	0	2	2
Traballo	0	1	1
Presentación	1	0	1

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	O alumnado deberá estudar os principais contidos teóricos relacionados coas redes móbiles. Con esta metodoloxía contribuírase a adquisición das competencias B5, B6 e C9.
Traballo tutelado	Realización do deseño, implementación e proba dun protocolo, sistema, aplicación ou servizo. Con esta metodoloxía traballaránse as competencias B5, B6, C6, C9, C17, C18, D2, D4 e D6.
Prácticas de laboratorio	

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	O profesorado da materia proporcionarán atención individual e personalizada ao alumnado durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. As dúbidas atenderanse durante as sesións presenciais ou no horario establecido para as titorías. O horario de titorías poderase consultar ou solicitar na páxina web da materia (https://moovi.uvigo.gal).
Traballo tutelado	O profesorado da materia proporcionarán atención individual e personalizada ao alumnado durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. Así mesmo, o profesorado orientará ao alumnado para a realización do proxecto. As dúbidas atenderanse durante as sesións presenciais ou no horario establecido para as titorías. O horario de titorías poderase consultar ou solicitar na páxina web da materia (https://moovi.uvigo.gal).
Prácticas de laboratorio	

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Lección maxistral	Realizarase un exame para avaliar comprensión dos contidos presentados nas sesións maxistras.	40	B5 B6 D4 D6
Traballo tutelado	O alumnado completará de forma individual cuestionarios e/ou informes de prácticas onde se mostrará a correcta realización e comprensión das prácticas. Os conceptos estudados nestas clases prácticas poderá ser tamén requirido nos exames da materia.	20	B5 B6 C6 C9 C17 C18 D2 D4 D6
Prácticas de laboratorio	O alumnado realizará o deseño, implementación e proba dun protocolo, sistema, aplicación ou servizo. O resultado será avaliado despois da súa entrega valorando aspectos como a corrección, a calidade, as prestacións e as funcionalidades.	40	B5 B6 C6 C9

Other comments on the Evaluation

Para superar o curso é preciso completar as distintas partes nas que se divide a materia (sesión maxistral, prácticas de laboratorio e proxectos). A nota final será o resultado de aplicar a media xeométrica ponderada da nota de cada unha das partes. Sendo "x" a nota das sesións maxistras, "y" a das prácticas de laboratorio e "z" a dos proxectos, a nota final será:

$$\text{nota} = x^{0.4} \times y^{0.2} \times z^{0.4}$$

Durante o primeiro mes, os estudantes deberán indicar explicitamente e por escrito o seu desexo de cursar a materia seguindo a avaliación global. Noutro caso considerarase que seguen a avaliación continua. Aqueles que sigan a avaliación continua non se poderán considerar "non presentados" unha vez se realice a entrega do primeiro cuestionario ou tarefa.

Quen opte pola avaliación global deberá superar as probas escritas (40%), presentar un proxecto (40%) e presentar as prácticas de laboratorio (20%). Estas partes serán avaliadas tal e como se indica no apartado de descrición das distintas probas. A nota final será o resultado de aplicar a media xeométrica ponderada da nota de cada unha das partes. Ademais, deberá presentar adicionalmente un *dossier*, que deberá defender ante os profesores, onde se inclúan tódolos detalles sobre a realización das distintas tarefas, moi especialmente o traballo tutelado. Durante o primeiro mes do curso, o profesorado notificaralles a quen opte pola avaliación global se debe realizar o traballo de forma individual.

Poderanse fixar fitos intermedios para o proxecto, se se non se alcanza poderán supoñer unha penalización de ata un 20% da nota.

Oportunidade extraordinaria e de fin de carreira para aprobar o curso

Só poderá optar á oportunidade extraordinaria e á de fin de carreira quen non superase a oportunidade ordinaria (ao finalizar o cuadrimestre).

Para superar o curso será necesario completar as distintas partes nas que se divide a materia: as probas de resposta curta (40%), presentar un proxecto (40%) e presentar as prácticas de laboratorio (20%). Estas partes serán avaliadas tal e como se indica no apartado de descrición das distintas probas. A nota final será o resultado de aplicar a media xeométrica ponderada da nota de cada unha das partes. Será necesario, ademais, presentar un *dossier*, que deberá defender ante os profesores, onde se inclúan tódolos detalles sobre a realización das distintas tarefas, moi especialmente o traballo tutelado. Durante o primeiro mes do curso, o profesorado notificaralles a quen opte pola avaliación global se debe realizar o traballo de forma individual.

Quen seguise a avaliación continua pode optar por manter as notas obtidas na oportunidade ordinaria para as distintas partes da materia ou descartalas.

Outros comentarios

As puntuacións obtidas só son válidas para o curso académico en vigor.

Aínda que o traballo tutelado se desenvolverá (na medida do posible) en grupos, o alumnado debe deixar evidencias do seu traballo individual dentro do grupo. No caso no que o rendemento dun alumno ou alumna non sexa acorde ao dos seus compañeiros de grupo, considerarase a súa expulsión do mesmo e/ou poderá ser avaliado de forma individual nesta parte.

O uso de calquera material durante a realización dos exames terá que ser autorizado explicitamente polo profesorado.

En caso de detección de plaxio ou de comportamento non ético nalgún dos traballos/probas realizadas, a cualificación final da materia será de "suspense (0)" e o profesorado comunicará o asunto ás autoridades académicas para que tome as medidas oportunas.

Na realización das actividades académicas desta materia permítese o uso de intelixencia artificial xerativa (IAX). O seu uso debe ser ético, crítico e responsable. No caso de empregar IAX, é fundamental avaliar de xeito crítico calquera resultado proporcionado e verificar con coidado calquera cita ou referencia xerada. Ademais, recoméndase declarar o uso das ferramentas empregadas

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Andreas F. Molisch, **Wireless Communications: From Fundamentals to Beyond 5G, 3rd Edition**, 978-1-119-11721-6, 3, 2022

Complementary Bibliography

p4language consortium, **P4 Tutorial**, <https://github.com/p4lang/tutorials/tree/master>,

Dr. Ian C. Wong, Dr. Aditya Chopra, Dr. Sridhar Rajagopal, Dr. Rittwik Jana, **Open RAN: The Definitive Guide**, 9781119885993, 1, Wiley, 2023

Recomendacións

IDENTIFYING DATA				
Antenas				
Subject	Antenas			
Code	10414-76027			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Rodríguez Rodríguez, José Luis			
Lecturers	Rodríguez Rodríguez, José Luis			
E-mail	banner@com.uvigo.es			
Web				
General description	A materia dedícase ao estudo de antenas e abarca desde as bases electromagnéticas ata o deseño práctico das mesmas, pasando polos modelos de análises e simulación do comportamento das antenas.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B4	Concibir a Enxeñaría nun marco de desenvolvemento sostible.
C2	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir, planificar e supervisar equipos multidisciplinares
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C5	Utilizar ferramentas propias de dirección xeral, dirección técnica e dirección de proxectos de investigación, desenvolvemento e innovación, en empresas e centros tecnolóxicos.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
Coñecer os principais parámetros que caracterizan o comportamento das antenas transmisoras e receptoras	B4	C2 C3 C5
Coñecer os distintos tipos de antenas segundo as súas aplicacións e as súas frecuencias de funcionamento	B4	C2 C3 C5
Ser capaces de entender e desenvolver modelos que permitan simular o comportamento das antenas e predicir os seus parámetros característicos	B4	C2 C3 C5
Ser capaces de afrontar exercicios de deseño de antenas para unhas especificacións determinadas	B4	C2 C3 C5

Contidos

Topic	
1. Fundamentos electromagnéticos de antenas	1.1 Xeneralidades 1.2 Fenomenos de radiación electromagnética 1.3 Propiedades do campo de radiación 1.4 A antena en transmisión 1.5 A antena en recepción 1.6 A antena en sistemas de comunicacións e en radar
2. Modelado de antenas	2.1 Antenas lineais 2.2 Antenas de apertura 2.3 Arrays
3. Tipos de antenas	3.1 Antenas de fío 3.2 Antenas impresas e de ranura 3.3 Bocinas, lentes e reflectores
4. Prácticas	4.1 Deseño dunha antena plana GPS de banda única 4.2 Deseño dunha antena GPS de dobre banda 4.3 Medida do prototipo final de antena.

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	20	17	37
Resolución de problemas	5	15	20
Estudo de casos	5	15	20
Prácticas con apoio das TIC	5	15	20
Resolución de problemas e/ou exercicios	3	9	12
Práctica de laboratorio	2	6	8
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	6	8

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	Presentación dos contidos no tema de estudo, instrucións e exercicios ou proxectos para ser desenvolvidos polo estudante. Competencias A2, C2, C3, C5
Resolución de problemas	Problemas e / ou os exercicios relacionaron ao tema. O estudante tería que desenvolver solucións apropiadas ou correctas a través das rutinas de exercicio, aplicando fórmulas ou *algoritmos, aplicando métodos de transformación dispoñibles e interpretar os resultados. Competencias A2, B4, C2.
Estudo de casos	Análise dun feito, problema ou acontecemento real para aprender, interpretalo, solucionalo, xerar hipótese, compara dato, coñecementos completos, diagnosticarlo e tren en procedementos alternativos de solución. Competencias A2, B4, C2, C3, C5.
Prácticas con apoio das TIC	Actividades de aplicar coñecemento nun contexto dado e adquirindo habilidades básicas e procesuais en relación ao tema, a través de TIC. Competencies A2, A4, B4, C2.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	Atención mediante a resolución de dúbidas ou cuestións plantexadas polos estudantes Contacto: https://www.uvigo.gal/universidade/administracion-persoal/pdi/jose-luis-rodriguez-rodriguez
Resolución de problemas	Resolución de problemas nas clases adicadas ao efecto e mediante as horas de tutorías habilitadas a tal efecto
Prácticas con apoio das TIC	Atención mediante as horas de tutorías habilitadas a tal efecto e a través do correo electrónico e foros de Fatic.

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Resolución de problemas e/ou exercicios	Preguntas conceptuais sobre o temario.	10	
Práctica de laboratorio	Valorarase a calidade das memorias presentadas, a participación e actitude demostrada nas prácticas, así como a presentación oral do traballo.	60	
Exame de preguntas de desenvolvemento	Exame final: Proba para avaliación das competencias que inclúe preguntas abertas sobre un tema. Os alumnos deben desenvolver, relacionar, organizar e presentar os coñecementos que teñen sobre a materia nunha resposta extensa a unha situación práctica exposta.	30	

Other comments on the Evaluation

Ofrecerase aos alumnos que cursen esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación global.

1. AVALIACIÓN CONTINUA

O sistema de avaliación continua consistirá en:

- Unha proba de resposta curta que se realizará en clase aproximadamente na metade do período docente. Valoración 10%. Puntuación EC1, cun máximo de 1 punto.
- Un exercicio de deseño de antenas para unha aplicación concreta. Realizarase fundamentalmente de forma

autónoma mediante ferramentas de simulación. O estudante elaborará unha memoria que entregará e presentará en clase ao final do cuadrimestre. Puntuación EC2, cun máximo de 6 puntos. Os 6 puntos deste exercicio distribuiranse así: 2 puntos pola participación activa nas sesións (en grupos C) dedicadas aos deseños e á súa presentación e discusión; 2 puntos pola calidade da solución proposta; 1 punto pola calidade da memoria presentada; e 1 punto pola calidade da presentación oral.

- Un exercicio de resposta longa no que se resolverán problemas de análises e deseño de antenas para aplicacións concretas. Realizarase o mesmo día fixado para o exame final ordinario da materia. Valoración 30%. Puntuación EC3, cun máximo de 3 puntos.
- As probas de avaliación continua non son recuperables, é dicir, se un alumno non pode cumprilas no prazo estipulado o profesor non ten obrigación de repetirlas.
- A nota final de avaliación continua (EC) calcularase como a suma das puntuacións obtidas no tres probas planificadas: $EC = EC1 + EC2 + EC3$.
- A cualificación obtida nas tarefas avaliáveis (EC) será válida tan só para o curso académico no que se realicen.
- Se establece un prazo de un mes dende o inicio do curso para renunciar a EC.
- La participación en las prácticas es voluntaria

2. AVALIACIÓN GLOBAL - CONVOCATORIA ORDINARIA

Consistirá en:

- Un exame final que avaliará as competencias CB2, CG4, CE2, CE3, CE5. Valoración 40%. Puntuación EF1, cun máximo de 4 puntos.
- O mesmo día do exame o estudante entregará a memoria dun deseño de antenas previamente asignado. Emprazaráselle a unha presentación oral en sesión pública no prazo máis breve posible respectando a compatibilidade con outros exames do mesmo curso e titulación. Puntuación: 3 puntos por la presentación e 3 puntos pola memoria.
- As cualificacións parciais EF1 e EF2 poderán conservarse só ata a avaliación única - segunda oportunidade, dentro do mesmo curso.

3. AVALIACION GLOBAL - CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

Seguirá o mesmo procedemento que a avaliación global ordinaria.

- Os estudantes, se así o desexan comunicándoo antes de empezar o exame, poderán conservar a súa nota previa da parte EF1 (ou alternativamente $EC3 + EC1$) ou ben da parte EF2 (ou EC2).

4. AVALIACION GLOBAL - CONVOCATORIA DE FIN DE CARREIRA

Seguirá o mesmo procedemento que a avaliación global ordinaria.

- Os estudantes, se así o desexan comunicándoo antes de empezar o exame, poderán conservar a súa nota previa da parte EF1 (ou alternativamente $EC3 + EC1$) ou ben da parte EF2 (ou EC2).

OBSERVACIÓNS:

Antes da realización ou entrega de cada proba indicárase a data e procedemento de revisión das cualificacións obtidas, que serán públicas nun prazo razoable de tempo.

- Considérase presentado a todo alumno que se presente a calquera dos dous exames finais. Así mesmo considerárase presentado a quen se acolla ao sistema de avaliación continua nos termos descritos anteriormente.

1. Considérase que a materia está aprobada se a nota final é igual ou superior a 5.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

C. A. Balanis, **Advanced Engineering Electromagnetics**, 2, Wiley, 2005

C. A. Balanis, **Antenna Theory and Design**, 4, Wiley, 2016

W.L.Stutzman, G.A.Thiele, **Antenna Theory and Design**, 3, Wiley, 2013

Complementary Bibliography

R.S.Elliot, **Antenna Theory and Design**, 1, Prentice Hall, 1981

R.E.Collin, **Antennas and Radiowave Propagation**, 1, Mc Graw Hill, 1985

P.S.Kildal, **Foundations of Antenas. A Unified Approach**, 1, Studentlitteratur,
T.A. Milligan, **Modern Antenna Design**, 2, Wiley, 2005

Recomendacións

Subjects that continue the syllabus

Comunicacións Móviles e sen Fíos/V05M145V01313

Satélites/V05M145V01311

Sistemas de Radio en Banda Larga/V05M145V01312

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Laboratorio de Radio/V05M145V01209

Subjects that it is recommended to have taken before

Radio/V05M145V01103

IDENTIFYING DATA				
Comunicacións ópticas				
Subject	Comunicacións ópticas			
Code	10414-76028			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Curty Alonso, Marcos			
Lecturers	Curty Alonso, Marcos			
E-mail	mcurty@com.uvigo.es			
Web	http://https://moovi.uvigo.gal			
General description	Revisanse, en primeiro lugar, os principais dispositivos ópticos para comunicacións ópticas. A continuación, descríbense distintos sistemas avanzados de transmisión por fibra e de redes ópticas. Finalmente preséntanse sistemas cuánticos de comunicacións con tecnoloxía fotónica.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B1	Coñecer os mecanismos de posta en marcha, dirección e xestión de procesos de fabricación de equipos electrónicos e de telecomunicacións, con garantía da seguridade para as persoas e bens, a calidade final dos produtos e a súa homologación.
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C6	Aplicar os coñecementos adquiridos e resolver problemas en contornas novas ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinares, sendo capaces de integrar coñecementos.
C20	Aplicar coñecementos avanzados de fotónica e optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
1. Coñecemento funcional dos dispositivos fotónicos esenciais de comunicacións ópticas: fontes LED e láser, fotodetectores, moduladores ópticos, acopladores, circuladores, amplificadores de fibra, filtros ópticos, e fibras monomodo e multimodo.	B1	C3
2. Coñecemento de sistemas avanzados de transmisión por fibra: novos formatos de modulación, sistemas coherentes, sistemas non lineais e xestión da dispersión.		C3 C20
3. Coñecementos das tecnoloxías específicas de redes ópticas WDM e DWDM, e opcións de deseño das mesmas.		C3 C20
4. Coñecementos sobre tecnoloxías fotónicas para comunicacións cuánticas, particularmente para a distribución cuántica de claves.		C3 C6 C20

Contidos

Topic	
1. Dispositivos fotónicos para comunicacións ópticas	1.1. Introducción aos sistemas de comunicacións ópticas guiadas. 1.2. Dispositivos activos: láser, LED, fotodetector, modulador EOM e amplificador óptico de fibra dopada. 1.3. Dispositivos pasivos: acopladores, splitters, filtros, gratings e circuladores.
2. Sistemas ópticos avanzados	2.1. Enlaces coherentes e novos formatos.
3. Redes Ópticas WDM	3.1. Sistemas WDM e DWDM 3.2. Crosstalk en sistemas WDM debido a efectos lineais. 3.3. Crosstalk en sistemas WDM debido a efectos non lineais.

4. Tecnoloxías fotónicas para comunicacións ópticas

4.1. Introducción á mecánica cuántica

4.2. Sistemas de comunicacións cuánticas, QKD

4.3. Tecnoloxías fotónicas para QKD

Práctica 1. Dispersión en fibra multimodo	Caracterización da dispersión intermodal e intramodal dunha fibra multimodo de índice gradual
Práctica 2. Características espectrais das fontes ópticas e observación do chirp	Caracterización de diversas fontes ópticas e observación do chirp nun láser sintonizable de cavidade externa
Practica 3. Sistemas DWDM	Caracterización de sistemas DWDM traballando en terceira xanela
Practica 4. Borrador cuántico	Demostra os principios de complementariedad cuántica e a eliminación da información de ruta.
Practica 5. Medidas cuánticas sen interacción	Demostración do principio de medidas cuánticas sen interacción
Practica 6. Sistemas QKD	Unha implementación clásica do protocolo BB84 para simular a distribución cuántica de claves.

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Actividades introductorias	1	1	2
Lección maxistral	23	28	51
Prácticas de laboratorio	14	14	28
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	12	14
Resolución de problemas e/ou exercicios	1	12	13
Traballo	1	16	17

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Actividades introductorias	Explicación por parte do profesorado do desenvolvemento e avaliación da materia. Aclaración de dúbidas.
Lección maxistral	Exposición por parte do profesor dos contidos principais de cada tema. Na clase maxistral non se comentan todos os contidos que son materia de exame. O alumno debe tomar como referencia dos contidos de exame os apartados do libro/apuntes proporcionados polo profesor e que se indican no documento/guía de cada tema. Traballo persoal e/ou en grupo posterior do alumno repasando os conceptos vistos na aula e ampliando os contidos tomando como referencia a guía de cada tema. Con esta metodoloxía trabállanse as competencias B1, C3, C6 e C20.
Prácticas de laboratorio	Estudo experimental de diversos dispositivos ópticos e de sistemas de comunicacións ópticas. Traballo persoal previo do alumno na preparación das prácticas. Para iso utilizará a documentación proporcionada previamente polo profesor, así como repasar os conceptos teóricos relacionados. Ao comezo de cada sesión o profesor poderá solicitar ao alumno un pequeno resumo dos conceptos principais relacionados coa práctica a realizar. Identificación de dúbidas que se resolverán en tutorías personalizadas. (véxase prácticas 1-6 en contidos da materia). Con esta metodoloxía trabállanse as competencias B1, C3, C6 e C20.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor. Pódese consultar o horario e/ou solicitar as titorías en: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/marcos-curty-alonso
Prácticas de laboratorio	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor. Pódese consultar o horario e/ou solicitar as titorías en: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/marcos-curty-alonso
Actividades introductorias	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor. Pódese consultar o horario e/ou solicitar as titorías en: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/marcos-curty-alonso
Tests	Description
Traballo	Os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho do profesor. Pódese consultar o horario e/ou solicitar as titorías en: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/marcos-curty-alonso

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Exame de preguntas de desenvolvemento	Proba final na que se avaliarán todos os contidos da materia.	30	B1	C3 C6 C20
Resolución de problemas e/ou exercicios	Ao finalizar as prácticas de laboratorio, o alumno realizará unha proba puntuable sobre os coñecementos adquiridos nestas sesións (20%). Así mesmo, o alumno realizará unha proba puntuable (20%) sobre os contidos da metade da materia.	40	B1	C3 C6 C20
Traballo	Avaliación do traballo realizado. Para a realización do traballo, non se permitirá o uso de ferramentas de intelixencia artificial.	30	B1	C3 C6 C20

Other comments on the Evaluation

Avaliación en oportunidade ordinaria:

Ofreceráse aos alumnos que cursen esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación global.

Na quinta semana de clase o alumno debe decidir se opta por avaliación continua ou non. Por defecto, considerarase que o alumno opta por avaliación continua a non ser que este indíquele por escrito ao profesor o contrario.

Avaliación continua:

A avaliación continua comprende unha serie de tarefas que se realizan ao longo do cuadrimestre (70%) e unha proba de resposta longa (30%) que se realiza o día que corresponda de acordo co calendario de exames oficial. Estas tarefas comprenden (a) a realización dunha proba de resposta curta relacionada coas prácticas de laboratorio (20%), que se realizará ao finalizar a última sesión de laboratorio, e cos contidos da metade da materia (20%) que se realizará o rematar estes, e (b) a participación do alumno nas actividades realizadas no traballo (30%) o cal se avaliará ó final do curso. As actividades relacionadas co traballo se poderán facer en grupos de estudantes. Neste caso, a nota de cada estudante nesta tarefa será a nota do grupo. Estas tarefas non son recuperables, é dicir, se un alumno non pode cumprilas no prazo estipulado o profesor non ten a obriga de repetilas e unicamente serán válidas para o curso académico no que se realicen.

Así mesmo, aqueles alumnos que decidan optar por avaliación continua deberán, para poder superar a materia: (a) realizar polo menos 4 das 6 prácticas de laboratorio hardware; (b) obter, polo menos, 12 puntos sobre 30 no traballo; (c) obter, polo menos, 12 puntos sobre 30 na proba de resposta longa; e (d) obter un mínimo de 50 puntos en total contando todas as actividades do curso. A nota final daqueles alumnos que non superan estes mínimos esixidos para poder aprobar a materia mediante avaliación continua calcularase como o mínimo entre: (i) o número total de puntos obtido polo alumno contando todas as actividades do curso, e (ii) 49 puntos.

A elección de avaliación continua implica necesariamente que o alumno se presentou, con independencia de que asista ou non á proba de resposta longa.

Avaliación global:

Ademais do sistema de avaliación continua descrito anteriormente, o alumno pode optar por realizar un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%). O profesor poderalle esixir ao alumno a entrega de tarefas adicionais, as cales lle serán notificadas na quinta semana do curso e deberán ser entregadas o día do exame final. Para poder aprobar a materia o alumno deberá obter, polo menos, 50 puntos sobre 100 contando o exame final e as tarefas adicionais.

Avaliación en oportunidade extraordinaria:

Aqueles estudantes que optaron por un sistema de avaliación continua en avaliación en oportunidade ordinaria e cumpren os requisitos (a) e (b) mencionados arriba poderán, se así o desexan, conservar a nota obtida nas tarefas de avaliación continua (70%) e realizar unha proba de resposta longa (30%). Para poder superar a materia, estes alumnos deberán obter, polo menos, 12 puntos sobre 30 na proba de resposta longa, e obter un mínimo de 50 puntos en total contando todas as actividades do curso.

Alternativamente, estes alumnos poderán tamén optar por realizar un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%). En caso de querer ser avaliado mediante un exame final, estes alumnos deberán comunicar esta decisión ao profesor cunha antelación mínima dun mes respecto da data programada para a realización do exame final. En caso contrario, considerarase que o alumno opta por unha proba de resposta longa e por conservar a nota obtida nas tarefas de

avaliación continua.

O resto de alumnos (isto é, aqueles que optaron por un sistema de avaliación continua en oportunidade ordinaria e non cumpren os requisitos (a) e (b), e aqueles estudantes que optaron por avaliación global en oportunidade ordinaria) serán avaliados mediante un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%).

No caso de realizar un único exame final, o profesor poderalle esixir así mesmo ao alumno a entrega de tarefas adicionais, as cales lle serán notificadas con, polo menos, un mes de antelación respecto da data de celebración do exame final e deberán ser entregadas o día de celebración do mesmo. Para poder aprobar a materia o alumno deberá obter, polo menos, 50 puntos sobre 100 contando o exame final e as tarefas adicionais.

Avaliación na Convocatoria de Fin de Grao:

Os alumnos realizarán un único exame final sobre a totalidade dos contidos da materia (100%).

En caso de detección de copia en calquera das probas (probas curtas, exames parciais ou exame final), a calificación final será de "suspenso (0)" e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

J. Capmany, F. J. Fraile Peláez y J. Martí, **Fundamentos de Comunicaciones Ópticas**, 2a Edición, Síntesis, 2001

J. Capmany, F. J. Fraile Peláez y J. Martí, **Dispositivos de Comunicaciones Ópticas**, 1a Edición, Síntesis, 1999

Complementary Bibliography

G. P. Agrawal, **Fiber-Optic Communication Systems**, 4a Edición, Wiley-Interscience, 2010

G. Keiser, **Optical Fiber Communications**, 5a Edición, McGraw-Hill, 2014

J. Capmany y B. Ortega-Tamarit, **Redes Ópticas**, 1a Edición, Universidad Politécnica de Valencia, 2006

R. Wolf, **Quantum Key Distribution: An Introduction with Exercises**, 1a Edición, Springer, 2021

Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, **Quantum Computation and Quantum Information**, 10th Anniversary Edition, Cambridge University Press, 2011

Recomendacións

Subjects that it is recommended to have taken before

Electrónica y fotónica avanzadas para comunicaciones/10414-76022

IDENTIFYING DATA				
Laboratorio de radio				
Subject	Laboratorio de radio			
Code	10414-76029			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Torío Gómez, Pablo			
Lecturers	Torío Gómez, Pablo			
E-mail	ptorio@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	*Intensificación no coñecemento dos diversos sistemas de radio aplicando unha metodoloxía práctica de análise e síntese			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B8	Coñecer as limitacións, riscos e implicacións do uso da IA Xenerativa.
C2	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir, planificar e supervisar equipos multidisciplinares
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C5	Utilizar ferramentas propias de dirección xeral, dirección técnica e dirección de proxectos de investigación, desenvolvemento e innovación, en empresas e centros tecnolóxicos.
C13	Ser capaz de utilizar a IA Xenerativa de forma ética, crítica e responsable

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
* Coñecer a instrumentación básica para medidas de *radiofrecuencia, microondas, *milimétricas e *sub-*milimétricas.	B8	C2 C3 C5 C13
* Coñecer as principais configuracións para medidas dos parámetros característicos dos distintos *subsistemas: medida de *impedancia e de transmisión e reflexión, factor de ruído, marxe dinámica, e niveis de campo.	B8	C2 C3 C5 C13
* Coñecer as técnicas de caracterización experimental dos mecanismos de propagación de sinais.	B8	C2 C3 C5 C13

Contidos

Topic

Os estudantes realizarán algunhas das seguintes prácticas: Todas estas tarefas realizaranse como practicas en Laboratorio, usando el instrumental disponible en la Escuela.

1. Instrumentación básica.
2. Medidas de elementos activos.
 - Medida de parámetros de transmisión e reflexión en cuadripolos
 - Medida do factor de ruído
 - Medida de parámetros de receptores (ruído, selectividade, sensibilidade, marxe dinámica....)
 - Efecto do LNA na sensibilidade do receptor e con iso medida de propagación.
 - Medida de amplificadores de potencia de RF: eficiencia, ganancia,...
 - Medida de parámetros de osciladores.
3. Medida de elementos pasivos
 - Medida de filtros pasivos de RF: perdas, selectividade,....
 - Medida da frecuencia de corte dunha guíaonda
 - Medida de antenas: diagramas, ganancia e axusto electromagnético.
 - Medida de elementos comúns de microondas: circulaadores, acopladores direccionais,...
4. Medidas de propagación.
 - Medida de atenuación coa distancia
 - Medida de atenuación con obstáculos. Análise dos fenómenos de transmisión e reflexión.
 - Estudo estatístico da variabilidade do sinal
5. Uso dun radar.
6. Medidas de compatibilidade electromagnética.
7. Medidas en bandas milimétricas e submilimétricas
8. Deseño, montaxe e medida dun LNA
9. Deseño, montaxe e medida dun oscilador de RF.
10. Modulacions analóxicas
11. Modulacions dixitais
11. Analizadores de redes
12. Software Defined Radio (SDR)
13. Generadores vectoriales de señal
14. Televisión dixital terrestre (DVB-T)
15. Radio Dixital Mundial (DRM)
16. Códigos pseudoaleatorios
17. Comunicacions por espectro ensanchado
18. Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	9	9	18
Prácticas de laboratorio	29	14	43
Resolución de problemas e/ou exercicios	1	20	21
Resolución de problemas e/ou exercicios	3	40	43

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	Explicación das bases teórico-prácticas do traballo a desenvolver polo alumno no laboratorio. A1, A2, B8, C2, C3, C5, C13.
Prácticas de laboratorio	Montaxe e medida de circuitos e sistemas de telecomunicación. Empregando instrumental especializado. En grupo. A1, A2, B8, C2, C3, C5, C13.

Atención personalizada

Methodologies	Description
---------------	-------------

Prácticas de laboratorio	Poderanse solucionar dúbidas nas tutorías do profesorado. Estas tutorías realizaranse: * Individualmente ou en grupos reducidos (tipicamente cun máximo de 2-3 persoas). * Salvo que se indique o contrario, previa cita co profesor ou profesora correspondente. A cita solicitarase e acordará por correo electrónico ou ben en moovi.uvigo.gal, preferentemente nos horarios e lugar reservados oficialmente.
Lección maxistral	Poderanse solucionar dúbidas nas tutorías do profesorado. Estas tutorías realizaranse: * Individualmente ou en grupos reducidos (tipicamente cun máximo de 2-3 persoas). * Salvo que se indique o contrario, previa cita co profesor ou profesora correspondente. A cita solicitarase e acordará por correo electrónico ou ben en moovi.uvigo.gal, preferentemente nos horarios e lugar reservados oficialmente.
Tests	Description
Resolución de problemas e/ou exercicios	Poderanse solucionar dúbidas nas tutorías do profesorado. Estas tutorías realizaranse: * Individualmente ou en grupos reducidos (tipicamente cun máximo de 2-3 persoas). * Salvo que se indique o contrario, previa cita co profesor ou profesora correspondente. A cita solicitarase e acordará por correo electrónico ou ben en moovi.uvigo.gal, preferentemente nos horarios e lugar reservados oficialmente.
Resolución de problemas e/ou exercicios	Poderanse solucionar dúbidas nas tutorías do profesorado. Estas tutorías realizaranse: * Individualmente ou en grupos reducidos (tipicamente cun máximo de 2-3 persoas). * Salvo que se indique o contrario, previa cita co profesor ou profesora correspondente. A cita solicitarase e acordará por correo electrónico ou ben en moovi.uvigo.gal, preferentemente nos horarios e lugar reservados oficialmente.

Avaliación			
	Description	Qualification	Training and Learning Results
Prácticas de laboratorio	Prácticas de laboratorio 1	40	C2 C3 C5 C13
Resolución de problemas e/ou exercicios	Parcial 1	20	B8
Resolución de problemas e/ou exercicios	Parcial 2	40	B8

Other comments on the Evaluation

CONVOCATORIA EN OPORTUNIDADE ORDINARIA

Seguindo as directrices da titulación, as persoas que cursen esta materia terán dous sistemas de avaliación para a convocatoria ordinaria: Avaliación continua, que é o método recomendado e arredor do cal se organizan as actividades docentes, e unha opción de avaliación global que só se recomenda naquelas situacións nas que sexa imposible seguir o sistema recomendado.

AVALIACIÓN CONTINUA

A avaliación continua consta das probas que se detallan a continuación: * Prácticas de laboratorio. Avaliación do grupo (Peso: 40%)* Resolución de problemas e exercicios. Parcial 1. Avaliación individual (Peso: 20%)* Resolución de problemas e exercicios. Parcial 2. Avaliación individual (Peso: 40%)

A asistencia ás prácticas de laboratorio considérase obrigatoria. Ao final de cada sesión práctica, o alumnado deberá entregar un informe cos resultados obtidos, que constitúe o obxecto da avaliación das prácticas. Óptase polo sistema de avaliación continua, con asistencia a calquera das sesións de prácticas de laboratorio e entrega da memoria, a partir do primeiro mes do curso. Coa avaliación en grupo, todos os membros do grupo recibirán a mesma cualificación, sempre que as súas contribucións ás sesións obrigatorias sexan razoablemente similares. As tarefas e os exames de avaliación continua non son recuperables. As tarefas e os exames de avaliación continua non teñen ningún impacto máis alá do procedemento de avaliación continua. Unha persoa que non teña completado polo menos o 50 % das prácticas non poderá seguir o procedemento de avaliación continua. Se escolle seguir a avaliación continua, non poderá enviar a cualificación final. As persoas que optaron pola avaliación continua non teñen dereito a realizar unha avaliación global na mesma sesión.

AVALIACIÓN GLOBAL

Quen non opte pola avaliación continua deberá realizar un único exame final, na data oficial asignada polo centro, que abarque todas as actividades. Este exame demostra que adquiriron as mesmas competencias que aqueles que optaron pola avaliación continua.

CONVOCATORIA EN OPORTUNIDADE EXTRAORDINARIA

As persoas que foron avaliadas mediante avaliación continua poden escoller entre dúas opcións o día do exame:

* Realizar os exames correspondentes nunha única sesión, conservando unicamente a nota de asistencia ás prácticas e sendo avaliadas coa ponderación estipulada para o sistema de avaliación continua. * Ser avaliadas cun único exame final na data oficial asignada polo Centro, segundo o estipulado para o sistema de avaliación global.

Aquelas persoas que NON foron avaliadas mediante avaliación continua:* Serán avaliadas cun único exame final na data oficial asignada polo Centro, segundo o estipulado para o sistema de avaliación global.

CONVOCATORIA FIN DE CARREIRA

As persoas que se presenten ao exame final serán avaliadas cun único exame final na data oficial asignada polo Centro, segundo o estipulado no sistema de Avaliación Global.

En caso de detectar plaxio nalgunha das probas ou traballos, a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito comunicárase á dirección do Centro para os efectos oportunos.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Walter Tuttlebee, **Software defined radio : Enabling technologies,**

Fuqin Xiong, **Digital modulation techniques,**

Complementary Bibliography

Ulrich Reimers, **DVB : The family of international standards for digital video broadcasting,**

M. E. Van Valkenburg, **Network analysis,**

Wes Hayward, **Introduction to radio frequency design,**

George Brown, **Radio and electronics cookbook,**

John Davies, **Newnes radio and RF engineer's pocket book,**

Y.T. Lo, S.W. Lee, **Antenna handbook,**

Rajeswari Chatterjee, **Antenna theory and practice,**

Yi Huang, Kevin Boyle, **Antennas : from theory to practice,**

Walter C. Johnson, **Transmission lines and networks,**

Brian C. Wadell, **Transmission line design handbook,**

Recomendacións

Subjects that continue the syllabus

Comunicacións Móviles e sen Fíos/V05M145V01313

Satélites/V05M145V01311

Sistemas de Radio en Banda Larga/V05M145V01312

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Antenas/V05M145V01208

Comunicacións ópticas/V05M145V01207

Electrónica e Fotónica para Comunicacións/V05M145V01202

Subjects that it is recommended to have taken before

Radio/V05M145V01103

Tratamento de Sinal en Comunicacións/V05M145V01102

IDENTIFYING DATA				
(*)Circuitos mixtos analógicos y digitales				
Subject	(*)Circuitos mixtos analógicos y digitales			
Code	10414-76030			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1st	2nd
Teaching language	#EnglishFriendly Spanish			
Department				
Coordinator	Quintáns Graña, Camilo			
Lecturers	Quintáns Graña, Camilo			
E-mail	quintans@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	Most electronic systems combine analog and digital circuits. Therefore, in addition to studying them separately, it is necessary to consider them as a whole and understand their specific characteristics. This course introduces analog and digital mixed circuits from different perspectives, covering both theoretical and practical aspects. The content taught combines the theory of continuous and discrete systems, and analog and digital circuits, within the framework of applications related to the telecommunications electronics curriculum (format converters, modulators, filters, signal synthesis, etc.).			
English Friendly subject: International students may request from the teachers: a) materials and bibliographic references in English, b) tutoring sessions in English, c) exams and assessments in English.				

Training and Learning Results	
Code	
B6	Possess and understand knowledge that provides a basis or opportunity for originality in the development and/or application of ideas, often in a research context.
B10	Know the hardware description languages for highly complex circuits.
C3	Perform mathematical modeling, calculations, and simulations in technology and engineering centers, particularly in research, development, and innovation tasks in all areas related to Telecommunications Engineering and related multidisciplinary fields.
C6	Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.
C19	Use programmable logic devices and design advanced electronic systems, both analog and digital. Design communications components such as routers, switches, hubs, transmitters, and receivers in different bands.
C21	Develop electronic instrumentation, as well as transducers, actuators and sensors

Expected results from this subject	
Expected results from this subject	Training and Learning Results
To know and to understand the basics of mixed circuits in order to obtain new applications that combine different methods and resources for the design of complex systems	B6
To know the modeling of mixed electronic systems by using the mathematical basis of the continuous analog systems and discrete systems.	C3
The ability to combine different methods and resources for the design of complex systems that include analog and digital circuits.	C6
The knowledge of the characteristics of the description languages modeling the analog and digital mixed electronic circuits. To be able of modeling mixed electronic systems using hardware description languages.	B10
Knowing how to combine different methods and resources for the design of complex systems that include analog and digital circuits.	C19
To design matching circuits from analog to digital signal processors efficiently. Besides of the output signals from analog systems to digital processors.	
To know how to design specific digital filters and modulators for sampling and reconstruction of signals.	C21
To know how to use the modulation techniques for conditioning of sensors and for generating electrical signals to actuators.	

Contents

Topic

Unit 1: Introduction to mixed analog and digital electronic circuits.	Characteristics of mixed circuits. Modeling, simulation, and applications of mixed circuits.
Unit 2: Introduction to the modeling and simulation of mixed analog and digital electronic circuits.	Introduction to hardware description languages for mixed analog/digital circuits. Examples based on PSPICE and VHDL-AMS.
Unit 3: Oversampling techniques for signal processing.	Oversampling techniques. Resolution gain. Quantization noise spectrum modification. First-order modulator. Modeling, simulation, and testing techniques for sigma-delta modulators.
Unit 4: Sigma-delta ADC modulators.	Design of sigma-delta modulators with different topologies. Operating parameters. Low-pass, band-pass, and multi-stage modulators.
Unit 5: Sigma-delta DAC modulators.	System-level modeling and VHDL description of first- and second-order DAC modulators.
Unit 6: Hardware implementation of decimating filters.	VHDL synthesis of digital filters. Averaging and decimation filters. Equalizing filter.
Unit 7: Introduction to multistage A/D converter circuits.	Segmented analog A/D converter circuits. Basic stages, synchronization, and alignment. Test methods.
Unit 8: Hardware implementation of circuits for direct digital signal synthesis.	Methods for digital synthesis of analog signals. Direct synthesis. Modeling of digital analog signal synthesizers using hardware description languages.
Unit 9: Hardware implementation of IIR filters.	Hardware implementation of z-transfer functions for low-pass filters and signal synthesis.
Laboratory activities.	1. Modeling and simulation of a mixed-chip circuit using VHDL-AMS. 2. Modeling and simulation of a mixed-chip circuit using PSPICE. 3. Assembly of a Sigma-Delta ADC modulator. 4. Testing and analysis of a Sigma-Delta ADC modulator. 5. Implementation and testing of Sigma-Delta DAC modulators. 6. Configuration of decimation filters on an FPGA. 7. Configuration of DDS circuits on an FPGA. 8. Configuration of an IIR filter-based synthesizer circuit on an FPGA.

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Introductory activities	0.5	1	1.5
Lecturing	13.5	20	33.5
Problem solving	4	8	12
Laboratory practical	19	12	31
Laboratory practice	2	10	12
Essay questions exam	1.5	8	9.5
Problem and/or exercise solving	1.5	8	9.5
Report of practices, practicum and external practices	0	16	16

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Introductory activities	Activities aimed at making contact and gathering information about the students, as well as presenting the subject.
Lecturing	Exhibition by the teacher of the reports on the subject matter of study, theoretical bases and / or guidelines of a work, exercise that the student has to develop. The learning outcomes that are developed are: B6, B10, C3, C6, C19 and C21.
Problem solving	Activity in which problems and / or exercises related to the subject are formulated. The student must develop the correct solutions through the exercise of routines, and application of formulas or algorithms, the application of procedures of transformation of the available information and the interpretation of the results. The learning outcomes that are developed are: B6, B10, C3, C6, C19 and C21.
Laboratory practical	Activities of application of knowledge and concrete situations, and acquisition of basic and procedural skills, related to the object of study. They are developed in special spaces with specialized equipment (laboratories, computer rooms, etc.). The learning outcomes that are developed are: B6, B10, C3, C6, C19 and C21.
Software to be used: OrCAD PSpice, Excel, Matlab, Vivado, PARTQUEST.	

Personalized assistance

Methodologies	Description
---------------	-------------

Lecturing	The professor will attend personally doubts and queries of the students on the study of the theoretical concepts and exercises. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317).
Laboratory practical	The professor will attend personally doubts and queries of the students to prepare the practices of laboratory. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317).
Problem solving	The professor will attend personally doubts and queries of the students on the resolution of the problems. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317).
Tests	Description
Report of practices, practicum and external practices	The professor will attend personally doubts and queries of the students on the preparation of the report of practices. Office hours will take place in the teacher's office at the time established at the beginning of the course and published on the personal profile accessible on Moovi (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317).

Assessment				
	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Laboratory practice	Completion of real or simulated practical tasks. These are tests in which the performance of the students will be evaluated on the basis of their ability to demonstrate their knowledge of the material, their ability to organize and plan during the practice sessions, as well as their reflection on the results obtained, etc.	30	B10	C6 C19 C21
Essay questions exam	Tests that include open questions about a topic. Students must develop, relate, organize and present the knowledge they have about the subject in a comprehensive response.	25	B10	C3 C6 C19 C21
Problem and/or exercise solving	Test in which the student must solve a series of problems and / or exercises in a time / conditions established by the teacher. In this way, students must apply the knowledge acquired.	25	B6 B10	C3 C6 C19 C21
Report of practices, practicum and external practices	Preparation of a report by the student in which the characteristics of the work carried out are reflected.	20	B10	C6 C19

Other comments on the Evaluation

1. Ordinary exam

1.1. Continuous assessment

The continuous assessment consists of the following two parts (with their respective grading policy):

Part 1.- The laboratory work (50%) will be evaluated based on the quality of experimental techniques and results analysis (15%), the writing of laboratory reports (20%) and the Laboratory exam (15%).

Part 2.- The exams will cover material from lectures and additional provided resources (50%). The format of the exams may include essay questions (25%) and problem solving questions (25%).

The final grade, which ranges from 0 to 10 points, will be the sum of those from all parts, if the following requirements are met:

Requirement 1.- Attend and participate actively in a minimum of 80% of the laboratory sessions.

Requirement 2.- Obtain a minimum of 40% of the grade in the laboratory work (part 1), and in the exams (part 2).

If any of the previous requirements are not met, the final grade will be the sum of all grades or 4 points, if that sum is equal to or greater than 5 points.

Students who opt for continuous assessment and who have not reached the minimum mark in any part can recover it in the final exam of the ordinary or extraordinary calls. In the case of laboratory reports, if the minimum grade was not reached, the deadline to present the improvements proposed by the teaching team is the date of the final exam of the ordinary or

extraordinary calls.

To pass, students have to obtain a mark equal to or greater than 50% of the maximum grade (5 points).

The laboratory exam will be held during one of the final sessions. The part with essay and problem solving questions will be divided in two exams throughout the semester.

If after the first month of academic activity and after taking the first partial exam the students do not expressly waive continuous assessment, it will be considered to be the assessment method they have chosen.

1.2. Global assessment

Students who do not opt for continuous assessment or who do not carry out at least 80% of the laboratory work can make a global final exam.

The format of the final exam will consist of a laboratory part with practical tasks and a writing part that may include essay and problem solving questions. Each part accounts for 50% of the final grade. To pass, students have to obtain at least the 40% in each part and get a sum of both parts equal or greater than 5 points. If the minimum grade of any part is not achieved, the final grade will be the sum of both grades or 4 points, if that sum is equal to or greater than 5 points.

Students who do not opt for continuous assessment and do not attend the final exam will receive a grade of [No show].

2. Extraordinary exam

In the extraordinary exam the assessment will be like the final exam of the global assessment.

3.- Academic Integrity

Plagiarism is regarded as seriously dishonest behavior. If any form of plagiarism is detected on any of the tests or exams, the final grade will be FAIL (0), and the incident will be reported to the corresponding academic authorities for prosecution.

Sources of information

Basic Bibliography

C. Quintáns et al, **Methodology and Resources for the Practical Teaching of Mixed Analog-Digital Circuits**, 10.1109/TAE59541.2024.10604888, 1, IEEE, 2024

Shanthi Pavan; Richard Schreier; Gabor C. Temes, **Understanding Delta-Sigma Data Converters**, 2, Wiley-IEEE Press, 2017

U. Meyer-Base, **Digital Signal Processing with Fiel Programmable Gate Arrays**, 4, Springer, 2014

C. Quintáns, **Simulación de Circuitos Electrónicos con OrCAD PSpice**, 2, Marcombo, 2021

Complementary Bibliography

Charles H. Roth, Lizy Kurian John, **Digital Systems Design using VHDL**, 3, Cengage Learning, 2017

F. Maloberti, **Data Converters**, Springer, 2008

Steven W. Smith, **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing**, California Technical Publishing, 1997

G.I. Bourdopoulos, et al, **Delta-Sigma modulators : modeling, design and applications**, Imperial College Press, 2003

S. J. Orfanidis, **Introduction to signal Processing**, Prentice Hall International, Inc., 1997

Alfi Moscovici, **High Speed A/D Converters: Understanding Data Converters Through SPICE**, Kluwer Academic Publishers, 2006

Libin Yao, Michel Steyaert and Willy Sansen, **Low-Power Low-Voltage Sigma-Delta Modulators in nanometer CMOS**, Springer, 2006

Recommendations

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

(*)Acondicionadores de señal y sensores/10414-76023

Subjects that it is recommended to have taken before

(*)Sistemas electrónicos digitales avanzados/10414-76020

IDENTIFYING DATA				
(*)Codiseño hardware/software de sistemas empotrados				
Subject	(*)Codiseño hardware/software de sistemas empotrados			
Code	10414-76031			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1st	2nd
Teaching language	Spanish Galician English			
Department				
Coordinator	Álvarez Ruiz de Ojeda, Luís Jacobo			
Lecturers	Poza González, Francisco			
E-mail	jalvarez@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	Part of this course may be taught and assessed in English. The documentation of the subject will be in English. The main learning goals of this course are: - To learn the codesign methods to design applications based on embedded microprocessors in FPGAs. - To get to know the microprocessors that can be implemented in commercial FPGAs. - To handle the necessary software tools for the development of embedded applications by means of FPGAs. - To design application specific peripherals and their connection to the buses of the embedded microprocessors. - To design real digital applications with embedded microprocessors in FPGAs.			

Training and Learning Results

Code	
B10	Know the hardware description languages for highly complex circuits.
C6	Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.
C9	Learn continuously, self-directedly, and autonomously.
C19	Use programmable logic devices and design advanced electronic systems, both analog and digital. Design communications components such as routers, switches, hubs, transmitters, and receivers in different bands.
D1	Project, calculate, and design products, processes, and facilities in all areas of telecommunications engineering

Expected results from this subject

Expected results from this subject	Training and Learning Results		
To learn the codesign methods to design applications based on embedded microprocessors in FPGAs.	B18 B18 B10 B18	C38 C38 C19	D10
To get to know the microprocessors that can be implemented in commercial FPGAs.	B18 B18 B10 B18	C38 C38 C19	D10
To handle the necessary software tools for the development of embedded applications by means of FPGAs.	B18 B18 B10 B18	C38 C38 C19	D10
To design application specific peripherals and their connection to the buses of the embedded microprocessors.	B18 B18 B10 B18	C38 C38 C6 C19	D1 D10
To design real applications with embedded microprocessors in FPGAs.	B18 B18 B10 B18	C38 C38 C6 C9	D1 D10

Contents

Topic	
-------	--

LESSON 1 THEORY. INTRODUCTION TO THE DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS.	1.1. Introduction. 1.2. Programmable Systems On Chip (PSOC). 1.3. Hardware/Software Codesign. Codesign phases. 1.4. Xilinx SOC Zynq family introduction. 1.5. Xilinx Vivado and SDK tools for codesign of embedded systems.
LESSON 2 THEORY. MICROPROCESSOR OF THE XILINX ZYNQ FAMILY SOCs.	2.1. ARM processor from Zynq SOC family (Zynq Processing Systems (PS)). 2.2. Processor peripherals from Zynq SOC family. 2.3. Clock, reset and processor debugging. 2.4. AXI interface.
LESSON 3 THEORY. FPGA OF THE XILINX ZYNQ FAMILY SOCs.	3.1. Introduction to 7 series Xilinx FPGAs. 3.1.1. Logic resources. 3.1.2. Input/output resources. 3.1.3. Memory and signal processing resources. 3.1.4. Analog to digital converter. 3.1.5. Clock resources.
LESSON 4 THEORY. CONNECTION OF PERIPHERAL CIRCUITS TO THE XILINX ARM MICROPROCESSOR.	4.1.- Introduction. 4.2.- Interface for basic peripherals. GPIO. 4.3.- Interface for advanced peripherals. IPIF. 4.4.- Interface for user coprocessors
LESSON 5 THEORY. SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE XILINX ARM MICROPROCESSOR.	5.1.- Introduction. 5.2.- Structure of the routines for handling of peripherals. 5.3.- Interrupt handle. 5.4.- Program debugging.
LESSON 6 THEORY. HARDWARE / SOFTWARE PARTITIONING.	6.1.- Introduction. 6.2.- Examples of hardware / software codesign. 6.3.- Distribution of tasks between hardware and software. 6.4.- Software profiling.
LESSON 7 THEORY. EMBEDDED SYSTEMS ANALYSIS PROJECT.	7.1. Design of a software routine for the assigned function. 7.2. Design of a hardware peripheral (coprocessor) for the assigned function. 7.3. Profiling analysis from software routine and hardware peripheral. Comparison of results.
LESSON 8 THEORY. INTERRUPTS IN THE XILINX ARM MICROPROCESSOR.	8.1. Introduction. 8.2. Interrupt Handling. 8.3. Generic Interrupt Controller. 8.4. Interrupt Service Routine.
LESSON 1 LABORATORY. XILINX VIVADO ENVIRONMENT FOR THE DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS.	1.1. Introduction. 1.2. Xilinx Vivado environment. 1.3. Design of basic examples of embedded systems. 1.3.1. Addition of predefined peripherals (IP cores). 1.4. Implementation of the developed systems in Digilent evaluation boards.
LESSON 2 LABORATORY. DESIGN OF BASIC PERIPHERAL CIRCUITS.	2.1. Introduction. 2.2. Development of basic user peripherals. GPIO.
LESSON 3 LABORATORY. DESIGN OF ADVANCED PERIPHERAL CIRCUITS.	3.1. Introduction. 3.2. Development of advanced user peripherals (Custom IP).
LESSON 4 LABORATORY. XILINX VITIS ENVIRONMENT FOR THE DESIGN OF EMBEDDED SYSTEMS SOFTWARE.	4.1. Introduction. 4.2. Xilinx Vitis environment for software development. 4.3. Basic Design Examples.
LESSON 5 LABORATORY. SOFTWARE DEBUGGING OF EMBEDDED APPLICATIONS.	5.1. Introduction. 5.2. Software debugging of embedded systems by means of the GNU debugger from SDK.
LESSON 6 LABORATORY. HARDWARE VERIFICATION OF EMBEDDED APPLICATIONS.	6.1. Introduction. 6.2. Embedded systems hardware verification using Vivado hardware analyzer.
LESSON 7 LABORATORY. DESIGN PROJECT. DESIGN OF AN APPLICATION BASED IN THE XILINX ARM MICROPROCESSOR.	7.1. Design and test of the assigned application. 7.1.1. Design of the required hardware peripherals. 7.1.2. Design of the software program for the application. 7.1.3. Design and test of the complete embedded system.

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	10	5	15
Problem solving	5	5	10
Problem solving	6	12	18

Laboratory practical	6	16	22
Mentored work	14	40	54
Presentation	1	5	6

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
	Description
Lecturing	Conventional lectures.
Problem solving	Through this methodology the outcomes B10 and C19 are developed. Problem based learning (PBL): Problem solving. Design of synthesizable circuits in VHDL and software programs in C language. To solve them, the student has to previously develop certain outcomes.
Problem solving	Through this methodology the outcomes B10, C6, C9, C19 and D1 are developed. Problem based learning (PBL): The students must design a software routine and a hardware peripheral of an embedded system to solve a problem. In order to do that, the students must plan, design and implement the necessary steps.
Laboratory practical	Through this methodology the outcomes B10, C6, C9, C19 and D1 are developed. VHDL design of digital circuits and circuit implementation in FPGAs and development of software programs in C language. Integration of both to build an embedded system in a FPGA. Software to be used: Vivado Design Suite from Xilinx.
Mentored work	Through this methodology the outcomes B10, C6, C9 and C19 are developed. Project based learning. The students must design an embedded system to solve a problem. In order to do that, the students must plan, design and implement the necessary steps.
Presentation	Through this methodology the outcomes B10, C6, C9, C19 and D1 are developed. Exhibition of the results of the project developed.
	Through this methodology the outcomes B10, C9 and C19 are developed.

Personalized assistance	
Methodologies	Description
Lecturing	In class, the teacher will assist the students. Besides, the students will have the opportunity to consult with the teacher in office hours, which will be published in the following website: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11300
Laboratory practical	In class, the teacher will assist the students. Besides, the students will have the opportunity to consult with the teacher in office hours, which will be published in the following website: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11300
Problem solving	In class, the teacher will assist the students. Besides, the students will have the opportunity to consult with the teacher in office hours, which will be published in the following website: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11300
Mentored work	In class, the teacher will assist the students. Besides, the students will have the opportunity to consult with the teacher in office hours, which will be published in the following website: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11300
Problem solving	In class, the teacher will assist the students. Besides, the students will have the opportunity to consult with the teacher in office hours, which will be published in the following website: https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11300

Assessment		Qualification	Training and Learning Results		
	Description				
Problem solving	Problem Based Learning. Resolution of exercises and theoretical problems. The correct application of the theoretical concepts to the problems will be assessed, based on the published criteria.	10	B10	C6 C9 C19	D1

Problem solving	Problem Based Learning. Design of a software routine and a hardware peripheral to perform the function assigned. Comparison of the performance of both, in terms of execution time and logical resources used. The assessment will be based on the operation of the system and the correct application of the theoretical concepts, according to the published criteria. It will be necessary to deliver a brief report explaining the work done.	15	B10	C6 C9 C19	D1
Laboratory practical	Design circuits and programs in the laboratory sessions corresponding to the laboratory lessons 1 to 7. It will be necessary to show to the professor the operation of each one of the circuits and programs. It will be necessary to deliver the design source files. The assessment will be based on the operation of the digital system and the correct application of the theoretical concepts, according to the published criteria.	25	B10	C6 C9 C19	D1
Mentored work	Project Based Learning. Laboratory Project. Design of a complete embedded system with several peripherals. It will be necessary to deliver the source files of the work realized. The assessment will be based on the operation of the embedded system and the correct application of the theoretical concepts, according to the published criteria.	40	B10	C6 C9 C19	D1
Presentation	It will be necessary to do an oral presentation of 15 minutes as a maximum about the work, according to the index supplied by the teacher.	10	B10	C9 C19	

Other comments on the Evaluation

The final mark will be expressed in numerical form ranging from 0 to 10, according to the valid regulation (Royal decree 1125/2003 of 5 September; BOE 18 September).

Following the guidelines of the degree the students will be offered two evaluation systems: continuous assessment and global assessment. Students must choose at the start of the subject if they wish to follow the continuous evaluation or prefer to follow the global assessment at the end of the semester. Students who choose global assessment must notify the subject coordinator in writing within one month from the beginning of the semester.

CONTINUOUS ASSESSMENT IN ORDINARY CALL

The students that have chosen continuous assessment, but do not pass the course, will have to do the global assessment in extraordinary call.

The different tasks should be delivered in the date specified by the teacher, otherwise they will not be assessed for the continuous evaluation.

If the number of students allows it, the students will develop the theoretical exercises, the laboratory practices and the laboratory projects individually. In case of doing them in groups of two students the mark will be the same for both.

The students who want to be assessed in the continuous evaluation can only miss two sessions of any type as a maximum. If they miss more than 2 sessions, it will be compulsory to do an additional individual task or an examination.

GLOBAL ASSESSMENT(ordinary or extraordinary call) AND END-OF-PROGRAM CALL

The students that opt for the global assessment (whether it is at the ordinary or extraordinary call) or for the end-of-program call will have to do all the theoretical and practical tasks and the project individually.

The tasks for the single assessment must be delivered before the official date of the examination set by the faculty.

FINAL MARK OF THE COURSE

1) Laboratory practices (LP).

Each laboratory practice will be marked from 0 to 10. Its influence in the total mark of the subject will be weighted in function of the number of hours assigned to each lesson. That is, the mark of the practices will be obtained through the following formula:

$$LAB = Lesson 1L + \dots + Lesson N L$$

2) Theoretical exercises (TE).

Each one of the theoretical exercises and problems proposed in the theoretical sessions will be evaluated. Each exercise will be marked from 0 to 10. Its influence in the total mark of the subject will be weighted according to the difficulty and length of the exercise.

The total mark will be the sum of the marks of each one of the exercises:

$$TE = \text{Exercise 1} + \dots + \text{Exercise N}$$

3) Theoretical Problem (TP).

It will consist of the design of a software routine and a hardware peripheral to perform the function assigned to each student and the comparison of the performance of both, in terms of execution time and logical resources used. The content corresponds to topic 7 of theory. It will be necessary to show the teacher the operation of each one of the circuits and programs. It will be necessary to deliver a brief report explaining the work done.

4) Laboratory Tutored Work (LTW).

This work consists in the design of an embedded system. The correct operation of the developed circuits and programs will be evaluated. This work will be marked from 0 to 10.

5) Presentation (OP).

The work developed during the laboratory project will be presented. The presentation will be marked from 0 to 10.

In case the students pass the theoretical part (TE+TP), the laboratory practices (LP) and the Laboratory Tutored Work (LTW), that is, the mark of each part ≥ 5 , the final mark (FM) will be the weighted sum of the marks of each part of the subject:

$$FM = 0,10 * TE + 0,15 * TP + 0,25 * LP + 0,40 * LTW + 0,10 * OP$$

In case the students do not pass any of the three main parts of the subject, that is, the mark of any task < 5 , the final mark (FM) will be:

$$FM = \text{Minimum} [4,9; (0,10 * TE + 0,15 * TP + 0,25 * LP + 0,40 * LTW + 0,10 * OP)]$$

Plagiarism is regarded as serious dishonest behavior. If any form of plagiarism is detected in any of the exercises, the final mark will be FAIL (0), and the incident will be reported to the corresponding academic authorities for appropriate action.

Sources of information

Basic Bibliography

ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L.J., POZA GONZÁLEZ, F., **Diseño de aplicaciones empotradas de 32 bits en FPGAs con Xilinx EDK 10.1 para Microblaze y Power-PC**, Vision Libros,

Complementary Bibliography

ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L.J., **Diseño Digital con FPGAs**, Vision Libros,

Recommendations

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

(*)Circuitos mixtos analógicos y digitales/10414-76030

(*)Sistemas electrónicos digitales avanzados/10414-76020

IDENTIFYING DATA				
(*)Diseño y fabricación de circuitos integrados				
Subject	(*)Diseño y fabricación de circuitos integrados			
Code	10414-76032			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1st	2nd
Teaching language	Spanish			
Department				
Coordinator	Cao Paz, Ana María			
Lecturers	Cao Paz, Ana María			
E-mail	amcaopaz@uvigo.es			
Web	http://http://moovi.uvigo.gal			
General description	The objectives in mind are: 1) To know and understand the design methodologies of Integrated Circuits (ICs) based on CMOS technology. 2) To know the basic topologies used in analog electronic circuits. 3) To know how to analyze and dimensioning the devices of the basic topologies of analog circuits in CMOS technology. 4) To know and be capable to use software tools for the design of integrated circuits. 5) To know to specify an integrated circuit for manufacturing in CMOS technology.			

Training and Learning Results

Code	
C6	Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.
C8	Communicate (orally and in writing) the conclusions - and the knowledge and ultimate reasons that support them - to specialized and non-specialized audiences in a clear and unambiguous manner.
C9	Learn continuously, self-directedly, and autonomously.
D7	Design and manufacture integrated circuits.

Expected results from this subject

Expected results from this subject	Training and Learning Results
Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.	C6
Communicate (orally and in writing) the conclusions - and the knowledge and ultimate reasons that support them - to specialized and non-specialized audiences in a clear and unambiguous manner.	C8
Learn continuously, self-directedly, and autonomously.	C9
Design and manufacture integrated circuits.	D7

Contents

Topic	
Chapter 1: Introduction.	1.1 Course introduction. Objectives and course planning. 1.2 Basic concepts of microelectronic design of integrated circuits (ICs).
Chapter 2: Manufacturing sequence for ICs.	2.1 Introduction to ICs manufacturing. Planar technology. 2.2 Manufacturing sequence of ICs in CMOS technology. Structure of MOS transistors. 2.3 Manufacturing example: CMOS inverter. Masks pattern (layout). Technological design rules. Methodologies and tools for design assistance.
Chapter 3: Physical structure of basic devices and routing strategies.	3.1 Specification of the physical structure of MOS transistor. 3.2 Specification of the physical structure of a resistor. 3.3 Specification of the physical structure of a capacitor. 3.4 Strategies for performing transistors with high aspect ratio. Strategies for matched transistors.
Chapter 4: Basic amplifier topologies.	4.1 Common source topology. Common drain topology. Common gate topology. Cascode topology. Push_Pull amplifier. 4.2 Physical design examples.

Chapter 5: Current mirror.	5.1 Current sources. Basic structure of a current mirror. Analysis of functioning. Frequency response. Cascode topology. 5.2 Physical design examples.
Chapter 6: Differential pair.	6.1 Differential pair structure. DC analysis. AC analysis. 6.2 Specifications and design of the physical structure of a self-biased differential amplifier topology. Common mode rejection ratio. Slew rate limitations. 6.3 Matching of transistors. Physical design examples.
Chapter 7: Operational amplifier.	7.1 Two stages operational amplifier. Design parameters. 7.2 Transconductance Amplifier (OTA). 7.3 Examples of physical designs.
Chapter 8: Preparing for manufacturing.	8.1 Distribution in the base plane. Pad and terminals. Specification formats. Packages.
Laboratory session 1: Introduction to design tools for ICs. First part: Schematic.	Introduction to design tools for analog ICs. Current mirror example. Design Rules Check (DRC) and electric simulation.
Laboratory session 2: Introduction to design tools for ICs. Second part: Layout.	Introduction to design tools for analog ICs. Current mirror example. Layout design, design Rules Check (DRC), ERC, NCC and layout simulation.
Laboratory session 3: Design of logic gate.	Design of a logic gate (NAND). Schematic and layout. Functional verification through simulation of the schematic and layout.
Laboratory session 4: Design of self-biased differential pair I.	Electrical specification. Characterization of DC operating parameters. Characterization of AC operating parameters.
Laboratory session 5: Design of self-biased differential pair II.	Physical design. Design rules check (DRC), ERC and layout versus schematic (NCC). Post-layout simulation.
Laboratory session 6: Design of a transconductance amplifier.	Electrical Specification. Physical specification. Functional check.
Laboratory session 7: Preparing for manufacturing.	Creation of the pad. Creation of the padframe. Incorporation of the design. Generation of the GDS file for fabrication.

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	19	23	42
Laboratory practical	14	26	40
Mentored work	7	28	35
Problem and/or exercise solving	1	3	4
Problem and/or exercise solving	1	3	4

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Lecturing	The professor will present the relevant concepts of the course. Before each lecture, students must carry out a preparation analysis of the topics to be addressed. The aim is to encourage active participation of students, who may ask questions or expose doubts during the session. For a better understanding of certain content, practical examples or case studies will be discussed. Learning outcomes C9 and D7 are worked in this methodology.
Laboratory practical	Students work with IC CAD tools for IC design, in which they will carried out the definition of an electronic circuit both electrical and physical level, the verification of compliance with specifications and design preparation for manufacturing. Attendance will be recorded and performance of each group in each lab assignment will be evaluated. Learning outcomes C6, C9 and D7 are worked in this methodology.
Mentored work	Students will work in small teams (C-type groups) in the physical design and characterization of a circuit consisting of active devices and passive components, under the close guidance of professors. Attendance will be recorded. The activities to be developed by each team are: - Analysis of possible solutions and design alternatives. - Analysis and monitoring of the proposed solution for the project. - Report with the presentation and analysis of the obtained results. - Presentation and discussion of the results. Learning outcomes C6, C8, C9 and D7 are worked in this methodology.

Personalized assistance

Methodologies	Description
---------------	-------------

Lecturing	The teaching staff will attend doubts and enquiries of the students about the theoretical contents. Students will have the opportunity to attend personalized or group mentoring. The information to request the personalized assistance can be consulted in the MooVi profile of the teaching team: Ana María Cao Paz: https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331
Laboratory practical	The teaching staff will attend doubts and enquiries of the students about previous preparation of laboratory practices as well as its contents. Students will have the opportunity to attend personalized or group mentoring. The information to request the personalized assistance can be consulted in the MooVi profile of the teaching team: Ana María Cao Paz: https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331
Mentored work	The teaching staff will attend doubts and enquiries of the students about specifications, theoretical and practical aspects of the assigned project as well as those about the content and structure of the explanatory report. In addition, students will be guided about the structure and contents of the sessions of presentation and defense of the results achieved in the project. Students will have the opportunity to attend personalized or group mentoring. The information to request the personalized assistance can be consulted in the MooVi profile of the teaching team: Ana María Cao Paz: https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331

Assessment

	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Laboratory practical	As part of the continuous assessment of the subject, each student will be evaluated for each of the practices. In the evaluation will take into account the work of preparation prior to the realization of the practice, assistance, punctuality and use of time. The total qualification of the practices will be obtained as an arithmetic average of the qualification of each of them. The internship note is not kept for successive academic courses	20	C6 C8 C9	D7
Mentored work	The evaluation of the work will be performed from memory supporting and public presentation of results. Each group of students you must submit a report of the work has been carried out, indicating expresses the contribution of each to the whole, as well as methodology followed for the distribution and coordination of tasks. The evaluation of the work will be based on the following aspects: - Analysis of alternatives - Correct implementation and design verification - Design compaction - Use of appropriate strategies to minimize the effects of imperfections in the manufacturing process and to ensure good matching of the electrical characteristics between components or devices that like this require it by functional reasons. - Information for integrated circuit manufacturing. - Formal aspects: clarity and order, including figures and appropriate and outstanding data, as well as explanations in a concrete and comprehensive way. Each student will have an individual public exposure of the project has personally performed (including tasks planning and coordination if applicable). The presentations of the students from each group will be out in the same session, 1 hour. Each student will have 5 minutes for their presentation. At the end of the presentation, students must answer questions from teachers and other students present. The evaluation will be based on both the content and formal aspects of the presentation and the answers to questions. It may also assess positively to students who perform relevant questions. The explanatory report should be submitted at least two days before public presentation of work. To pass the course, the student will need obtain at least a score of 5 over 10 in memory, and get to least a score of 5 out of 10 in public presentation. In the evaluation of the work, the memory has a weigh 70% and the presentation 30%.	40	C6 C8 C9	D7
Problem and/or exercise solving	As part of the continuous evaluation, it will take place in mid-course an individual written test of 60 minutes, in one of the lecture sessions. This test will involve 20% of the final grade. To pass the course, students must achieve a mark of 4 or higher in a 0-10.	20	C8	D7
Problem and/or exercise solving	At the end of the theoretical content, students will have a second 60-minute exam, during one of the lectures. This test will represent 20% of the final grade. To pass the subject it will be necessary to obtain at least a score of 4 out of 10.	20	C6 C8	D7

Other comments on the Evaluation

Continuos assessment:

The planning of the different evaluations will be notified to the students on the first day of classes.

In order to pass the course, students must achieve a global mark of 5 or higher in a 0-10 scale. The global mark will be obtained as the weighted summation of the scores obtained in the different parts of the course. A minimum score is required in each of these parts. For students not achieving the minimum score in any of the parts, the global mark will be the lower value between 4.5 and the weighted summation of scores.

Global assessment:

Students not in continuous evaluation will be evaluated as follows:

- Final test will be 50% of the overall grade of the course. It will consist of two parts: short answer questions and resolution of problems. The part of the questions will represent 50 % of the test qualification and the part of resolution of problems the other 50%. In order to calculate the grade it is necessary to obtain at least 50 % of the maximum score for each part.
- They must develop a project, and deliver the corresponding report and public presentation (in the same sessions and with the same criteria as students in continuous evaluation). Reports are due two days before the public presentation. The project qualification will involve 50% of the overall grade of the course. In the final qualification of the project, the memory report has a corresponding percentage of 70% and the other 30% is obtained from the qualification of the presentation. In order to calculate the grade it is necessary to obtain at least 50 % of the maximum score for each part.

The deadline to renounce to continuous assessment will be one month before the end date of the semester, according to the calendar of the center. The procedure will be by sending an email to the teaching staff requesting the renounce of continuous assessment.

For students not achieving the minimum score in any of the parts, the global mark will be the lower value between 4.5 and the weighted summation of scores.

Extraordinary call:

Students who attend this call will be evaluated identically to the global assessment:

- Final test will be 50% of the overall grade of the course. It will consist of two parts: short answer questions and resolution of problems. The part of the questions will represent 50 % of the test qualification and the part of resolution of problems the other 50%. In order to calculate the grade it is necessary to obtain at least 50 % of the maximum score for each part.
- They must develop a project, and deliver the corresponding report and public presentation. Reports are due two days before the public presentation. The project qualification will involve 50% of the overall grade of the course. In the final qualification of the project, the memory report has a corresponding percentage of 70% and the other 30% is obtained from the qualification of the presentation. In order to calculate the grade it is necessary to obtain at least 50 % of the maximum score for each part.

For students not achieving the minimum score in any of the parts, the global mark will be the lower value between 4.5 and the weighted summation of scores.

Sources of information

Basic Bibliography

R. Jacob Baker, **CMOS Circuits desing, Layout and Simulation**, 9781119481515, 4ª, John Wiley & Sons, 2019

Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer, **Analysis and Design of Analog Integrated Circuits**, 9780470245996, 5ª, Wiley, 2009

Behzad Razavi, **Design of Analog CMOS Integrated Circuits**, 9789325983274, 2ª, MC GRAW HILL, 2017

Stephen A. Campbell, **Fabrication Engineering at the micro-and nanoscale**, 9780199861224, 4ª, Oxford University Press, 2012

Complementary Bibliography

Recommendations

Other comments

All conclusions achieved both in the written tests and in the projects must be adequately justified. Non-trivial concepts cannot be assumed but they have to be explained. The methodologies used by the student will be taken into account in the computation of his/her marks. No auxiliary resources, including but not limited to documentation, can be used in the written tests.

In case of detection of plagiarism in any of the evaluation tests or assignment submissions, the final grade will be SUSPENSE (0) and the fact will be reported to the corresponding academic authorities for prosecution.

IDENTIFYING DATA				
Comunicaciones digitales avanzadas				
Subject	Comunicaciones digitales avanzadas			
Code	10414-76033			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Mosquera Nartallo, Carlos			
Lecturers	Gómez Cuba, Felipe			
E-mail	mosquera@gts.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	O presente curso aborda temas avanzados en comunicacións dixitais con énfase en modulacións, codificación e detección. As técnicas explicadas forman parte do estado do arte en comunicacións dixitais, e cubren aspectos tan novedosos como sistemas MIMO e formas de onda avanzadas.			
	Impártese e evalúase en inglés. Os contidos están en inglés. Os alumnos poden participar nas clases e responder nos exames desexablemente en inglés, pero tamén é posible facelo en galego ou castelán.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B1	Coñecer os mecanismos de posta en marcha, dirección e xestión de procesos de fabricación de equipos electrónicos e de telecomunicacións, con garantía da seguridade para as persoas e bens, a calidade final dos produtos e a súa homologación.
B4	Concibir a Enxeñaría nun marco de desenvolvemento sostible.
B8	Coñecer as limitacións, riscos e implicacións do uso da IA Xenerativa.
C1	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir obras e instalacións de sistemas de telecomunicación, cumprindo a normativa vixente, asegurando a calidade do Servizo.
C2	Manexar as ferramentas necesarias para dirixir, planificar e supervisar equipos multidisciplinares
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results			
Manexar as ferramentas matemáticas necesarias para modelar, simular e evaluar sistemas modernos de comunicacións	A1	B1 B4	C1 C2 C3	
Resolver problemas cuxa solución non deriva da aplicación dun procedemento estandarizado	A1 A1 A1	B1 B4 B18 B8	C1 C2 C3 C38 C38 C38	D10 D10 D10 D10 D10 D10
Comprender os principios básicos dos estándares de comunicacións dixitais modernos		B1 B4 B18 B8 B18 B18 B18	C38 C1 C2 C3 C38 C38 C38 C38 C38 C38	D10 D10 D10

Deseñar transmisores, receptores e equipos de medida para sistemas de comunicacións modernos.

B18 C38 D10
B1 C1
B18 C2
B4 C38
B8 C3
B18 C38
C38
C38
C38
C38
C38
C38

Contidos

Topic	
1. Modelado de canle con múltiples antenas	Canle MIMO con visión directa. Canle MIMO con visión non directa. Caracterización estatística.
2. Capacidade de canle	Definicións de capacidade. Capacidade de canle con CSIR. Capacidade de canle con CSIT. Compromiso diversidade-multiplexación.
3. Transceptores MIMO	Arquitecturas MIMO para transmisión e recepción. Codificación espazo-temporal.
4. Canles de banda ancha	MIMO multiportadora. Aspectos prácticos de implementación.

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Prácticas de laboratorio	20	30	50
Lección maxistral	20	25	45
Exame de preguntas obxectivas	2	0	2
Resolución de problemas e/ou exercicios	0	14	14
Resolución de problemas e/ou exercicios	0	14	14

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Prácticas de laboratorio	As prácticas de laboratorio cubrirán diferentes aspectos das comunicacións MIMO. Isto permitirá aos alumnos implementar de forma práctica e extender considerablemente os conceptos vistos na clase. Farase uso de Matlab para simulación.
	Competencias: CG1, CG4, CE1, CE2, CE3
Lección maxistral	O curso estruturase en diferentes temas avanzados en comunicacións dixitais, facendo fincapé en comunicacións múltiple-entrada múltiple-salida (MIMO).
	Competencias: CG1, CG4, CG8, CE1, CE2, CE3

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	Os profesores da materia proporcionarán atención individual e personalizada aos alumnos durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. As dúbidas atenderanse de forma presencial (durante a propia sesión maxistral, ou durante o horario establecido para tutorías). O horario de tutorías se establecerá ao principio do curso e se publicará na páxina web da asignatura. Para información de contacto, véxase https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/carlos-mosquera-nartallo .
Tests	Description
Resolución de problemas e/ou exercicios	Os profesores da materia proporcionarán atención individual e personalizada aos alumnos durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. As dúbidas atenderanse de forma presencial (durante as sesións de seguimento do traballo, ou durante o horario establecido para tutorías).
Resolución de problemas e/ou exercicios	Os profesores da materia proporcionarán atención individual e personalizada aos alumnos durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. As dúbidas atenderanse de forma presencial (durante as sesións de seguimento do traballo, ou durante o horario establecido para tutorías).

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Exame de preguntas obxectivas	Examen final con preguntas sobre o contido da asignatura.	40	B1 B4 B8	C1 C2 C3
Resolución de problemas e/ou exercicios	Informes das prácticas que requiren desenvolvemento matemático.	30	B1 B4 B8	C1 C2 C3
Resolución de problemas e/ou exercicios	Informes das prácticas que requiren o uso de software matemático	30	B1 B4 B8	C1 C2 C3

Other comments on the Evaluation

Requirese unha puntuación mínima do 35% con respecto ao máximo posible no exame final para aprobar a asignatura.

Naqueles casos nos que se decida non realizar as tarefas de avaliación continua, a nota final basearase exclusivamente no exame con cuestións sobre a materia. Isto aplica tamén á oportunidade extraordinaria e fin de carreira.

No caso de que non se acade a puntuación mínima no exame final escrito, a nota final obterase usando a fórmula: $\min(0.6 \cdot \text{REP} + 0.4 \cdot \text{TEST}, 4.5)$, onde REP é a nota obtida nos informes/memorias e TEST é a nota obtida no exame final.

Unha vez que o alumno presenta algún dos entregables, está automaticamente decidindo ser avaliado de forma continua, salvo que indique o contrario no prazo dun mes dende o principio de curso.

Calquera alumno avaliado de forma continua recibirá unha calificación final, independentemente de se realiza o examen final ou non.

As tarefas de avaliación continua non poden repetirse despois das súas correspondentes datas de entrega, e son válidas so para o curso actual.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Emil Björnson and Özlem Tugfe Demir, **Introduction to Multiple Antenna Communications and Reconfigurable Surfaces**, 978-1-63828-314-0, First, now Publishers Inc., 2024

David Tse and Pramod Viswanath, **Fundamentals of Wireless Communication**, First, Cambridge University Press, 2005

Complementary Bibliography

Jerry Hampton, **Introduction to MIMO Communications**, First, Cambridge University Press, 2013

Robert W. Heath Jr. and Angel Lozano, **Foundations of MIMO Communication**, First, Cambridge University Press, 2018

A. Artés, F. Pérez-González, J. Cid, R. López, C. Mosquera, F. Pérez-Cruz, **Principios de comunicaciones digitales**, Versión electrónica, Prentice-Hall, 2012

Recomendacións

Subjects that it is recommended to have taken before

Tratamiento de señal en comunicaciones/10414-76019

IDENTIFYING DATA				
(*)Codificación de fuente y canal				
Subject	(*)Codificación de fuente y canal			
Code	10414-76034			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1st	2nd
Teaching language	English			
Department				
Coordinator	Comesaña Alfaro, Pedro			
Lecturers	Comesaña Alfaro, Pedro			
E-mail	pcomesan@gts.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
General description	In the subject "Source and channel coding" information theory basic concepts are presented. Then, lattices are presented as both source coding and channel coding tools. After commenting some generalities about another source coding strategy, namely Trellis Code Quantization, more advanced coding problems, as distributed source coding and joint source-channel coding, are considered.			

Training and Learning Results				
Code				
C3	Perform mathematical modeling, calculations, and simulations in technology and engineering centers, particularly in research, development, and innovation tasks in all areas related to Telecommunications Engineering and related multidisciplinary fields.			
C14	Apply methods from information theory, adaptive modulation and channel coding, as well as advanced digital signal processing techniques to communications and audiovisual systems.			
D1	Project, calculate, and design products, processes, and facilities in all areas of telecommunications engineering			
D4	Design and dimension transport, broadcast and distribution networks for multimedia signals			
D6	Model, design, implement, manage, operate, administer, and maintain networks, services, and content.			

Expected results from this subject				
Expected results from this subject		Training and Learning Results		
Understanding the fundamental characteristics of a lattice, and the properties we must take into account when facing a source coding problem and a channel coding problem.			C38	D10
			C3	D10
			C14	
Understand that a trellis code defines a lattice and why this construction is useful for source coding (Trellis-Code Quantization)		B18	C38	D10
		B18	C38	D10
		B18	C3	
		B18	C38	
		B18	C38	
			C38	
			C14	
Understanding of the different distributed source coding schemes.		A1	B18	C38
				D1
				C3
				D4
				C14
Implementation of a distributed source coding scheme.		A1	B18	C38
				D10
			B18	C3
				D1
			B18	C38
				D10
			B18	C38
				D6
				C38
				C14
Understanding of the different schemes of joint source and channel coding.		A1	B18	C38
				D10
				C3
				D4
				C14
				D6
Implementation of a joint and source channel coding scheme.			B18	C38
				D1
			B18	C3
				D4
				C38
				D6
				C14
				D10
				C38
				C38

Understanding of the characteristics of different ways of multimedia signal distribution, paying special attention to streaming schemes.

A1 B18 C38 D10
A1 B18 D1
A1 B18 D10
A1 B18 D10
A1 B18 D10
B18 D4
B18 D6
B18 D10
D10
D10

Contents

Topic

1) Information theory.	1) Discrete case: Entropy. Conditional entropy. Joint entropy. Mutual information. Kullback-Leibler Divergence. 2) Continuous case: Entropy. Conditional entropy. Joint entropy. Mutual information. Kullback-Leibler Divergence. 3) Jensen's inequality. 4) Shaping gain. 5) Rate distortion.
2) Lattices	1) Definition 2) Basic properties
3) Advanced source coding	1) Lloyd-Max quantizer. 2) Trellis Code Quantization.
4) Distributed source coding	1) Lossless coding 2) Lossy coding
5) Joint source-channel coding	1) Shannon's separability principle 2) JSCC practical examples
6) Other schemes of source and channel coding.	

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Laboratory practical	19	49	68
Lecturing	20	34	54
Problem and/or exercise solving	1	0	1
Problem and/or exercise solving	2	0	2

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Laboratory practical	19 hours of PC lab. Programming of computational simulations. The student will simulate, by using a numerical calculus programming language (as Matlab) the multimedia communications systems introduced in this subject. Learning results: C3, C14, D1, D4, D6. Software to be used: Matlab.
Lecturing	20 hours of theoretical lessons, where practical cases will be introduced. Furthermore, autonomous homework exercises will be proposed. Learning results: C3, C14, D1, D4, D6.

Personalized assistance

Methodologies	Description
Laboratory practical	Personalized assistance will be provided at the office hours. Individual feedback on the reports will be provided. The schedule of the office hours can be checked at the institutional website of the subject instructor: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/pedro-comesana-alfaro
Lecturing	Personalized assistance will be provided at the office hours.

Assessment

Description	Qualification Training and Learning Results
-------------	---

Laboratory practical	Numerical simulation programming, including the analysis of the obtained results and report/s writing.	40	C3 C14	D1 D4 D6
Problem and/or exercise solving	Midterm exam.	20	C3 C14	D1 D4 D6
Problem and/or exercise solving	Final exam.	40	C3 C14	D1 D4 D6

Other comments on the Evaluation

- Continuous assessment: In order to do the weighted average of the different qualifications, the student should submit all the tasks (practical work/s with report, midterm exam and final exam.) Moreover, at least 40% of the maximum grade must be obtained in the final exam and 40% of the maximum grade in each practical work. In case that these thresholds are not reached, the final grade will be the minimum of the weighted grade (using the weights indicated in the previous table) and 4.

- Global assessment: In order to do the weighted average of the different qualifications, the student should submit all the tasks (practical work/s with memory, and final exam.) Moreover, at least 40% of the maximum grade must be obtained in the final exam and 40% of the maximum grade in each practical work. In case that these thresholds are not reached, the final grade will be the minimum of the weighted grade (with a weight of 40% for the practical work/s and 60% for the final exam) and 4.

All the exams/test and practical works will be done individually and they can not be recovered.

The schedule of the midterm exams and the delivery of practical work/s will be published at the beginning of each academic semester.

After the publication of the grades of the midterm exam the students will have a one-month period to resign continuous assessment.

The same rules will be applied to the second call, where the students will choose if they keep the qualification of the midterm exam and are assessed with continuous assessment, or if they prefer to be assessed by global assessment. The grade of the midterm exam will not be saved for subsequent years.

In case of early call, the assessment will be performed by final exam only.

Plagiarism is regarded as serious dishonest behavior. If any form of plagiarism is detected in any of the projects, tests or exams, or if extensive use of AI tools is detected in the project, the final grade will be FAIL (0), and the incident will be reported to the corresponding academic authorities for prosecution.

Sources of information

Basic Bibliography

Cover and Thomas, **Elements of information theory**, 2, Wiley, 2006

Complementary Bibliography

Artículos científicos especificados por el profesorado,

Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Signal Processing in Communications/V05M145V01102

Other comments

Even if this subject has not a series of mandatory prerequisites, it is highly recommended that the student has a minimal background on:

- Statistics.
- Signal Processing.
- Channel coding.
- Source coding.
- Internet networks and protocols.

IDENTIFYING DATA				
Codificación y gestión de información multimedia				
Subject	Codificación y gestión de información multimedia			
Code	10414-76035			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	1	2c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Martínez Solís, Diego			
Lecturers	Martínez Solís, Diego			
E-mail	diego.martinez.solis@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
General description	Nesta asignatura estudarase as principais técnicas de compresión e codificación dos sinais audiovisuais, prestando especial atención ao estándar MPEG4. Tamén se explicarán as principais características do estándar MPEG7 para a descrición e recuperación de información multimedia.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Code	
B12	Coñecer os principais estándares no ámbito da codificación de audio e vídeo.
C3	Realizar modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
C14	Aplicar métodos da teoría da información, a modulación adaptativa e codificación de canle, así como técnicas avanzadas de procesado dixital de sinal aos sistemas de comunicacións e audiovisuais.
D1	Proxectar, calcular e deseñar produtos, procesos e instalacións en todos os ámbitos da enxeñaría de telecomunicación.

Resultados previstos na materia	
Expected results from this subject	Training and Learning Results
Terán aprendido a explotar os efectos perceptuais e a redundancia espacio-temporal para comprimir a información audiovisual.	A1 B18 C3 D1
	B18 C14 D10
	B18 C38 D10
	B12 C38 D10
	B18 C38 C38
Comprenderase a estrutura de información que contén o estándar MPEG4 y o porqué da súa necesidade.	B18 C38 D10
	B12 C38 D1
	D10
Teranse entendido os principais procesos que sofre o sinal de audio e o sinal de vídeo para garantir calidade perceptual reducindo a taxa binaria e coñeceranse os principais algoritmos incorporados nos estándares.	A1 B18 C38 D10
	A1 B18 C3 D1
	C38 D10
	C38 D10
	C38 D10
	C38 D10
	C14 D10
	D10
Terán aprendido a manipular a información audiovisual para extraer metadatos e utilízalos en indexación e búsquedas.	A1 B18 C38 D10
	A1 B18 C38 D1
	C38 D10
	C38 D10
	C38 D10
	D10
	D10

Terán entendido a estrutura e utilidade do estándar MPEG7.

A1	B18	C38	D10
A1	B18	C38	D1
	B18		D10
	B18		D10
	B18		D10
	B18		D10
	B12		D10
			D10
			D10
			D10
			D10
			D10
			D10

Contidos

Topic	
Introducción á compresión e codificación audiovisual.	Percepción humana, redundancia e relevancia. Historia dos estándares de compresión. Análise e descripción da estrutura espacial e temporal en vídeo.
Codificación de vídeo.	Estándares de compresión de vídeo en MPEG 1, 2 y 4; H.261, H.263, H.264 (AVC), extensión de H.264, introducción a HEVC (H.265, MPEG-H part 2).
Codificación de audio.	Estándares de compresión de audio en MPEG 1, 2, 4 (MP3, AAC).
Descrición audiovisual avanzada.	MPEG7. Descrición Audiovisual Avanzada. Organización do contido multimedia. Recuperación de información.
Contido práctico.	Realizaranse tres prácticas reais relacionadas cos temas da asignatura.

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Prácticas con apoio das TIC	14	22	36
Traballo tutelado	10	38	48
Lección maxistral	16	16	32
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas 0.5		3.5	4
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas 0.5		3.5	4
Exame de preguntas obxectivas	1	0	1

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Prácticas con apoio das TIC	Traballo sobre conceptos concretos explicados nas sesións maxistras, con axuda de aplicacións informáticas. Competencias traballadas: B12, C3, C14, D1. Software: Matlab, Simulink, Python/OpenCV.
Traballo tutelado	O traballo empeza nas sesións da aula de informática. Traballo sobre os conceptos explicados e extensión dos mesmos. Cada problema/traballo exténdese durante varias semanas nas que o alumnado (en parellas), vai descubriendo, pola súa conta, ou coa axuda do profesor, qué necesitan para resolvelo. O traballo, ou parte do mesmo, deberá exponerse en público. Competencias traballadas: B12, C3, C14, D1.
Lección maxistral	Exposición dos conceptos básicos da asignatura. Competencias traballadas: B12, C3, C14, D1.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Prácticas con apoio das TIC	Axuda in situ e, se é necesario, tutoría previa cita (despacho A305). Consultas vía e-mail (dmartinezsolis@com.uvigo.es, diego.martinez.solis@uvigo.gal)
Traballo tutelado	Axuda in situ e, se é necesario, tutoría previa cita (despacho A305). Consultas vía e-mail (dmartinezsolis@com.uvigo.es, diego.martinez.solis@uvigo.gal)
Lección maxistral	Axuda in situ e, se é necesario, tutoría previa cita (despacho A305). Consultas vía e-mail (dmartinezsolis@com.uvigo.es, diego.martinez.solis@uvigo.gal)
Tests	Description

Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Resposta a cuestións sobre a súa elaboración. No momento de corrixir as memorias, envíase un breve informe con acertos e erros.
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Resposta a cuestións sobre a súa elaboración. No momento de corrixir as memorias, envíase un breve informe con acertos e erros.

Avaliación					
	Description	Qualification	Training and Learning Results		
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	TEMÁTICA: relacionada cos primeiros temas. Especificacións provistas por profesor. A puntuación do traballo tutelado inclúe: a metodoloxía, os resultados conseguidos, a documentación e a selección de bibliografía relacionada. Os estudantes poden elixir realizar esta tarefa de forma individual ou en parella. Se se fan en parella, darase a mesma nota para ambos.	40	B12	C3 C14	D1
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	TAREA INDIVIDUAL ORIGINAL. TEMÁTICA: acordada co profesor segundo suxerencia do/da estudante. A puntuación do traballo tutelado inclúe: a metodoloxía, os resultados conseguidos, a documentación e a selección de bibliografía relacionada.	40	B12	C3 C14	D1
Exame de preguntas obxectivas	Esta proba vai asociada aos conceptos explicados nas sesións maxistras.	20	B12	C3 C14	D1

Other comments on the Evaluation

Existe un exame final na data oficial marcada en Xunta de Escola, o que debe presentarse quen non superara a avaliación continua e desexe aprobar a asignatura. Tamén se pode decidir optar directamente polo exame final e non realizar ningunha actividade de avaliación continua (avaliación global). Este exame final será calificado entre 0 e 10 puntos e inclúe todos os temas da asignatura xunto cos conceptos e técnicas explicados globalmente para os traballos tutelados. Para aprobar, o alumno debe obter, alomenos, cinco puntos.

A avaliación en convocatoria extraordinaria consistirá nun exame para quen non superara a asignatura na convocatoria ordinaria. A nota da asignatura será a nota de dito exame. Este exame será calificado entre 0 e 10 puntos, e inclúe todos os temas da asignatura.

O "Exame de preguntas obxectivas" pode ser online ou escrito e presencial. En todo caso, sempre na data oficial de exame.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Fernando Pereira and Touradj Ebrahimi, **The MPEG-4 book**, 1, MSC Press Multimedia Series, Pearson Education, 2002

Richardson, Iain E. G., **H.264 and MPEG-4 video compression: video coding for next generation multimedia**, 1, Wiley, 2003

Complementary Bibliography

Thiagarajan, Jayaraman, **Analysis of the MPEG-1 Layer III (MP3) Algorithm using MATLAB**, 1, Morgan and Claypool, 2011

Ze-Nian Li, Mark S. Drew, Jiangchuan Liu, **Fundamentals of Multimedia**, 2, Springer, 2014

Recomendacións

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Distribución de contenidos multimedia/10414-76025

Subjects that it is recommended to have taken before

Tratamiento de señal en comunicaciones/10414-76019

IDENTIFYING DATA				
(*)Diseño avanzado de misiones espaciales y de exploración				
Subject	(*)Diseño avanzado de misiones espaciales y de exploración			
Code	10414-76038			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enseñanza de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	-	1st
Teaching language	English			
Department				
Coordinator	Aguado Agelet, Fernando Antonio			
Lecturers	Aguado Agelet, Fernando Antonio Pérez Fontán, Fernando			
E-mail	faguado@uvigo.gal			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	This course focuses on the advanced design of satellite missions, covering mission analysis and the design of the space and ground segments at a system level. Students will delve into satellite subsystem engineering and design, including architecture, design, implementation, and AIV (Assembly, Integration, and Verification). The program also covers space robotics, autonomous systems, and innovative technologies in space exploration. Learning is consolidated through a final design project for a mission in Low Earth Orbit (LEO), Medium Earth Orbit (MEO), Geostationary (GEO), or Deep Space.			

Training and Learning Results

Code	
B1	Understand the mechanisms for launching, directing, and managing electronic and telecommunications equipment manufacturing processes, ensuring the safety of people and property, ensuring the final quality of the products, and ensuring their approval.
C2	Manage the tools necessary to direct, plan and supervise multidisciplinary teams
C6	Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.
C24	Develop, strategically plan, direct, coordinate, and technically and economically manage space projects in the terrestrial and deep space environments, applying Space Systems Engineering standards, with knowledge of satellite operating processes.

Expected results from this subject

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
To develop, plan, and manage an advanced space mission project, applying space systems engineering standards.	B1	C2 C6 C24
To design the architecture of a satellite's main subsystems and define their Assembly, Integration, and Verification (AIV) procedures.	B1	C2 C6 C24
To analyze and apply the principles of space robotics and autonomous systems within the context of space exploration missions.	B1	C2 C6 C24
To perform system-level analysis for both the space and ground segments of a mission, including mathematical modeling and simulations	B1	C2 C6 C24
To integrate innovative technologies and solve complex problems in the design of a complete mission project (e.g., LEO, GEO, or Deep Space).	B1	C2 C6 C24
To develop sufficient autonomy to formulate, present, and communicate the technical and planning aspects of a comprehensive space mission project.	B1	C2 C6 C24

Contents

Topic

International space project standards (Theoretical ECSS, NASA, INCOSE. and Practical).

Advanced Mission Analysis and Design (Theoretical and Practical)	- Mission requirements analysis. - System-level design of the space and ground segments.
Satellite Subsystem Engineering (Theoretical and Practical)	- Architecture, design, and implementation of subsystems. - Assembly, Integration, and Verification (AIV) plans and procedures.
Space Robotics and Autonomous Systems (Theoretical)	- Fundamentals of robotics applied to space exploration. - Control systems for autonomous operations in space
Innovative Technologies in Space Exploration (Theoretical)	Study of emerging technologies and their application in future space missions.
Space Mission Design Project (Practical)	- Development of a final project for a complete mission in Low Earth Orbit (LEO), Medium Earth Orbit (MEO), Geostationary (GEO), or Deep Space. - Practical application of mission analysis and the design of systems and subsystems.

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	14	14	28
Practices through ICT	21	21	42
Objective questions exam	3	14	17
Essay questions exam	2	0	2
Problem and/or exercise solving	2	13	15
Laboratory practice	0	21	21

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Lecturing	The different theoretical aspects of each part of the subject are described, including the possibility of using the flipped learning methodology.
Practices through ICT	With this methodology, competencies B1, C2, C6, and C24 are developed. Theoretical knowledge will be applied to assess the technical feasibility of a small satellite project proposed by the students. This methodology will help develop competencies B1, C2, C6, and C24.

Personalized assistance

Methodologies	Description
Lecturing	The students will have the opportunity to attend tutorial hours with the university lecturers in the schedule that will be established and published in the subject web-page (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11661). They may also send their queries by email.
Practices through ICT	The students will have the opportunity to attend tutorial hours with the university lecturers in the schedule that will be established and published in the subject web-page (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11661). They may also send their queries by email.
Tests	Description
Laboratory practice	The students will have the opportunity to attend tutorial hours with the university lecturers in the schedule that will be established and published in the subject web-page (https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11661). They may also send their queries by email.

Assessment

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Objective questions exam	Final Exam: This consists of an assessment to evaluate the competencies acquired by students through solving simple problems and answering short theoretical questions.	15	B1 C2 C6 C24
Essay questions exam	Exams where enrolled individuals will have to solve, individually and autonomously, a series of exercises applying the acquired knowledge within the time and under the conditions established by the faculty. Depending on the chosen evaluation system, there will be one exam to be taken during the course or alongside the final exam.	60	B1 C2 C24

Problem and/or exercise solving	Exams where enrolled individuals will have to solve, individually and autonomously, a series of exercises applying the acquired knowledge within the time and under the conditions established by the faculty.	5		C2 C6 C24
Laboratory practice	Students participate in individual or group practicals and complete individual assignments during the course.	20	B1	C2 C6

Other comments on the Evaluation

In case of detection of plagiarism in any of the assessments (short quizzes, partial exams, or final exam), the final grade will be FAIL (0) and the fact will be communicated to the Center's management for appropriate action.

Within a maximum period of one month from the start of the course, students must choose the evaluation method for the ordinary opportunity: global evaluation or continuous evaluation. If continuous evaluation has been chosen, the grade cannot be "not presented." However, students may switch to global evaluation one week before the final exam. The extraordinary opportunity will always be evaluated by global evaluation, although, optionally, part of the continuous evaluation grades may be taken into account.

Language of instruction: English.

All course documentation will be in English, as well as presentations.

The evaluation of reports and practicals will also be carried out in English.

The last exam can be answered in English, Galician, or Spanish.

1.- First Call

Final Evaluation: The exam will include questions, problems, and practical exercises related to the content explained in both lectures and IT-supported practical sessions. A 5 out of 10 will be required to pass the exam.

Continuous Evaluation: The subject will be evaluated throughout the course:

- Objective questions exam: students will take 3 exams. Their evaluation will have a weight of 60% in the final grade.
- Problem and exercise solving: a problem exam of the theoretical subject will be carried out and will have a weight of 5% of the final grade.
- Short answer final test: this exam will be the final test of the continuous evaluation and will have a weight of 15% of the final grade.
- Laboratory practical: it will be evaluated through reports of the IT practicals proposed throughout the course, and overall, they will have a weight of 20%.

2.- Second Call

Students will carry out a single evaluation that will include topics and/or problems related to the content taught in both lectures, seminars, and supervised work (100% of the final grade). Those who chose continuous evaluation for the first opportunity may, optionally, carry out this single evaluation for 65% of the final grade.

3.- End-of-Degree Call

Students will carry out a single evaluation that will include topics and/or problems related to the content taught in both lectures, seminars, and supervised work (100% of the final grade). Those who chose continuous evaluation for the first opportunity may, optionally, carry out this single evaluation for 65% of the final grade.

The practical tasks carried out in the course are non-recoverable and are only valid for the current course.

4.- Use of Generative Artificial Intelligence

In the performance of the academic activities of this subject, the use of generative artificial intelligence (GAI) is permitted. Its use must be done ethically, critically, and responsibly. In the case of using GAI, any result it provides must be critically

evaluated, and any generated citation or reference carefully verified. Likewise, it is recommended to declare the use of the tools used.

Sources of information

Basic Bibliography

Course documentation and slides,

James R. Wertz, David F. Everett and Jeffery J. Puschell, **Space Mission Engineering: The New SMAD**, 4,

<http://www.ecss.nl>,

Transparencias de la asignatura,

Complementary Bibliography

<http://www.incose.org/>,

NASA Systems Engineering Handbook, SP-2007-6105. Rev 1,

Peter Fortescue (Editor), John Stark (Editor), Graham Swinerd (Editor), **Spacecraft Systems Engineering**, 3,

Recommendations

Other comments

For PARS students, it's recommended to have passed or be currently enrolled in the following Bachelor's Degree subject:
"Space Systems Engineering."

IDENTIFYING DATA				
(*)Electrónica de potencia en fotovoltaica				
Subject	(*)Electrónica de potencia en fotovoltaica			
Code	10414-76039			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enseñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	-	1st
Teaching language	#EnglishFriendly			
Department				
Coordinator	Doval Gandoy, Jesús			
Lecturers	Doval Gandoy, Jesús Ríos Castro, Diego			
E-mail	jdoval@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	The subject describes the basic concepts of the techniques of control and of electronic conversion of power used in photovoltaic systems. English Friendly subject: International students may request from the teachers: a) resources and bibliographic references in English, b) tutoring sessions in English, c) exams and assessments in English.			

Training and Learning Results

Code	
B4	Conceiving Engineering within a framework of sustainable development.
C22	Integrate technologies and systems specific to Telecommunications Engineering, both in a generalist capacity and in broader, multidisciplinary contexts such as bioengineering, photovoltaic conversion, nanotechnology, and telemedicine.
C27	Integrate photovoltaic conversion technologies to power telecommunications engineering systems

Expected results from this subject

Expected results from this subject	Training and Learning Results			
Acquisition of knowledge related to power converter topologies used in photovoltaic systems.	A1	B4	C22	D10
	A1	B18	C27	D10
		B18	C38	D10
			C38	D10
			C38	D10
			C38	D10
				D10
				D10
				D10
Acquisition of knowledge related to control techniques for power converters used in photovoltaic systems.	A1	B18	C22	D10
		B4	C27	D10
		B18	C38	D10
		B18	C38	D10
		B18	C38	

Contents

Topic	
Subject 1: Introduction to the photovoltaic systems.	Photovoltaic effect. Electric characteristics of the photovoltaic signposts. Dependency of the temperature and of the radiation. Electric connection. Effect shadow.
Subject 2: Power conversion topologies used in photovoltaics.	Electric configuration of power converters. Modulation techniques.
Subject 3: Control of power converters used in photovoltaics.	Control of isolated photovoltaic converters. Control of photovoltaic converters connected to the grid. Synchronization. Tracking of the point of maximum power.
Subject 4: Standards in photovoltaics	International Standards: IEEE, IEC, VDE, IN. Power quality, anti-island operation.

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	15	48	63
Laboratory practical	10	31	41
Problem solving	5	16	21

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Lecturing	Presentation by the professor of the contents of the subject, guidelines for the work to be developed by the student. Work will be focused on Competencies: B4, C22, C27.
Laboratory practical	Practical application of the theoretical concepts. Work will be focused on Competencies: B4, C22, C27.
Problem solving	Proposal of problems and/or exercises related with the subject contents. Students have to obtain the correct solutions. The professor will support and will help students to solve the problems. Work will be focused on Competencies: B4, C22, C27.

Personalized assistance

Methodologies	Description
Lecturing	The teaching staff will attend personally doubts and queries of the students related to theoretical concepts, exercises or laboratory activities. The students will be able to attend tutorials in the professor office at the time that the teaching staff will establish after being requested by students.
Laboratory practical	The teaching staff will attend personally doubts and queries of the students related to theoretical concepts, exercises or laboratory activities. The students will be able to attend tutorials in the professor office at the time that the teaching staff will establish after being requested by students.
Problem solving	The teaching staff will attend personally doubts and queries of the students related to theoretical concepts, exercises or laboratory activities. The students will be able to attend tutorials in the professor office at the time that the teaching staff will establish after being requested by students.

Assessment

	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Lecturing	Theoretical concepts	34	B4	C22 C27
Laboratory practical	Development of the practices of laboratory.	33	B4	C22 C27
Problem solving	Resolution of *exercicios proposed.	33	B4	C22 C27

Other comments on the Evaluation

For the ordinary and extraordinary exam, it will be possible to choose between continuous assessment and global assessment. Students that select global assessment should notify this to the teachers during the very first month of classes of the subject.

1. Continuous evaluation

It consists of the realization of weekly tasks, laboratory exercises. Students will execute those tasks and laboratory exercises and they will have to write a report for each activity. The professor can ask questions to the students related to those activities in order to assess the acquired knowledge.

The professor will grade students based on their performance in completing the assignments, practical exercises, and reports generated. Grades will be valid only for the academic year in which they are completed. It is understood that students opt for continuous assessment if they submit any of the proposed assignments or practical exercises. From that moment on, they are considered to have submitted to the exam. Their grade will be based on continuous assessment.

2. Global evaluation

Students who do not participate in continuous assessment will be required to take an exam. This exam will consist of theoretical questions, problems, and exercises that will assess students' knowledge of the subject matter. The date for this exam will be set by the school administration.

3. Extraordinary opportunity

Students will have an extraordinary opportunity to pass the course. They will have to pass an exam consisting of theoretical

questions, problems, and exercises that will assess their knowledge of the subject content.

The date for this exam will be set by the school administration. This exam is the same for all students, whether they are enrolled in continuous assessment or not.

Sources of information

Basic Bibliography

Remus Teodorescu, Marco Liserre, Pedro Rodríguez, **Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems**, Online ISBN:9780470667057 |DOI:10.1002/9780470667057, 1, John Wiley & Sons, Ltd., 2011

Complementary Bibliography

Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, **Power Electronics: Converters, Applications, and Design**, ISBN: 978-0-471-22693-2, 3, Wiley, 2002

Andrés Barrado Bautista, Antonio Lázaro Blanco, **Problemas de electrónica de potencia**, ISBN: 9788420546520, 1, Pearson. Prentice Hall, 2007

Recommendations

IDENTIFYING DATA**Forensía y seguridad de datos (Data Forensics and Security (D4S))**

Subject	Forensía y seguridad de datos (Data Forensics and Security (D4S))			
Code	10414-76040			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	-	1c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	Pérez González, Fernando			
Lecturers	Pérez González, Fernando			
E-mail	fperez@gts.uvigo.es			
Web	http://faitic.uvigo.es			
General description	A seguridade multimedia é un tema cada vez máis importante dado que a maior parte da información que se intercambia hoxe en día en Internet é multimedia. As solucións de protección de datos tradicionais como a criptografía só poden solucionar o problema parcialmente, porque os contidos, unha vez descifrados, deixan de estar protexidos. Ademais, hai unha preocupación crecente sobre a integridade dos contidos multimedia: as ferramentas modernas de edición cuestionan a nosa confianza nos vídeos, imaxes ou audio. Afortunadamente, numerosos de grupos investigación e empresas abordaron estes problemas e propuxeron solucións enxeñosas. O presente curso presenta temas en seguridade multimedia, facendo énfase na criptografía, o marcado de auga, en análise dixital forense e o procesado de sinal no dominio cifrado. Impártese e evalúase en inglés. Os contidos están en inglés. Os alumnos poden participar nas clases e responder nos exames desexablemente en inglés, pero tamén é posible facelo en galego ou castelán.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B4	Concibir a Enxeñería nun marco de desenvolvemento sostible.
B8	Coñecer as limitacións, riscos e implicacións do uso da IA Xenerativa.
C31	Modelar, operar, administrar, e afrontar o ciclo completo e empaquetamento de redes, servizos e aplicacións considerando a calidade de servizo, os custos directos e de operación, o plan de implantación, supervisión, seguridade, escalado e mantemento, xestionando e asegurando a calidade no proceso de desenvolvemento.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results			
Manexar o uso dos diferentes algoritmos nas distintas contornas de comunicacións multimedia que se poden expor actualmente.	B4 B8	C38 C31	D10	
Comprender material técnico de forma autónoma.	A1	B18	C38	D10
	A1	B18	C31	D10
	A1	B18		
	B4 B8			

Contidos

Topic	
Introdución a criptografía.	Aplicación a sistemas multimedia. Integración con codificación de fonte e de canle. Cifrado bloque e secuencial. Hashing e códigos MAC. Algoritmos específicos.
Sistemas de acceso condicional.	Requisitos. Historia e estado da arte. Deseño dun sistema de acceso condicional.
Compartición de segredos.	Sistema sinxelo de compartición de segredos. Criptografía visual.

Ocultación de datos e marcado de auga.	Conceptos básicos. Marcado de auga e ocultación de datos. Marcado de auga en espectro ensanchado. Marcado de auga mediante cuantificación. Aplicación a imaxes e vídeo. Aplicación á protección do copyright de modelos de aprendizaxe profunda.
Procesamento de sinal forense.	Detección e estimación de cuantificación. Detección e identificación de filtrado. Detección e estimación de remuestreo. Atribución de cámaras.
Procesado de sinal no dominio cifrado.	Métricas e conceptos de privacidade. Cifrado homomórfico. Circuitos ilexibles. Representación de sinais e explosión de cifras. Aplicacións.

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	19	27	46
Prácticas de laboratorio	14	13	27
Prácticas con apoio das TIC	7	13	20
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	0	15	15
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas (Repetida non usar)	0	15	15
Exame de preguntas de desenvolvemento	2	0	2

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Lección maxistral	O curso está estruturado en varios temas en seguridade multimedia, incluíndo criptografía, marcado de auga, forensía e procesado de sinal no dominio cifrado. Competencias: CG4, CG8, CE31
Prácticas de laboratorio	As prácticas de laboratorio cubrirán aspectos diferentes da ocultación de datos, marcado de auga e forensía. Isto permitirá que os estudantes implementen e expandan considerablemente algúns dos conceptos vistos nas clases. Competencias: CG4, CG8, CE31
Prácticas con apoio das TIC	

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	Os profesores da materia proporcionarán atención individual e personalizada aos alumnos durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. As dúbidas atenderanse durante a propia sesión maxistral, ou durante o horario establecido para tutorías. O horario de tutorías se establecerá ao principio do curso e se publicará na páxina web da asignatura. Contato: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/fernando-perez-gonzalez
Prácticas con apoio das TIC	The teachers will provide individualized and personalized attention to students during the course, solving their doubts and questions. Doubts will be answered during the work review sessions or during the office hours. Contact: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/fernando-perez-gonzalez
Tests	Description
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Os profesores da materia proporcionarán atención individual e personalizada aos alumnos durante o curso, solucionando as súas dúbidas e preguntas. As dúbidas atenderanse durante as sesións de seguimento do traballo, ou durante o horario establecido para tutorías. Contato: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/fernando-perez-gonzalez
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas (Repetida non usar)	The teachers will provide individualized and personalized attention to students during the course, solving their doubts and questions. Doubts will be answered during the work review sessions or during the office hours. Contact: https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/fernando-perez-gonzalez

Avaliación				
	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	Informes das prácticas e traballo persoal adicional que empregue as técnicas vistas na aula: Práctica 1: Marcado de auga e ocultación de datos (35%) Avaliarase a calidade dos informes e a corrección dos resultados. Os informes serán individuais ou colectivos, dependendo da unidade que realizou cada práctica.	35	B4 B8	C31
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas (Repetida non usar)	Informes das prácticas e traballo persoal adicional que empregue as técnicas vistas na aula: Práctica 2: Análisis forense (35%) Avaliarase a calidade dos informes e a corrección dos resultados. Os informes serán individuais ou colectivos, dependendo da unidade que realizou cada práctica.	35	B4 B8	C31
Exame de preguntas de desenvolvemento	Exame final con cuestións curtas sobre os contidos do curso.	30	B4 B8	C31

Other comments on the Evaluation

Requírese unha puntuación mínima do 30% con respecto ao máximo posible no exame final para aprobar a materia.

Naqueles casos en que o alumno decida non realizar as tarefas de avaliación continua, a nota final basearase exclusivamente no exame con cuestións sobre a materia. Isto aplica tamén á oportunidade extraordinaria.

No caso de que o alumno non obteña a puntuación mínima no exame final escrito, a nota final obterase usando a fórmula: $0.35 \cdot \text{REP} + 0.15 \cdot \text{TEST}$, onde REP é a nota obtida nos informes/memorias e TEST é a nota obtida no exame final.

En caso de informes colectivos, deberase explicitar a contribución de cada alumno ao mesmo, e a avaliación será individualizada, en función da devandita contribución. O profesor poderá requirir unha entrevista para determinar as contribucións individuais.

Unha vez que o alumno entrega algún dos entregables, está automaticamente decidindo ser avaliado de forma continua, sempre que houbese transcurrido máis dun mes dende o comezo das clases.

Calquera alumno decide ser avaliado de forma continua, terá unha nota final, independentemente de se realiza o exame final ou non.

As tarefas de avaliación continua non poden repetirse despois das súas correspondentes datas de entrega, e son válidas só para o curso actual.

No caso de detección de plaxio ou utilización xeneralizada de ferramentas de IA nalgún dos traballos/probas realizadas a cualificación final da asignatura será de suspenso (0) e os profesores comunicarán a dirección da escola o asunto para que tome as medidas que considere oportunas. Asemade, os profesores comunicarán a dirección da escola calquera conducta contraria a ética por parte dos alumnos, existindo a posibilidade de que aquela tome as medidas oportunas.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

A.J. Menezes, **Handbook of Applied Cryptography**, 1996,

Complementary Bibliography

Cox, Miller, Bloom, Fridrich, Kalker, **Digital Watermarking and Steganography**, 2nd,

Troncoso-Pastoriza, Perez-Gonzalez, **Secure Signal Processing in the Cloud: enabling technologies for privacy-preserving multimedia cloud processing**, Signal Processing Magazine,

A. Piva, **An Overview of Image Forensics**, Signal Processing,

Recomendacións

IDENTIFYING DATA				
Inferencia en ingeniería				
Subject	Inferencia en ingeniería			
Code	10414-76041			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	-	1c
Teaching language	Inglés			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	López Valcarce, Roberto			
Lecturers	López Valcarce, Roberto			
E-mail	valcarce@gts.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	O proceso de inferencia consiste en deducir propiedades dunha distribución estatística mediante o análise de datos. Comprende as teorías de estimación e de detección, e constitúe o núcleo de numerosos sistemas de extracción de información e toma de decisións. Entre eles cabe mencionar os sistemas biomédicos, de comunicacións, de procesado de audio, imaxe, e video, radar, "big data", etc. Neste curso proporciónase unha introdución aos conceptos básicos das teorías de estimación e detección, cun enfoque orientado a alumnos de enxeñaría e facendo énfasis no desenvolvemento de algoritmos prácticos e implementables en sistemas de procesado dixital.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B4	Concibir a Enxeñaría nun marco de desenvolvemento sostible.
B8	Coñecer as limitacións, riscos e implicacións do uso da IA Xenerativa.
C23	Aplicar metodoloxías de elaboración, dirección, coordinación, e xestión técnica e económica de proxectos sobre: sistemas, redes, infraestruturas e servizos de telecomunicación, incluíndo a supervisión e coordinación dos proxectos parciais da súa obra aneja; infraestruturas comúns de telecomunicación en edificios ou núcleos residenciais, incluíndo os proxectos sobre fogar dixital; infraestruturas de telecomunicación en transporte e medio ambiente; coas súas correspondentes instalacións de subministración de enerxía e avaliación das emisións electromagnéticas e compatibilidade electromagnética.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
Capacidade para aplicar técnicas estadísticas de detección a sistemas de comunicacións e audiovisuais		C23
Capacidade para determinar e interpretar os límites fundamentais aplicables a problemas de estimación e detección	B4	C23
Capacidade para avaliar as prestacións das técnicas estadísticas de estimación e detección tanto analíticamente como mediante simulación de Monte Carlo	B8	C23

Contidos

Topic	
Parte I: Estimación	- O problema da estimación estatística. Medidas de prestacións: sesgo, varianza, erro cuadrático medio. Estimador insesgado de mínima varianza. - Información de Fisher e Cota de Cramer-Rao. Fórmula de Slepian-Bangs. - Estimador Lineal Insesgado Óptimo e Estimador de Máxima Verosimilitude: definición, propiedades e exemplos.
Parte II: Detección	- Tests de hipóteses: tipos. Medidas de prestacións: falsos positivos e falsos negativos. Curvas ROC. - Teorema de Neyman-Pearson: cociente de verosimilitudes. - Detección baixo a filosofía bayesiana: probabilidade de erro, risco, detector óptimo. - Exemplos: sinais deterministas e aleatorias

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lección maxistral	21	23	44
Prácticas con apoio das TIC	7	7	14

Resolución de problemas de forma autónoma	0	14	14
Resolución de problemas de forma autónoma	0	14	14
Simulación	0	25	25
Exame de preguntas obxectivas	2	12	14

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente	
	Description
Lección maxistral	Exposición dos principais contidos teóricos da materia con axuda de medios audiovisuais. Con esta metodoloxía contribuírase á adquisición das competencias CG4 e CG8
Prácticas con apoio das TIC	Actividades de simulación no entorno de programación MATLAB das técnicas estudadas aplicadas a diferentes problemas de comunicacións dixitais e tratamento de sinais multimedia. Con esta metodoloxía contribuírase á adquisición das competencias CG8 e CE23
Resolución de problemas de forma autónoma	Asignaranse unha serie de exercicios ao longo do curso que os estudantes deberán resolver e entregar no prazo fixado. Con esta metodoloxía contribuírase á adquisición das competencias CG4, CG8 e CE23
Resolución de problemas de forma autónoma	Asignaranse unha serie de exercicios ao longo do curso que os estudantes deberán resolver e entregar no prazo fixado. Con esta metodoloxía contribuírase á adquisición das competencias CG4, CG8 e CE23
Simulación	Actividades de simulación das técnicas estudadas aplicadas a diferentes problemas de comunicacións dixitais e tratamento de sinais multimedia. Con esta metodoloxía contribuírase á adquisición das competencias CG8 e CE23

Atención personalizada	
Methodologies	Description
Lección maxistral	Proporcionarase atención personalizada ó alumnado no horario de tutorías previa cita, así como mediante correo electrónico. Ver https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11637
Prácticas con apoio das TIC	Proporcionarase atención personalizada ó alumnado no laboratorio e no horario de tutorías previa cita, así como mediante correo electrónico. Ver https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11637

Avaliación				
	Description	Qualification	Training and Learning Results	
Resolución de problemas de forma autónoma	Asignaranse unha serie de exercicios ao longo do curso que os estudantes deberán resolver e entregar no prazo fixado	30	B4 B8	C23
Resolución de problemas de forma autónoma	Asignaranse unha serie de exercicios ao longo do curso que os estudantes deberán resolver e entregar no prazo fixado	30	B4 B8	C23
Exame de preguntas obxectivas	Exame final no cal o alumno debe resolver varios exercicios teóricos	40	B4 B8	C23

Other comments on the Evaluation

Seguindo as directrices propias da titulación, ofrécense ao alumnado que curse esta materia dous posibles sistemas de avaliación:

1) Avaliación continua: A cualificación final calcularase en base a:

- Exame final (ata 4 puntos)
- Resolución de exercicios (ata 6 puntos)

Requírese unha nota mínima de 35% no exame final para aprobar a materia. De non acadala, a cualificación pasará a ser directamente a do exame.

As cualificacións correspondentes á resolución de exercicios manterase para a oportunidade extraordinaria, na que se poderá realizar un novo exame final. A entrega de calquera boletín de exercicios implica asumir avaliación continua.

2) Avaliación global ao remate do cuatrimestre: A cualificación final é a obtida no exame final, tanto na oportunidade ordinaria como na extraordinaria.

En caso de detección de copia en calquera das probas (informes de exercicios ou exame final), a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

S. M. Kay, **Fundamentals of Statistical Signal Processing, vol. I: Estimation Theory**, 1, Prentice Hall, 1993

S. M. Kay, **Fundamentals of Statistical Signal Processing, vol. II: Detection Theory**, 1, Prentice Hall, 1998

Complementary Bibliography

L. L. Scharf, **Statistical signal processing: detection, estimation and time series analysis**, 1, Pearson, 1991

S. Theodoridis, **Machine Learning: A Bayesian and Optimization Perspective**, 1, Elsevier, 2015

IEEE, <http://ieeexplore.ieee.org/>,

Recomendacións

IDENTIFYING DATA				
(*)Modelado y análisis de redes complejas				
Subject	(*)Modelado y análisis de redes complejas			
Code	10414-76042			
Study programme	(*)Máster Universitario en Enseñanza de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	-	1st
Teaching language	Spanish			
Department				
Coordinator	Sousa Vieira, Estrella			
Lecturers	Sousa Vieira, Estrella			
E-mail	estela@det.uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal			
General description	Modeling and Analysis of Complex Networks tackles the structural and dynamic study of networks that arise in the fields of telecommunications, society, economy, etc. We study, in particular, models of generation, of diffusion of information, of contagion, of learning and of training of coalitions. The theoretical contents are applied to practical study cases.			

Training and Learning Results	
Code	
B6	Possess and understand knowledge that provides a basis or opportunity for originality in the development and/or application of ideas, often in a research context.
B9	Understand and apply the functioning and organization of the Internet, next-generation Internet technologies and protocols, component models, middleware, and services.
B11	Understand and know how to exploit the processes of information formation and dissemination on social networks, applying them to improving the Internet. Sugeren
C3	Perform mathematical modeling, calculations, and simulations in technology and engineering centers, particularly in research, development, and innovation tasks in all areas related to Telecommunications Engineering and related multidisciplinary fields.
C6	Apply acquired knowledge and solve problems in new or unfamiliar environments within broader, multidisciplinary contexts, being able to integrate knowledge.
C9	Learn continuously, self-directedly, and autonomously.
C26	Manage the acquisition, structuring, analysis, and visualization of data, extracting the underlying information and knowledge, critically assessing the results, and applying them to innovation and strategic decision-making in various fields.
D3	Integrate knowledge and face the complexity of formulating judgments based on information that, although incomplete or limited, includes reflections on the social and ethical responsibilities linked to the application of knowledge and judgments
D6	Model, design, implement, manage, operate, administer, and maintain networks, services, and content.
D9	Design and manage distributed systems based on learning and incentives.

Expected results from this subject	
Expected results from this subject	Training and Learning Results
Understand the static and dynamic phenomena that explain the structure of the networks	B9 C38 D6 B11 C3 C9
Know how to analyse the mechanisms of training of networks in strategic terms	A1 B18 C38 D10 B11 C3 D9 C38 C6 C9 C38

Know how to model and apply to real data the processes of diffusion of information in networks	A1	B18	C9	D10
	A1	B18	C38	D10
	A1	B18	C26	D10
	A1	B18		D3
	A1	B6		D10
		B18		D6
		B11		D10
		B18		D10
		B18		D9
Know how apply the procedures of structural and dynamic analysis of the networks to analyse complex systems in the technological fields, biological, economic and social.	A1	B6	C3	D3
	A1	B9	C6	D6
		B11	C9	D9
			C26	
Know how to use the dynamics of learning in networks to characterise phenomena	A1	B6	C3	D10
	A1		C9	D3
	A1		C38	D10
	A1		C26	D9
	A1			D10

Contents

Topic

1. Basic concepts	a. Empirical evidence b. Descriptive parameters c. Scaling laws
2. Training of networks	a. Random models: static training b. Random models: dynamic training c. Strategic training: stability, efficiency and incentives
3. Diffusion and learning in networks	a. Simple diffusion SIR, SIS and others b. Learning and reinforcement in networks c. Games in networks: strategic complements and strategic substitutes
4. Applications	a. Meritocracy. b. Trending topics c. Recommendations/punctuations d. Virality e. Origins of rumours

Planning

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Lecturing	18	36	54
Project based learning	4.5	36.5	41
Autonomous problem solving	4.5	22.5	27
Essay questions exam	2	0	2
Objective questions exam	1	0	1

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

	Description
Lecturing	Synthetic exposition of the basic concepts that support the subject. Through this methodology, knowledges, sills and competencies B6, B9, B11, C3, D6 and D9 are developed.
Project based learning	Development of a practical project of analysis and modeling of a technological, social or economic network. It will consist in the structural and dynamic explanation of the observable phenomena in the data that describe the network. Through this methodology, knowledges, skills and competencies B6, B9, B11, C3, C6, C9, C26, D3 and D6 are developed.
Autonomous problem solving	Autonomous resolution of problems and exercises related to the contents taught in the lectures. Through this methodology, knowledges, skills and competencies B6, B9, B11, C3, C6, C9, C26, D6 and D9 are developed.

Personalized assistance

Methodologies	Description
Project based learning	Individual attention to students to solve the doubts that may arise in the development of the project. Tutoring sessions can be seen and/or requested in Moovi (https://moovi.uvigo.ga/user/profile.php?id=11585)
Autonomous problem solving	Individual attention to students to solve the doubts that may arise in the autonomous resolution of the problems. Tutoring sessions can be seen and/or requested in Moovi (https://moovi.uvigo.ga/user/profile.php?id=11585)
Lecturing	Individual attention to students to solve the doubts that may arise in the study of the material of the lectures. Tutoring sessions can be seen and/or requested in Moovi (https://moovi.uvigo.ga/user/profile.php?id=11585)

Assessment					
	Description	Qualification	Training and Learning Results		
Project based learning	Functional test of the project and quality of the conclusions.	30	B6 B9 B11	C3 C6 C9 C26	D3 D6
Autonomous problem solving	Correction of the proposed exercises.	30	B6 B9 B11	C3 C6 C9 C26	D6 D9
Essay questions exam	Written exam of essay questions about the contents of the subject.	30	B6 B9 B11	C3 C6 C9	D6 D9
Objective questions exam	Written exam of objective questions about the contents of the subject.	10	B9 B11	C9	D6

Other comments on the Evaluation

We leave to discretion of the students two methods of alternative assessment in the subject: continuous assessment (by default) and global assessment.

The continuous assessment will consist in the realisation of a written final exam (40% of the qualification), the development of a practical project (30% of the qualification) and the written resolution of problems and exercises in three deliveries along the course (30% of the qualification). The global assessment will consist in the realisation of a written final exam (60% of the qualification) and in the development of a practical project (40% of the qualification).

It is necessary to reach 3.5 points out of 10 in the written final exam to pass the subject. In case of not reaching this minimum but reaching or exceeding 5 points in the total qualification, the received qualification will be 4.9.

The students will be able to renounce the continuous assessment before the third delivery of problems and exercises, informing the teachers about it.

All those students who attend the written final exam and/or deliver the project will be considered as presented.

Those students who do not pass the subject at the ordinary call have a extraordinary call in which his/her knowledge will be re-evaluated with a written exam and/or his/her project will be re-evaluated if it had been improved or modified. The weights of each one of the tests (exam and project) will be the same that in the ordinary period of exams according to the modality that had been chosen.

The qualifications of the tests have only effects in the academic course in that they were awarded, with independence of the itinerary of evaluation chosen.

Sources of information

Basic Bibliography

A.-L. Barabasi, **Network science**, 9781107076266, Cambridge University Press, 2016

M. O. Jackson, **Social and economic networks**, 9780691148205, Princeton University Press, 2010

M. Newman, **Networks**, 9780198805090, OUP Oxford, 2018

Complementary Bibliography

B. Bollobas, **Random Graphs**, 9781139244411, Cambridge University Press, 2011

G. Chen, X. Wang, X. Li, **Fundamentals of complex networks: models, structures and dynamics**, 9781118718117, Wiley, 2015

R. van der Hofstad, **Random graphs and complex networks**, 9781107174009, Cambridge University Press, 2024

IDENTIFYING DATA				
Modelos de aprendizaje automático				
Subject	Modelos de aprendizaje automático			
Code	10414-76046			
Study programme	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descriptors	ECTS Credits	Choose	Year	Quadmester
	5	Optional	-	1c
Teaching language	#EnglishFriendly Castelán			
Department	Teoría do sinal e comunicacións			
Coordinator	García Sánchez, Manuel			
Lecturers	García Sánchez, Manuel			
E-mail	manuel.garciasanchez@uvigo.es			
Web	http://moovi.uvigo.gal/			
General description	Análise de datos cun enfoque eminentemente práctico: extracción e limpeza de datos, caracterización dos mesmos mediante técnicas como regresión estadística, clustering ou análise de outliers, e xeración de coñecemento mediante técnicas como visualización intuitiva ou clasificación automática. A asignatura impártese en castelán.			
	Materia do programa English Friendly. Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliografías para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Code	
B4	Concibir a Enxeñaría nun marco de desenvolvemento sostible.
B8	Coñecer as limitacións, riscos e implicacións do uso da IA Xenerativa.
C25	Aplicar métodos estatísticos de procesado de sinal aos sistemas de comunicacións e audiovisuais.

Resultados previstos na materia

Expected results from this subject	Training and Learning Results	
- Coñecer as distintas fases do proceso de extracción de coñecemento e as áreas de aplicación da minería de datos.	B4 B8	C25
- Coñecer a importancia da preparación dos datos e saber aplicar as principais técnicas de pre-procesado.	B4 B8	C25
- Coñecer as principais técnicas da minería de datos así como os supostos necesarios para a súa aplicación a un escenario concreto.	B4 B8	
- Coñecer e saber aplicar as distintas formas de avaliación dos resultados obtidos no proceso de minería de datos.		C25
- Coñecer e saber utilizar ferramentas software estatísticas e de soporte aos procesos de minería de datos online e offline.	B4	C25
- Ser capaz de planificar, desenvolver e avaliar un proceso de análise de datos.	B4 B8	C25

Contidos

Topic	
Análise estatística de datos	- Correlación e causación - Regresións - Intervalos de confianza e erro. Test de hipótese
Minería de datos	- Limpeza, integración, redución e transformación de datos. - Clasificación e clustering.
Análise computacional de datos	- Análise de datos a gran escala - Visualización de datos e resultados - Escenarios de aplicación

Planificación

	Class hours	Hours outside the classroom	Total hours
Aprendizaxe baseado en proxectos	7	36	43

Prácticas de laboratorio	10	19	29
Lección maxistral	21	28	49
Resolución de problemas e/ou exercicios	2	0	2
Traballo	1	0	1
Traballo	1	0	1

*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Metodoloxía docente

	Description
Aprendizaxe baseado en proxectos	Os/as alumnos/as abordarán a resolución dun suposto práctico de análise de datos nun escenario de aplicación. A2 A3 B4 B8 C25.
Prácticas de laboratorio	Durante todo o curso se utilizarán as prácticas no laboratorio para o desenvolvemento de solucións que permitan materializar os conceptos fundamentais da materia. Software a utilizar: R (https://www.r-project.org/). A2 A3 B4 B8 C25.
Lección maxistral	Clases que combinarán a exposición dos conceptos da materia ca realización de pequenos exercicios. Estes poderán ser resoltos polo/a docente ou polos propios/as alumnos/as individualmente e/o en grupo. O obxectivo é fomentar o debate na clase e reforzar a adquisición de competencias. A2 A3 B4 B8.

Atención personalizada

Methodologies	Description
Lección maxistral	A atención persoalizada terá lugar nas horas oficiais de tutorías publicadas en https://atlanttic.uvigo.es/es/investigacion/persoal-docente-investigador/gonzalez-castano-francisco-javier/ ou vía e-mail en calquer momento.
Aprendizaxe baseado en proxectos	A atención persoalizada terá lugar nas horas oficiais de tutorías publicadas en https://atlanttic.uvigo.es/es/investigacion/persoal-docente-investigador/gonzalez-castano-francisco-javier/ ou vía e-mail en calquer momento.
Prácticas de laboratorio	A atención persoalizada terá lugar nas horas oficiais de tutorías publicadas en https://atlanttic.uvigo.es/es/investigacion/persoal-docente-investigador/gonzalez-castano-francisco-javier/ ou vía e-mail en calquer momento.

Avaliación

	Description	Qualification	Training and Learning Results
Resolución de problemas e/ou exercicios	Examen escrito que combina cuestións e preguntas tipo test.	40	C25
Traballo	Traballo sobre un conxunto de datos facilitado ao principio da asignatura.	30	B4 B8 C25
Traballo	Traballo sobre un conxunto de datos facilitado ao principio da asignatura.	30	B4 B8 C25

Other comments on the Evaluation

OPORTUNIDADE ORDINARIA

O/a alumno/a deberá optar entre as modalidades de avaliación continua ou avaliación global.

A EVALUACIÓN CONTINUA se baseará nas metodoloxías anteriores. A puntuación de cada unha das actividades é a seguinte:

1. Proba de resposta curta (máximo 4 puntos).
2. Dous entregas de traballos sobre un conxunto de datos (máximo 6 puntos, 3 puntos cada un)

Para a superación da materia o/a alumno/a debe obter un mínimo de 1,5 puntos sobre 4 na "Proba de respuesta curta" e unha puntuación total (resultante da suma das actividades puntuables) superior a 5 puntos. Non alcanzar a nota mínima na proba curta limita a nota máxima alcanzable a 4.9 puntos. A nota máxima será de 10 puntos.

Os contenidos da proba de resposta curta e as entregas se articularán de forma que o/a alumno/a reparta o esforzo de preparación.

A EVALUACIÓN GLOBAL consistirá nunha única proba sobre todos os contenidos da materia, de carácter teórico e/o práctico (máximo 5 puntos, requírese alcanzar unha nota de 2 puntos para a superación da materia) e unha entrega dun traballo sobre un conxunto de datos facilitado polo/a profesor/a (máximo 5 puntos). A materia se considerará superada se o/a alumno/a obtén unha puntuación total igual o superior a 5 puntos. Non alcanzar a nota mínima na proba limita a nota

máxima alcanzable a 4.9 puntos. A nota máxima é de 10 puntos.

OPORTUNIDADE EXTRAORDINARIA E DE FIN DE CARREIRA

Únicamente poderase seguir a modalidade de evaluación global, nos termos descritos anteriormente.

Bibliografía. Fontes de información

Basic Bibliography

Complementary Bibliography

Zumel, N., Mount, J., **Practical Data Science with R**, ISBN 9781617291562, Manning Publications,

James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., **An Introduction to Statistical Learning with Applications in R**, ISBN 9781461471387, Springer,

Recomendacións
