25-26

GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

PROCESADO DE SEÑAL

CÓDIGO 68024101

UNED

25-26

PROCESADO DE SEÑAL

CÓDIGO 68024101

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
PRÁCTICAS DE LABORATORIO
IGUALDAD DE GÉNERO

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	PROCESADO DE SEÑAL
CÓDIGO	68024101
CURSO ACADÉMICO	2025/2026
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
CURSO - PERIODO - TIPO	GRADUADO EN ING. EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA (PLAN 2024) - CUARTO CURSO - SEMESTRE 1 - OPTATIVAS
CURSO - PERIODO - TIPO	GRADUADO EN ING. EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA (PLAN 2009) - CUARTO CURSO - SEMESTRE 1 - OPTATIVAS
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
CURSO - PERIODO - TIPO	- CUARTO - SEMESTRE 1 - OPTATIVAS
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	PRUEBA DE APTITUD PARA HOMOLOGACIÓN DE GGRADO DE E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES (COMPLEMENTO)
Nº ETCS	5
HORAS	125.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura Procesado de Señal pertenece a la materia "Sistemas de automática y control" y se encuadra dentro del programa del Grado Universitario Oficial en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Es una asignatura de cinco créditos ECTS de carácter optativo que se imparte en el primer semestre del cuarto curso de la carrera. Esta asignatura pretende que el alumno llegue a conocer y experimentar los conceptos fundamentales en los que se basa el actual desarrollo de las técnicas de procesado de señal que, potenciadas por el desarrollo de la tecnología digital, han pasado a ser parte fundamental de los avances de la ingeniería moderna.

La mayor parte de la asignatura se dedica al procesado digital de señales desde un punto de vista clásico basado en la transformada y series de Fourier para sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LTI en inglés). Se repasan los fundamentos de los sistemas digitales y su relación con sus equivalentes analógicos mediante la transformada z y la transformada de Laplace respectivamente. Así mismo, se introducen los fundamentos del diseño de filtros digitales y de las técnicas de muestreo y reconstrucción de señales, siendo estás fundamentales en los sistemas embebidos basados en microcontrolador, DSP (*Digital*

Signal Processor) o FPGA (*Field Programmable Gate Arrays*).
Se realiza también una introducción al diseño y síntesis de filtros analógicos, los cuales son la base para el diseño de filtros digitales de tipo IIR (*Infinite Impulse Response*) y que son ampliamente usados en sistemas de tiempo real y DSP por su eficiencia frente a los filtros FIR (*Infinite Impulse Response*). Estos conceptos son necesarios también para el diseño e implementación de los filtros analógicos *antialiasing*, imprescindibles en sistemas embebidos y de tiempo real, y que se presentan en esta asignatura con un enfoque más mátemático y formal que lo visto en asignaturas previas de electrónica analógica.
Así mismo, se hace especial hincapié en la parte de muestreo y reconstrucción de señales (conversión ADC y DAC) ya que este es un proceso fundamental al trabajar con microcontroladores y DSP en sistemas embebidos y de tiempo real. Se realiza un breve repaso de algunas características esenciales de los dispositivos *harware* que implementan estas conversiones, así como de sus limitaciones.
Para completar el tratamiento clásico de señal, se presentan algunas técnicas avanzadas de procesado de señal como la transformada de Fourier de tiempo reducido (STFT) y, de forma breve, la transformada *Wavelet* (ondículas). El objetivo de introducir estas técnicas es conocer otras posibles bases funcionales, a parte de la base de Fourier (senos y cosenos), y de este modo tener una visión más amplia del procesado de señal. Concretamente, las *Wavelets* presentan la ventaja, a costa de una mayor complejidad, de incluir la resolución temporal, adaptándose muy bien al análisis de señales transitorias (algo similar a lo que se consigue con la transformada de Fourier de tiempo reducido STFT). Estas técnicas son muy empleadas también en el tratamiento de señales de larga duración (por ej. voz, señales de sensores).
Por otra parte, como una extensión natural del procesado digital de señales unidimensionales visto a lo largo de la asignatura, se introduce el procesado de señal en dos dimensiones (imágenes) y sus correspondientes transformadas, prestando especial atención a la dualidad espacio-frecuencia (en este caso la variable independiente, bidimensional, es el espacio en lugar del tiempo, aunque las técnicas son igualmente válidas para otros dominios). Se presentan los fundamentos de las convoluciones (correlaciónes) espaciales, y su representación en el dominio de la frecuencia, las cuales son la base para el tratamiento digital de imágenes y el núcleo de las redes convolucionales artificiales CNN (*Convolutional Neural Networks*).
Como técnicas modernas de procesado de señal (por ej. para mantenimiento predictivo), basándose en los conocimientos adquiridos en apartados anteriores, se introduce el tratamiento digital de señales basado en técnicas de *Machine Learning* / *Deep Learning*. Se estudian las principales topologías empledas en tratamiento digital de señales como son las redes recurrentes RNN (*Recurrent Neural Network*) y las redes convolucionales CNN. Estas técnicas de *Deep Learning* son también utilizadas en el análisis de series temporales.
Dentro de los usos más extendidos del procesado digital de señales se encuentran las técnicas relacionadas con el análisis de series temporales (por ej. señales provenientes de sensores). Se introducen métodos básados en técnicas clásicas/estadísticas (por ej. ARIMA), así como en técnicas relacionadas con el dominio de la frecuencia (por ej. STFT) y *Deep Learning* (CNN y RNN). Esto completa el estudio de técnicas avanzadas de procesado

de señal en el dominio discreto.
Se presentan también algunos conceptos importantes relacionados con el *hardware* empleado en el procesado digital de señales (por ej. con microcontroladores tipo Arduino y arquitecturas AVR, STM32, ESP32, o similares, así como FPGAs). Es importante conocer las limitaciones que imponen estos dispositivos ya que condicionan enormemente el tratamiento de las señales implicadas (por ej. la velocidad y resolución de los ADC, implementación en coma fija o coma flotante, frecuencia de reloj).
La asignatura tiene una importante carga práctica con el objectivo de que el estudiante asimile correctamente los conceptos teóricos estudiados a lo largo del curso. Las prácticas se realizarán con programas de simulación tipo Matlab, Python, PSIM y/o Spice (por ej. LTspice). Así mismo, se podrá plantear un trabajo práctico de procesado de señal, incluyendo el procesado analógico y digital, empleando microcontroladores en un sistema embebido (la parte correspondiente al funcionamiento interno del microcontrolador se dará muy guiada a los estudiantes).
Esta guía presenta las orientaciones básicas que requiere el alumno para el estudio de la asignatura. Por este motivo es recomendable leerla atentamente, antes de iniciar el estudio, para adquirir una idea general de la asignatura y de los trabajos, actividades y prácticas que se van a desarrollar a lo largo del curso.
Desde un punto de vista profesional, las técnicas de procesado digital de señales son de gran importancia y aplicación hoy en día, estando presentes en los sistemas de control basados en microprocesador así como en los sistemas de monitorización y protección entre otros. También son de amplio uso en el procesado de datos obtenidos mediante sensores de diversa índole para obtener información de las señales en el dominio de la frecuencia, así como en el empleo de técnicas de *Deep Learning* y series temporales. Otros campos que hace un uso intensivo de estas técnicas son el área encargada del estudio de la calidad y las perturbaciones de la red eléctrica, así como los métodos empleados en mantenimiento predictivo. A lo largo de la asignatura se hará especial incapie en la importancia de asimilar, y manejar, correctamente la relación entre el dominio del tiempo y de la frecuencia así como de entender las limitaciones y ventajas que cada uno de ellos ofrece en función de la aplicación.
Es conveniente para cursar esta asignatura tener conocimientos previos de asignaturas sobre electrónica analógica, microcontroladores y control digital (por ej. Automatización Industrial II), así como de asignaturas fundamentales de cálculo y álgebra. También es recomendable poseer conocimientos básicos sobre métodos numéricos.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

La asignatura no tiene prerrequisitos específicos, si bien para su adecuado seguimiento y aprovechamiento es conveniente tener conocimientos previos de asignaturas sobre electrónica analógica, microcontroladores y control digital ("Automatización industrial II"), así como de asignaturas fundamentales de cálculo, física y álgebra. También es recomendable poseer conocimientos básicos sobre métodos numéricos. La

asignatura "Automatización industrial II" se puede considerar una introducción al procesado digital de señales en tiempo discreto, siendo muy recomendable haberla estudiado previamente.
Es recomendable que el alumno tenga conocimientos previos de ecuaciones diferenciales, señales y sistemas, transformada de Laplace, transformada Z y algún conocimiento de la transformada y series de Fourier adquiridos en las asignaturas "Ecuaciones diferenciales", "Automatización industrial I" y "Automatización industrial II". También es necesario repasar los conceptos básicos de electrónica analógica (principalmente componentes pasivos y amplificadores operacionales ideales) ya que se tratarán algunos conceptos sobre filtros analógicos y su discretización para poder implementarlos digitalmente en procesadores DSP.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	SANTIAGO MONTESO FERNANDEZ (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	smonteso@ieec.uned.es
Teléfono	91398-6481
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA

Nombre y Apellidos	FRANCISCO MUR PEREZ
Correo Electrónico	fmur@ieec.uned.es
Teléfono	91398-7780
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La comunicación entre el equipo docente y los alumnos se hará a través de la plataforma virtual aLF o por e-mail con los profesores. El día de contacto por teléfono serán los martes por la mañana de 10:00 a 14:00 horas en los teléfonos 913986481 o 913987780.
Santiago Monteso (coordinador de la asignatura): smonteso@ieec.uned.es
Francisco Mur: fmur@ieec.uned.es
C/ Juan del Rosal, 12
28040 Madrid
Se recomienda al alumno la utilización del curso virtual creado al efecto como soporte de la asignatura (al que puede acceder dese las páginas Web de la UNED), así como la asistencia periódica a las tutorías en su Centro Asociado.
TUTORES
Se recomienda a los Tutores de la asignatura que se pongan en contacto con el Profesor a principio de curso para verificar si existe alguna anomalía respecto de las directrices dadas en esta guía de curso y, si ello fuera necesario, para pedir recomendaciones metodológicas en los aspectos didácticos de la misma.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS DEL GRADO (ORDEN CIN 351-2009)

COMPETENCIAS BÁSICAS:

CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

COMPETENCIAS GENERALES:

CG.3. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

CG.4. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

CG.5. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

CG.6. Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

CG.10. Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS COMUNES A LA RAMA INDUSTRIAL:

CE.10. Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de electrónica analógica.

CE.11. Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de electrónica digital y microprocesadores.

CE.13. Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de automática básica, modelado y simulación de sistemas.

CE.18. Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de informática industrial.

OTRAS COMPETENCIAS:

•Comprensión de textos técnicos en lengua inglesa.
•Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica.
•Manejo de las tecnologías de la información y comunicación (TICs).
•Capacidad para gestionar información.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

MATERIA: "Sistemas de automática y control".
Resultados de aprendizaje:
RA.01 Conocer los fundamentos de los sistemas de automática y control
RA.02 Evaluar equipos y proyectos de integración de sistemas de automática y control
RA.03 Apreciar nuevas soluciones innovadoras para la aplicación de sistemas de automática y control
RA.05 Identificar las soluciones y aplicaciones de los sistemas de automática y control
RA.06 Analizar de forma autónoma y en grupo distintas soluciones liderando la actividad
RA.07 Participar en el trabajo en equipo con voluntad de colaboración expresándose adecuadamente de forma oral y escrita
RA.08 Determinar las necesidades de instalaciones nuevas y existentes para su instalación
RA.10 Explicar las soluciones adoptadas de una forma clara y concisa
RA.11 Emplear el conocimiento para la mejora del sistema productivo
RA.12 Desarrollar proyectos, guías y actividades encaminadas a la implantación de proyectos industriales
Como resultados del aprendizaje el alumno:
•Conocerá los conceptos fundamentales del procesado de señales.
•Estará capacitado para diseñar y analizar filtros analógicos y digitales.
•Conocerá el proceso de muestreo y reconstrucción de señales y su aplicación práctica.
•Conocerá los fundamentos de técnicas modernas de procesado de señales basadas en *Machine Learning* así como de series temporales.
•Experimentará los conceptos expuestos en la asignatura a través de la realización de ejercicios en simulación.
•Conocerá los enfoques prácticos que deben de tenerse en cuenta en la aplicación de las metodologías estudiadas.

CONTENIDOS

Planteamiento de la asignatura

La asignatura tiene un caracter aplicado y práctico, no siendo objeto de examen las demostraciones teóricas incluidas en los textos base (principalmente en el TB1), aunque sí es muy recomendable enterder sus fundamentos.

En los siguientes bloques se detallan los contenidos de la asignatura "Procesado de señal". Es muy recomendable haber cursado previamente la asignatura "Automatización Industrial II" en la cual se introducen los sistemas discretos. Los contenidos de dicha asignatura se enmarcan principalmente dentro de los **Bloques 1, 2 y 3**. Estos contenidos se tratan de manera más didáctica y detalla en el TB1 (Proakis), sirviendo de este modo para repasar esta materia y afianzar conceptos.

Una vez repasados estos temas introductorios (puede considerarse un repaso), se profundiza en el tratamiento digital de señal y el diseño de filtros en los **Bloques 4 y 5** (FIR e IIR). Se presenta también el diseño de filtros analógicos, los cuales son la base para los filtros digitales IIR.

Por su parte, en el **Bloque 6** se introduce la STFT, y las técnicas de enventanado, la cual es imprescindible para poder aplicar la DFT/FFT en sistemas en tiempo real, principalmente a series temporales (por ej. señales provenientes de sensores). Así mismo, se introduce de manera muy breve la tranformada Wavelet y se compara con la STFT.

En el **Bloque 7** se presenta el tratamiento digital de señales bidimensionales como una extensión natural del caso unidimensional, aspecto clave para enterder y emplear técnicas de procesado de señal basadas en redes convolucionales (CNN). Los conceptos estudiados en este bloque se utilizarán en el bloque siguiente correspondiente a técnicas de *Deep Learning*.

El **Bloque 8** introduce las principles técnicas de *Deep Learning* empleadas en el tratamiento digital de señales: las redes convolucionales (CNN) y las redes recurrentes (RNN). Se presentan estas técnicas con un planteamiento conceptual y práctico. Se proporcionará más información en el curso virtual.

Por su parte, en el **Bloque 9** se presentan las series temporales, las cuales ya han sido objeto de estudio a lo largo de la asignatura (por ej. una señal proveniente de un sensor es una serie temporal), pero en este caso desde un punto de vista más de conjunto y estudiando los principales enfoques existentes para su estudio: métodos clásicos/estadísticos (por ej. ARIMA), métodos basados en el dominio de la frecuencia (por ej. DTF y STFT) y métodos basados en *Deep Learning* (CNN y RNN). Se proporcionará más información en el curso virtual.

En el **Bloque 10** se presentan algunos conceptos y dispositivos *hardware* para la implementación de técnicas de procesado digital de señales en sistemas embebidos, principalmente basados en microcontrolador. Este bloque tiene un plantemaineto eminentemente práctico y se presentará de una forma muy guiada.

En el **Anexo** se presentan los fundamentos de la síntesis de filtros analógicos con objeto de aprovechar las técnicas de diseño de filtros digitales básadas en la discretización de filtros analógicos (IIR). De este modo, se pueden diseñar e implementar filtros analógicos mediante las técnicas estudiadas a lo largo de la asignatura. Los contenidos de este

Anexo únicamente se incluirán en la parte de prácticas, **no siendo objeto de examen**.

Bloque 1: Repaso de señales y sistemas

Es un repaso de conceptos sobre señales y sistemas, principalmente discretos, que deben haberse cursado ya en su mayoría en asignaturas previas. Es importante refrescar y afianzar estos contenidos ya que son la base para temas posteriores de la asignatura. Se estudia la transformada Z y se introducen los conceptos de muestro y reconstrucción de señales (ADC y DAC), temas estos que serán tratatos en mayor profundidad en los bloques siguientes.

Bloque 2: Análisis en frecuencia de señales y sistemas

Aunque algunos conceptos se han visto en asignaturas previas de teoría de control, en esta asignatura se ven más en profundidad y con mayor rigor matemático. Se presentan las diferentes transformadas y series de Fourier en el dominio continuo y discreto (periódicas y aperiódicas), materia clave en el procesado de señales analógicas y digitales. Se profundiza en la respuesta en frecuencia de sistemas discretos y se presenta el filtrado de señales.
Es importante manejar con soltura los diferentes dominios y formatos en los que se puede definir un sistema (por ej. Laplace, Z y ecuaciones en diferencias).

Bloque 3: Muestreo y reconstrucción de señales

Repaso de conceptos clave sobre muestreo y reconstrucción de señales (ADC y DAC) vistos en asignaturas de teoría de control y electrónica digital. En esta asignatura se ven más formalmente, y en mayor profundidad, y se estudia su relación con las diferentes transformadas de Fourier. Estos conceptos son fundamentales en el tratamiento de señales al trabajar con microcontroladores y DSP en sistemas embebidos y de tiempo real.

Bloque 4: Transformada discreta de Fourier

Se profundiza en la transformada discreta de Fourier (DFT) y sus aplicaciones, la cual es la base de gran parte de las técnicas empleadas en el tratamiento digital de señales. Se ven los principios básicos de su implementación eficiente, esto es, la transformada rápida de Fourier (FFT).

Bloque 5: Diseño de sistemas y filtros digitales

Se presentan las principales estructuras existentes para la implementación de sistemas digitales y se estudian las no idealidades presentes en sistemas digitales reales (por ej. efectos de redondeo y precisión finita, coma fija y coma flotante).

Se profundiza en el diseño de filtros digitales y en sus estructuras básicas FIR e IIR. Se estudia el diseño de filtros digitales desde diferentes enfoques y se introducen conceptos fundamentales de filtros analógicos. Es importante resaltar que una de las técnicas más empleadas para el diseño de filtros digitales es la discretización del correspondiente filtro analógido (filtros digitales IIR). Por ello, este bloque se complementa en las prácticas con algunos de los contenidos del Anexo donde se estudia en mayor profundidad el diseño, y síntesis, de filtros analógicos.

Bloque 6: Introducción a la transformada STFT y a la transformada Wavelet

Se realiza una introducción a la transformada de Fourier de tiempo reducido (STFT), y a las técnicas de enventanado, empleada en el análisis de señales y series temporales de larga duración en tiempo real mediante enventanado. Estás técnicas son muy usadas en la industria para el análisis de señales provenientes de sensores. Así mismo, se realiza una breve introducción a la transformada *Wavelet* con el objetivo de presentar un método alternativo, muy potente, a las bases trigonométricas de Fourier. Este breve bloque tiene un caracter introductorio y su planteamiento es eminentemente práctico, sin entrar en excesivos detalles matemáticos.

Bloque 7: Tratamiento digital de señales bidimensionales (imágenes)

Como una extensión natural del procesado digital de señales unidimensionales, visto en bloques anteriores, se introduce el procesado de señal en dos dimensiones (imágenes) prestando especial atención a la dualidad espacio-frecuencia (en este caso la variable independiente, bidimensional, es el espacio en lugar del tiempo, aunque las técnicas son igualmente válidas para otros dominios). Se presentan los fundamentos de las convoluciones (correlaciónes) espaciales, y su representación en el dominio de la frecuencia, las cuales son la base para el tratamiento digital de imágenes y el núcleo de las redes convolucionales artificiales CNN (*Convolutional Neural Networks*) empleadas profusamente en *Deep Learning*.

Bloque 8: Machine Learning aplicado a procesado de señal

Se presentan los principales algoritmos de *Machine Learning* utilizados actualmente en procesado digital de señales, principalmente topologías recurrentes (RNN) y topologías basadas en redes convolucionales (CNN), todas ellas de tipo *Deep Learning*. Como paso previo, se presenta el perceptrón multicapa (*Multilayer Perceptron*), el cual es la base de las topologías RNN y CNN, junto con los conceptos estudiados previamente sobre tratamiento digital de señales (en 1D y en 2D).

Este bloque tiene un caracter introductorio y su planteamiento es eminentemente práctico, empleando los conceptos matemáticos estrictamente necesarios.

Bloque 9: Fundamentos de series temporales

En este bloque se presentan los fundamentos de las series temporales desde los puntos de vista clásico/estadístico (por ej. ARIMA), frecuencial (transformadas de Fourier) y métodos basados en *Deep Learning* (CNN y RNN).
Este bloque tiene un caracter introductorio y su planteamiento es eminentemente práctico, empleando los conceptos matemáticos estrictamente necesarios.

Bloque 10: Introducción al hardware para tratamiento digital de señales

Se introducen los fundamentos de los dispositivos y arquitecturas *hardware* (por ej. microcontroladores, DSP y FPGA) disponibles en la actualidad para implementar los algoritmos de tratamiento digital de señal en sistemas embebidos y de tiempo real estricto (*Hard Real Time*). Se pone especial énfasis en los sistemas basados en microcontrolador y DSP. Es importante conocer las limitaciones que imponen estos dispositivos ya que condicionan enormemente el tratamiento de las señales implicadas (por ej. la velocidad y resolución de los ADC, implementación en coma fija o coma flotante, frecuencia de reloj).
Este bloque tiene un enfoque eminentemente práctico y aplicado. Se usarán, como complemento, hojas de datos de los principales fabricantes.

Anexo: Fundamentos de procesado de señales analógicas

Este anexo únicamente se tratará en la parte de prácticas, no siendo objeto de examen.
Se realiza una introducción formal al diseño y síntesis de filtros analógicos, los cuales son la base para el diseño de filtros digitales de tipo IIR (*Infinite Impulse Response*) y que son ampliamente usados en sistemas de tiempo real y DSP por su eficiencia frente a los filtros FIR (*Infinite Impulse Response*).
Estos conceptos son necesarios también para el diseño e implementación de los filtros analógicos *antialiasing*, imprescindibles en sistemas embebidos y de tiempo real, y que se presentan en esta asignatura con un enfoque más mátemático y formal que lo visto en asignaturas previas de electrónica analógica e instrumentación. El procesado de señal analógico es clave aquellos casos de señales débiles (suele incluir filtrado + amplificación para mejorar el SNR) como paso previo al muestreo y adquisición para su tratamiento digital (por ej. circuito integrado de tipo AD8232 en combinación con procesado digital mediante microcontrolador para señales ECG).

Se recomienda estudiar este bloque en combinación con el bloque 5 de diseño de filtros digitales.

METODOLOGÍA

La metodología de estudio utiliza la tecnología actual para la formación a distancia en aulas virtuales, con la participación del Equipo Docente, los Profesores Tutores y todos los alumnos matriculados. En este entorno se trabajaran los contenidos teórico-prácticos cuya herramienta fundamental de comunicación será el curso virtual, utilizando la bibliografía básica y el material complementario.
El trabajo autónomo con las actividades de ejercicios y pruebas de autoevaluación disponibles, bajo la supervisión del tutor, con las herramientas y directrices preparadas por el equipo docente completará el tiempo de estudio y preparación de la asignatura.
Por último esta asignatura tiene programadas unas prácticas cuya realización y superación son requisitos imprescindibles para aprobar la asignatura.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	7
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	
Calculadora no programable	
Criterios de evaluación	

Prueba Personal Presencial

Como orientación, la Prueba Personal estará estructurada como sigue:

Una primera parte (40% de la nota del examen) con 5 cuestiones teórico-conceptuales breves. En esta parte hay que obtener una puntuación mínima, que se detallará en el examen, para que se corrija la segunda parte práctica.

Una segunda parte (60% de la nota del examen) consistente en la resolución de dos problemas de los que se realizarán varias preguntas.

Por último, se podría incluir alguna pregunta relacionada con las prácticas de la asignatura, bien dentro de las partes anteriores o como una parte adicional.

Las PEC tendrán un planteamiento similar al del examen final y en ellas se detallarán, y concretarán, los puntos anteriores.

Prácticas de la asignatura

Son obligatorias. Consisten en el estudio teorico completo y simulación mediante programas de tipo Matlab (pueden incluirse apartados "muy guiados" de Python), Spice (por ej. LTspice) y/o PSIM (o similares) de diversos problemas como los tratados en la parte de teoria. Su realización y superación son imprescindibles para aprobar la asignatura (nota mínima de 5). Se requiere cierta soltura en el manejo del programa Matlab.

Informes del Profesor Tutor

Se tendrá en cuenta en la nota final el informe (si lo hubiere) realizado por el profesor Tutor de la Asignatura en el Centro Asociado (siempre y cuando se cumplan las notas mínimas en cada una de las partes de la asignatura), quien a su vez evaluará en su elaboración la asistencia y participación en las tutorías (presenciales y telemáticas), el grado de interés en la asignatura y, sobre todo, la asimilación de los contenidos por parte del alumno.

Nota final de la asignatura

Por tanto, para el cálculo de la nota final se tendrá en cuenta la nota de la Prueba Personal, la nota de las prácticas de la asignatura y la nota del profesor Tutor. Es necesario aprobar el examen de teoria y las prácticas por separado para superar la asignatura (nota mínima de 5 cada parte).

Las partes que se aprueben en febrero, prácticas o examen, se guardan hasta septiembre dentro del mismo curso, pero no para cursos posteriores.

% del examen sobre la nota final	70
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	5
Comentarios y observaciones	

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si

Descripción

Son optativas. Consisten en la realización de problemas y cuestiones similares a los del examen. En el caso de los problemas, estos deben de ser desarrollados en detalle por el alumno para su evaluación y posibles comentarios.

La entrega de las PEC es única (convocatoria ordinaria) y la nota se guarda de febrero a septiembre del mismo curso, pero no para cursos posteriores.

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final 10 %

Fecha aproximada de entrega Mediados de diciembre (PEC 1) y mediados de enero (PEC 2).

Comentarios y observaciones

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final 30 %

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Cada PEC cuenta un 5% sobre la nota de teoría y sólo se tienen en cuenta si suben nota, siempre y cuando la nota del examen de teoría sea mayor de 5. Las prácticas son un 30% de la nota final y la teoría un 70%. Es necesario obtener un mínimo de 5 en las prácticas y un mínimo de 5 en el examen de teoría.

La nota final de la asignatura se obtiene con la siguiente fórmula:

Nota final = 0,70·NT + 0,30·NP

siendo:

NT la nota de la parte teórica:

NT = max(Nota_examen ; 0,9·Nota_examen + 0,05·PEC1 + 0,05·PEC2)

NP la nota de la práctica (obligatoria)

Para aplicar la fórmula de cálculo de la nota final es necesario haber obtenido, por separado, una nota mínima de 5 en el examen y en las prácticas.

Las partes que se aprueben en junio se guardan para septiembre, pero no para cursos posteriores.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):null
Título:VISIÓN POR COMPUTADOR2003
Autor/es:J. F. Vélez Serrano ; J. L. Esteban Sánchez-Marín ; A. Sanchez Calle ; A. B. Moreno Díaz ;
Editorial:UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

ISBN(13):9788420535593
Título:TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES. PROBLEMAS Y EJERCICIOS RESUELTOS2003
Autor/es:Emilio Soria Olivas ; Gustavo Camps Valls ; José Vicente Francés Villora ; Marcelino Martínez Sober ;
Editorial:UNIVERSITAT DE VALENCIA

ISBN(13):9788483223475
Título:TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES. PRINCIPIOS, ALGORITMOS Y APLICACIONES4ª ed.
Autor/es:Proakis, John ; Manolakis, Dimitri G. ;
Editorial:PRENTICE-HALL

ISBN(13):9788492453016
Título:SÍNTESIS DE REDES: IMPEDANCIAS Y FILTROS2008
Autor/es:Gustavo Camps Valls ; Rafael Magdalena Benedito ; José Espí López ;
Editorial:Delta Publicaciones Universitarias

TB1: TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES. PRINCIPIOS, ALGORITMOS Y APLICACIONES (4ª)
TB2: TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES. PROBLEMAS Y EJERCICIOS RESUELTOS
TB3: SÍNTESIS DE REDES: IMPEDANCIAS Y FILTROS
TB4: VISIÓN POR COMPUTADOR (2ª)
El texto base 1 (TB1) es por el que se sigue mayoritariamente la asignatura (teoría) y es el que requiere mayor carga de trabajo (en la mayoría de los casos no se preguntarán las demostraciones matemáticas de los teoremas). El texto base 2 (TB2) es el complemento práctico (problemas) del texto base 1. Los textos base 3 y 4 conllevan mucha menor carga de trabajo (lectura menos densa) y se usan de forma reducida (sólo entran algunos capítulos).
El texto base 3 (TB3) se usa para complementar el diseño y síntesis de filtros analógicos (incluye numerosos ejercicios), los cuales son la base para el diseño de filtros digitales de tipo IIR, ampliamente usados en sistemas de tiempo real y DSP por su eficiencia, y necesarios también para el diseño e implementación los filtros analógicos *antialiasing*.
El texto base 4 (TB4) tiene un enfoque más conceptual y se usa para introducir el procesado digital de señal en dos dimensiones (imágenes) como extensión natural del procesado de señal unidimensional.

Los textos base 2 y 4 están disponibles on-line bajo la licencia Creative Commons (CC). Se darán instrucciones en el foro de la asignatura.
Se usarán de manera puntual hojas de datos de los principales fabricantes.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780201596199
Título:DIGITAL SIGNAL PROCESSING: A PRACTICAL APPROACH2001
Autor/es:Barrie W. Jervis ; Emmanuel C. Ifeachor ;
Editorial:ADISON WESLEY

ISBN(13):9781292223049
Título:DIGITAL IMAGE PROCESSING4
Autor/es:Woods, Richard E. ; Gonzalez, Rafael C. ;
Editorial:Pearson Education Limited

ISBN(13):9788420529875
Título:TRATAMIENTO DE SEÑALES EN TIEMPO DISCRETOnull
Autor/es:Schafer, Ronald ; Oppenheim, Alan V. ;
Editorial:PEARSON ALHAMBRA

ISBN(13):9788420529998
Título:ELECTRÓNICA1ª
Autor/es:Hambley, Allan ;
Editorial:PRENTICE-HALL

ISBN(13):9788483226605
Título:INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA5ª Edición
Autor/es:Ogata, Katsuhiro ;
Editorial:PEARSON-PRENTICE HALL

ISBN(13):9789688805398
Título:SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPO DISCRETO2ª
Autor/es:Ogata, Katsuhiro ;
Editorial:PRENTICE-HALL

ISBN(13):9789701701164
Título:SEÑALES Y SISTEMASnull
Autor/es:Oppenheim, Alan V. ; Nawab, S. Hamid ; Willsky, Alan S. ;
Editorial:PEARSON-PRENTICE HALL

ISBN(13):9786071512949
Título:MÉTODOS NUMÉRICOS PARA INGENIEROS.7
Autor/es:Chapra, Steven C. ; Canale, Raymond P. ;
Editorial:: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA

ISBN(13):9788436254501
Título:CONCEPTOS BÁSICOS DE FILTRADO, ESTIMACIÓN E IDENTIFICACIÓN1ª
Autor/es:Martín Sánchez, Juan Manuel ; Nevado Reviriego, Antonio ; Cabrera Cámara, Pedro ;
Editorial:U.N.E.D.

ISBN(13):null
Título:THE SCIENTIST AND ENGINEER¿S GUIDE TO DIGITAL SIGNAL PROCESSINGnull
Autor/es:S. W. Smith ;
Editorial:California Technical Publishing

ISBN(13):9788492453634
Título:PROBLEMAS RESUELTOS DE TEORÍA DE REDES2009
Autor/es:Espi López, José ;
Editorial:Delta Publicaciones Universitarias

ISBN(13):9780471128397
Título:INTRODUCTION TO RANDOM SIGNALS AND APPLIED KALMAN FILTERINGnull
Autor/es:Brown, Robert Grover ;
Editorial:: JOHN WILEY & SONS

ISBN(13):9788441544987
Título:ARDUINO PRÁCTICO2022
Autor/es:Daniel Lozano Equisoain ;
Editorial:ANAYA MULTIMEDIA

ISBN(13):9788426733399
Título:ARM CORTEX M4 Y ESP32. PROGRAMACIÓN Y EJEMPLOS.2021
Autor/es:Daniel Schmidt ;
Editorial:MARCOMBO

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Como recursos adicionales para el estudio de la asignatura, en el curso virtual podrá encontrar los siguientes materiales:

•La guía didáctica de la asignatura.

•Pruebas de evaluación a distancia.

•Material adicional para el estudio de la asignatura.

•Prácticas de la asignatura.

•Indicaciones sobre el software para la realización de las prácticas.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?

Sí

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Presencial: No

Obligatoria: Sí

Es necesario aprobar el examen para realizarlas: No

Fechas aproximadas de realización: Al finalizar los exámenes de febrero / septiembre.

Se guarda la nota en cursos posteriores si no se aprueba el examen: No, pero sí de febrero a septiembre del mismo curso.

Cómo se determina la nota de las prácticas:

REALIZACIÓN

Lugar de realización (Centro Asociado/ Sede central/ Remotas/ Online):

N.º de sesiones: N/A

Actividades a realizar: Ejerciciós teórico-prácticos y de simulación.

OTRAS INDICACIONES:

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.