25-26

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

MICROCONTROLADORES Y SISTEMAS EMBEBIDOS

CÓDIGO 28062020

UNED

25-26

MICROCONTROLADORES Y SISTEMAS EMBEBIDOS

CÓDIGO 28062020

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
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	MICROCONTROLADORES Y SISTEMAS EMBEBIDOS
Código	28062020
Curso académico	2025/2026
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura se basa fundamentalmente en arquitecturas ARM de 32 bits.
Las arquitecturas ARM (*Advanced RISC Machine* o *Acorn RISC Machines*) están entre las más versátiles, estudiadas y utilizadas ("*200 billion Arm-based chips shipped by our partners over the past three decades*", fuente *ARM* 18-10-2021) en la actualidad para sistemas embebidos. Así mismo, en la actualidad existen multitud de tarjetas de evaluación, y *hardware* asociado, a precios muy asequibles para arquitecturas ARM. Cabe destacar también el numeroso material y bibliografía disponibles sobre ARM (principalmente en inglés). Se recomienda leer la información sobre ARM dada, por ejemplo, en *wikipedia* para tener una idea más detallada (preferiblemente en inglés).
La asignatura pertenece a la materia "Sistemas electrónicos y automáticos" y tiene como objetivo dar una visión completa de las principales arquitecturas de la familia ARM Cortex de 32 bits, principalmente las familias M3 y M4, así como de su programación en lenguaje C y en ensamblador. Es importante diferenciar entre la arquitectura (bajo nivel) y el microcontrolador y el entorno de desarrollo disponible en el mercado. De hecho, mientras que los dispositivos Ardunio más básicos (Uno R3 y Mega entre otros) emplean arquitecturas AVR de 8 bits (con reloj a 16 MHz), los dispositivos más potentes de Arduino emplean microcontroladores ARM de 32 bits (Arduino Due monta ARM M3 de 32 bits, coma fija y 84 MHz de reloj), mientras que algunos de los modelos de Raspberry montan ARM de 64 bits. Cabe comentar que en la última versión R4 de la placa Arduino Uno (junio 2023) se emplea un núcleo ARM - M4 con unidad de coma flotante FPU, rango de tensiones extendido (tecnología CMOS con tensiones extendidas al rango TTL, pero corriente reducida en los puertos I/O), reloj de 48 MHz y memoria ampliada; lo cual supone un salto considerable con respecto a la versión anterior R3 basada en AVR. Para sistemas de tiempo real, también hay que resaltar la notable diferencia, en resolución y rápidez, entre los ADC empleados en los microcontroladores basados en ARM de 32 bits y las familias Arduino basadas en AVR de 8 bits. En muchos de los microcontroladores ARM de 32 bits es posible incluso instalar un sistema operativo de tiempo real (RTOS). No obstante, en aplicaciones con constantes de tiempo muy pequeñas (incluso del orden de microsegundos) es necesario implementar la aplicación a bajo nivel sin sistema operativo (*Bare Metal*), prestando especial atención a la optimización del código, tal y como se plantea en esta asignatura.
La asignatura se basa en ARM, fundamentalmente la familia M3 (coma fija) y la familia M4 (con unidad de coma flotante FPU). Se centra principalmente la atención en los entornos de desarrollo avanzados para ARM, aunque también se realiza una breve introducción al

entorno de desarrollo basado en Arduino, y otro tipo de plataformas (por ej. ESP32 para conectividad), ya que es importante saber seleccionar la arquitectura más adecuada en función de la aplicación (simplicidad vs potencia) y combinar diferentes dispositivos y entornos. Además, muchos de los accesorios *hardware* para microcontroladores disponibles actualmente en el mercado provienen de las plataformas Arduino basadas en AVR. La familia Arduino-AVR presenta la ventaja de su facilidad de desarrollo ofreciendo unas prestaciones moderadas (válidas para sistemas con constantes de tiempo lentas). Por su parte, la arquitectura y entornos ARM presentan mayor complejidad de desarrollo y aprendizaje, pero una mucha mayor potencia, permitiendo su uso en aplicaciones con constantes de tiempo muy reducidas y sistemas de tiempo real estricto (*Hard Real Time*), como el control en tiempo real y el procesado digital de señales.

Las prácticas de la asignatura son obligatorias (ver apartado de prácticas y evaluación). Para su realización se empleará un entorno de simulación software (QtARMSim) junto con una tarjeta de desarrollo STM32 de la famila M4 (con unidad de coma flotante FPU). Se introducen algunos de los periféricos más habituales empleados en sistemas embebidos y algunas cuestiones importantes sobre el diseño *hardware* (por ej. divisores de tensión, transistores, optoacopladores, etc). Se presentará también la posibilidad de combinar diversos tipos de microcontroladores y dispositivos para optimizar las prestaciones y minimizar el tiempo de desarrollo. Así mismo, se introducen conceptos y herramientas sobre conectividad de dispositivos y comunicaciones (por ej. IoT), así como principios básicos sobre interfaces gráficas de usuario (GUI).

El enfoque de la asignatura es eminentemente aplicado y se pretende que el alumno ponga en práctica los conocimientos teóricos adquiridos. Las familias de la arquitectura ARM (por ej. M3, M4, M7) emplean una filosofía cercana a RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) y presentan gran compatilidad entre ellas (juego de instrucciones). Se comienza con un repaso de la arquitectura ARM y su lenguaje ensamblador (familia M3 de coma fija), así como conceptos sobre optimización del código. Se continua introduciendo la familia M4 (con unidad de coma flotante FPU) y su programación en lenguaje C. Por último, se realizan actividades prácticas de implementación para aplicar los conocimientos adquiridos a la programación de un microcontrolador ARM Cortex M4 en un sistema embebido y analizando los resultados con instrumental de laboratorio y *software* científico (por ej. Matlab o Python).

A nivel profesional, el aprendizaje de estos conocimientos resultará de gran utilidad a la hora de trabajar con cualquier sistema electrónico, ya que las habilidades adquiridas aquí servirán tanto para el prototipado como para el desarrollo de sistemas electrónicos que hagan uso de microcontroladores, que son numerosos. De especial interes son las habilidades obtenidas en la programación de bajo nivel de microcontroladores para sistemas de tiempo real estricto y sistemas embebidos, perfil muy demandado en la industria.

Esta guía proporciona las directrices básicas que el estudiante necesita para estudiar la asignatura. Por esta razón, es recomendable leer detenidamente la guía antes de comenzar el estudio, para adquirir una visión general de la asignatura, las actividades y las prácticas que se desarrollarán durante el curso. Esta asignatura es optativa del primer semestre del Máster Universitario en Ingeniería Industrial. Al tratarse de una asignatura del primer

semestre del plan de estudios, no se basa en conocimientos previos de ninguna asignatura del mismo. No es imprescindible, aunque sí recomendable, poseer conocimientos previos de programación y de arquitectura de computadores para cursar la asignatura. También es interesante que el alumno posea algunos conocimientos básicos de electrónica digital, electrónica analógica, métodos numéricos y procesado digital de señales. Es importante tener cierta soltura en la lectura de textos técnicos en inglés.
Los estudiantes conseguirán 5 ECTS con esta asignatura optativa después de superarla con éxito

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Se recomienda tener los siguientes conocimientos previos:

•Pensamiento analítico y de síntesis.

•Capacidad de aplicar los conocimientos a problemas reales.

•Capacidad para trabajar y aprender de manera autónoma.

•Habilidades para la investigación, la planificación y la organización.

•Capacidad de aprender nuevas metodologías y tecnologías.

•Habilidades en tecnologías de la información y programación.

•Habilidad en el uso de las TIC.

•Conocimientos de Electrónica Analógica y Digital.

•Conocimientos de Arquitectura de Computadores.

•Conocimientos de control, métodos numéricos y procesado de señal.

•Habilidades en comunicación oral y escrita en Inglés.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	SANTIAGO MONTESO FERNANDEZ (Coordinador/a 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

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 el teléfono 913986481.
Santiago Monteso (coordinador de la asignatura): smonteso@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 (en caso de haberlas).
TUTORES
Se recomienda a los Tutores de la asignatura (en caso de haber) 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.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Ver sección de Resultados de Aprendizaje.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS:
CG26 - Conocimiento y práctica de las reglas del trabajo académico.
CG28 - Conocimiento, respeto y fomento de los valores fundamentales de las sociedades democráticas.
CG29 - Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, mecánica de fluidos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

HABILIDADES O DESTREZAS:
CE22 - Conocimientos y capacidades para realizar verificación y control de instalaciones, procesos y productos.
CE23 - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.
CE7 - Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial.
CE8 - Capacidad para diseñar y proyectar sistemas de producción automatizados y control avanzado de procesos.
CG1 - Iniciativa y motivación.
CG14 - Comunicación y expresión oral.
CG16 - Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica.
CG13 - Comunicación y expresión escrita.
CG15 - Comunicación y expresión en otras lenguas.
CG2 - Planificación y organización.
CG21 - Habilidad para coordinarse con el trabajo de otros.
CG22 - Habilidad para negociar de forma eficaz.
CG23 - Habilidad para la mediación y resolución de conflictos.
CG24 - Habilidad para coordinar grupos de trabajo.
CG25 –Liderazgo.
CG36 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el

ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.
CG3 - Manejo adecuado del tiempo.
CG4 - Análisis y síntesis.
CG5 - Aplicación de los conocimientos a la práctica.
CG7 - Pensamiento creativo.
CG8 - Razonamiento crítico.
CG9 - Toma de decisiones.
CG37 - Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.
CG40 - Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.
CG38 - Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
CG39 - Saber comunicar las conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

COMPETENCIAS:
CE16 - Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.
CE20 - Conocimiento y capacidades para el proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de Seguridad.
CG10 - Seguimiento, monitorización y evaluación del trabajo propio o de otros.
CG11 - Aplicación de medidas de mejora.
CG12 –Innovación.
CG17 - Competencia en el uso de las TIC.
CG18 - Competencia en la búsqueda de la información relevante.
CG19 - Competencia en la gestión y organización de la información.
CG20 - Competencia en la recolección de datos, el manejo de bases de datos y su presentación.
CG27 - Compromiso ético y ética profesional.
CG6 - Resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos.

CONTENIDOS

Bloque 1. Introducción a la arquitectura de computadores basada en ARM

Se introducen los fundamentos de la arquitectura de computadores, desde un punto de vista conceptual y práctico, tomando como referencia la familia ARM Cortex M3 de 32 bits (Arduino Due) y coma fija. Se utilizan como complemento parte de las hojas de datos de los fabricantes de microcontroladores.

Bloque 2. Programación en ensamblador para ARM

Se presentan los fundamentos de la programación en ensamblador para la arquitectura ARM Cortex M3 (Arduino Due) de coma fija. Se usa el simulador QtARMSim para la realización de prácticas en lenguaje ensamblador.

Bloque 3. Introducción a la arquitectura ARM M4

Se profundiza en la arquitectura ARM Cortex M4 (STM32F4), con unidad *hardware* de coma flotante (FPU), y se ve en detalle su estructura interna, así como la configuración y circuitería de la tarjeta de desarrollo que se usará en las prácticas. Se utilizan como complemento parte de las hojas de datos de los fabricantes de microcontroladores.
Se estudian las características físicas y eléctricas de los elementos hardware del microcontrolador, prestando especial atención a su interfaz y entrada-salida (CMOS vs ECL vs TTL).

Bloque 4. Entornos de desarrollo y programación para ARM

Se presentan los entornos de desarrollo, profesionales y semi-profesionales, para ARM existentes en la actualidad y que se utilizarán para la realización de las prácticas.

Bloque 5. Lenguaje de programación C para microcontroladores

Se introduce el lenguaje de programación C para microcontroladores, el cual se usará a lo largo del texto base 1 y de los siguientes bloques (el texto base 4 trata de la programación en C para arquitecturas AVR de Arduino, no obstante, su adaptación a la familia STM32 es muy intuitiva, caso muy diferente a si se tratase de la portabilidad del lenguaje ensambador, el cual es específico de cada arquitectura).
Los estudiantes que ya posean conocimientos del lenguaje de programación C pueden hacer una lectura más rápida del contenido de este bloque.

Bloque 6. Programación en C de la arquitectura ARM M4

Se estudia el manejo y la programación de las diferentes unidades *hardware* del microntrolador ARM Cortex M4 tipo STM32 (entrada-salida, interrupciones, *timers*, ADC y DAC, comunicaciones y acceso a memoria entre otros) y la relación entre la arquitectura del microcontrolador y su programación en C y en lenguaje ensamblador. Se utilizan como complemento parte de las hojas de datos de los fabricantes de microcontroladores.

Bloque 7. Sistemas embebidos basados en ARM M4

Se estudian algunas de las aplicaciones más habituales, y de cierta dificultad, de la programación de microcontroladores en sistemas embebidos (manejo de periféricos, procesado digital de señal y control en tiempo real). Se introducen algunos de los periféricos y accesorios más habituales empleados en sistemas embebidos (por ej. sensores y actuadores) y algunas cuestiones importantes sobre el diseño *hardware* (por ej. divisores de tensión, transistores, optoacopladores, etc). Se realiza también un breve repado de algunos métodos numéricos empleados habitualmente en la programación de sistemas embebidos.

Bloque 8. Otras configuraciones para sistemas embebidos

Este bloque tiene un enfoque conceptual y práctico. Su objetivo es introducir otras alternativas a la familia STM32 de ARM disponibles en el mercado (en particular, AVR y ARM de Arduino, así como ESP32 para conectividad) para que el alumno tenga una visión más global del mundo de los microcontroladores y de los sistemas embebidos. Se presenta la opción de combinar en un mismo sistema embebido varios microcontroladores con funciones diferenciadas y jerarquizadas. De hecho, la tendencia actual en aplicaciones de altas prestaciones es incluir en un mismo PCB, o en un mismo dispositivo (SoC*)*, diferentes (o similares con *multicore*) tecnologías (ARM, DSP y FPGA entre otras) con objeto de optimizar el diseño, aprovechando las ventajas de cada una de ellas, así como de minimizar el tiempo de desarrollo.

Es importante conocer diferentes familias de microcontroladores para su comparativa. Se realiza una breve introducción a las principales arquitecturas de Arduino (AVR vs. ARM) con objeto de introducir los fundamentos para seleccionar la arquitectura más adecuada en función de la aplicación (simplicidad vs potencia) cuando se dispone de varias alternativas. Así mismo, muchos de los accesorios *hardware* para microcontroladores disponibles en el mercado provienen de las plataformas Arduino basadas en arquitecturas AVR.

Así mismo, se introducen conceptos y herramientas sobre conectividad de dispositivos, principalmente la conexión a Internet mediante Wifi y la conexión Bluetooth mediante dispositivos de tipo ESP32. Los microcontroladores ESP32 son muy usados en la actualidad para conectar dispositivos IoT por su bajo coste y versatilidad (son arquitecturas de 32 bits con FPU en la mayoría de los casos y frecuencias de reloj cercanas a 200 MHz).

En este bloque se introducirán algunos conceptos prácticos sobre comunicaciones y monitorización punto a punto (por ej. GUI con Python o Matlab) y sobre conexión remota de dispositivos (por ej. usando HTML). Estos temas se tratarán principalmente en las prácticas de la asignatura. Así mismo, se profundiza sobre la conexión práctica entre dispositvos (por ej. comunicación serie con USART, SPI e I2C entre otras).

Se utilizan como complemento parte de las hojas de datos de los fabricantes.

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.
Cronológicamente el estudiante debe estudiar y preparar cada tema siguiendo el orden dado a los contenidos, ya que cada uno se apoya en los anteriores.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	3
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Calculadora no programable

Criterios de evaluación

Entre los criterios que se tendrán más en cuenta en la corrección de estas preguntas se encuentran los siguientes:

Estructura del programa correcta

Estructuras de control bien diseñadas.

Buen conocimiento de las principales instrucciones y funciones.

Utilización del algoritmo óptimo.

Salida del programa dejando registros de manera estable.

El *hardware* y los circuitos propuestos funcionan correctamente.

% del examen sobre la nota final	65
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	

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad: Si

Descripción

Realización de un examen teórico/práctico en el que se evaluarán todos los contenidos de la asignatura.

Se realizarán más indicaciones en el curso virtual durante el desarrollo de la asignatura y en el enunciado del examen.

Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final: 65 %

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?: Si,PEC no presencial

Descripción

Es **optativa**. Consiste 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 la 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 enero

Comentarios y observaciones

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?: Si,presencial

Descripción

Prácticas obligatorias

*** Se debe disponer de una tarjeta de desarrollo tipo STM32F4 ***

Las prácticas obligatorias constan de las siguientes actividades:

- P1: Práctica no presencial basada en ensamblador y el simulador QtARMSim.

- P2: Práctica no presencial basada en C y el entorno de desarrollo para STM32.

- Trabajo obligatorio previo a P3: Práctica remota con tarjeta de desarrollo STM32F4 (usada en el texto base 1, o una tarjeta similar tipo STM32F4) sobre el manejo básico del microcontrolador y del entorno de desarrollo STM32CubeIDE.

- P3: Práctica presencial con tarjeta de desarrollo STM32F4 (usada en el texto base 1) en el laboratorio de electrónica de la E.T.S.I. Industriales de la UNED (sede central).

Proyecto de prácticas optativo

Es opcional y no presencial. Puede sumar hasta 2 puntos en la nota final de la asignatura.

COMENTARIOS SOBRE LAS PRÁCTICAS OBLIGATORIAS

Las prácticas obligatorias persiguen los siguientes objetivos:

Adquisición de destreza y rapidez en la resolución de las prácticas de la asignatura.

Aclaración y consolidación de los conocimientos adquiridos en el estudio aplicados al desarrollo de las prácticas.

Comprobación del nivel de conocimientos.

Implementación de lo estudiado en un sistema embebido real.

Características:

Ejercicios obligatorios.

Para la realización de las prácticas, el alumno deberá descargar los enunciados, el simulador QtARMSim y el entorno de desarrollo para el microcontrolador STM32F4 usado en el texto base 1 (TB1). **Se debe disponer de una tarjeta de desarrollo tipo STM32F4** (disponibles en los principales distribuidores por un coste entre 25 y 35 euros aproximadamente) junto con algunos accesorios de bajo coste (disponibles en los principales distribuidores por un coste entre 10 y 15 euros en total aproximadamente).

La primera parte de las prácticas obligatorias (P1, no presencial) trata sobre la programación en lenguaje ensamblador y la arquitectura de los microcontroladores ARM de 32 bits (M3 y M4). Los ejercicios consistirán en la implementación de programas de acuerdo a las indicaciones dadas en el enunciado, pudiénsose incluir algunas cuestiones teóricas y problemas. Se usará el simulador QtARMSim.

La segunda parte de las prácticas obligatorias (P2, no presencial) trata sobre la programación en C de la arquitectura STM32. Los ejercicios consistirán en la implementación de programas de acuerdo a las indicaciones dadas en el enunciado, pudiénsose incluir algunas cuestiones teóricas y problemas. Se usará el entorno de desarrolo para STM32F4 y *software* de cálculo científico (por ej. Matlab o Python), así como simuladores tipo Spice (por ej. LTspice).

Trabajo obligatorio previo a P3 (no presencial): los alumnos que cumplan los

requisitos para realizar la P3 (examen, P1 y P2 superados), deben entregar un breve trabajo (calificación apto/no apto) sobre el entorno de desarrollo STM32CubeIDE y el microcontrolador empleado en las prácticas (se dará más información en el curso virtual). Para este trabajo se debe disponer de una tarjeta de desarrollo tipo STM32F4 para realizar los ejercicios remotamente. Es muy recomendable que los ejercicios de este trabajo se realicen a lo largo del curso de forma progresiva, una vez estudiada la parte correspondiente al lenguaje ensamblador y al simulador QtARMSim.

La tercera parte de las prácticas obligatorias (P3, presencial) consiste en la implementación física, en un sistema embebido real, de lo estudiado en las prácticas previas en una tarjeta de desarrollo STM32F4 (usada en el texto base 1) en el laboratorio de electrónica de la E.T.S.I. Industriales de la UNED (sede central). Así mismo, se empleará instrumental de laboratorio y se incluirán algunos montajes adicionales, junto con el análisis de los resultados y el empleo de *software* de cálculo científico (por ej. Matlab o Python), así como simuladores tipo Spice (por ej. LTspice). Se hará uso de hojas de datos de fabricantes.

La sesión de prácticas presencial (P3) es obligatoria y se debe aprobar (nota mínima de 5) para superar la asignatura. Para poder asistir a las prácticas presenciales es requisito imprescindible haber entregado y superado (nota mínima de 5) los trabajos previos de prácticas obligatorias (P1 y P2, no presenciales), así como haber aprobado el examen final (presencial) de la asignatura (nota mínima de 5). Así mismo, se debe obtener una calificación de "Apto" en el trabajo previo a P3.

El conjunto de prácticas obligatorias (P1 + P2 + P3) tiene un peso del 35 % en la nota final de la asignatura. Cada parte de las prácticas tiene (aprox.) el siguiente peso en la nota de prácticas:

P1 (ensamblador - no presencial): 30 % de las prácticas

P2 (lenguaje C - no presencial): 30 % de las prácticas

P3 (con tarjeta STM32F4 - presencial): 40 % de las prácticas

(es necesario sacar una nota mínma de 5 en cada práctica)

Es importante resaltar que para realización de la práctica P3 (presencial) se supone que ya se han adquirido los conocimientos previos (mediante el examen y la P1, P2 y el Trabajo previo a P3) y su objetivo es implementar, con posibles modificaciones y ampliaciones, los programas que ya se han hecho en las prácticas no presenciales P1 y P2.

Los alumnos deben disponer al principio del curso de la tarjeta de desarrollo STM32F4 utilizada en el texto base 1 (TB1), o de una tarjeta similar (se darán indicaciones), con objeto de familiarizarse con ella, así como con el entorno de desarrollo STM32CubeIDE. La tarjeta de desarrollo es necesaria para poder realizar algunos apartados de la P2 y del trabajo previo a la P3, así como para sacar mucho mayor partido a las prácticas, especialmente a las prácticas P2 y P3 (presencial). En el curso virtual se darán instrucciones detalladas sobre la tarjeta de desarrollo y el *hardware* necesario (sencillo y de bajo coste).

COMENTARIOS SOBRE EL PROYECTO OPTATIVO

Hay una última parte opcional de prácticas (no presencial) que consiste en el estudio e implementación de conceptos avanzados (por ej. el diseño e implementación de un sistema con varios microcontroladores y/o periféricos avanzados y/o ampliar lo visto en las prácticas obligatorias y/o comunicaciones). El alumno puede, y es recomendable, escoger un tema para el proyecto optativo que le resulte de interés (se valorará la originalidad y complejidad del proyecto). Se puede plantear como una toma de contacto a un posible TFM.

Estos ejercicios tienen como objetivos:

Complementar los conocimientos adquiridos en la asignatura.

Aclaración y consolidación de los conocimientos adquiridos en el estudio aplicados al desarrollo de las prácticas.

Comprobación del nivel de conocimientos.

Profundizar en los contenidos de la asignatura.

Implementación de lo estudiado en un sistema embebido real.

Fomentar la iniciativa del alumno en la resolución de tareas complejas.

Características:

Proyecto optativo, de realización voluntaria.

Es evaluable y puede sumar hasta 2 puntos extra para la nota final de la asignatura, siempre y cuando la nota en la prueba presencial, y en las prácticas obligatorias, sea igual o superior a 5 (en cualquier caso la nota máxima de la asignatura será un 10).

Criterios de evaluación

Criterios Evaluación Prácticas y Proyecto

El desarrollo de las prácticas y proyecto se deberá acompañar de una memoria descriptiva de las mismas, incluyendo un diagrama (flujograma) para mostrar de manera visual los algoritmos desarrollados. Así mismo, el código fuente desarrollado deberá incluir comentarios de cada línea de código para facilitar su comprensión. En caso de haber sido necesario incluir algún tipo de hardware, se debe justificar su uso y los criterios de diseño y cálculos (por ej. divisores de tensión, transistores, optoacopladores, etc).

Entre los criterios que se tendrán más en cuenta en la corrección se encuentran los siguientes:

El programa se ejecuta correctamente y sin errores.

El programa realiza la funcionalidad deseada.

Estructura de programa correcta

Librerías necesarias incluidas.

Pines configurados y usados correctamente.

Estructuras de control bien diseñadas.

Buen conocimiento de las principales instrucciones y funciones.

Utilización del algoritmo óptimo.

Salida del programa dejando memoria y registros de manera estable.

El *hardware* y circuitos utilizados funcionan correctamente.

Proyecto optativo

El alumno interesado deberá enviar al equipo docente, en las fechas indicadas en el foro, un breve informe de una hoja (2 páginas máximo) indicando título, descripción y un estudio preliminar. Se puede plantear como una toma de contacto a un posible TFM.

Ponderación en la nota final	35 % de la nota final de la asignatura
Fecha aproximada de entrega	Las prácticas finales se entregarán una vez finalizados los exámenes de febrero (o septiembre).
Comentarios y observaciones	

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La PEC cuenta un 10% sobre la nota de teoría y sólo se tiene en cuenta si sube nota, siempre y cuando la nota del examen de teoría sea mayor de 5. Las prácticas (P1 + P2 + P3) son un 35% de la nota final y la teoría un 65%. Es necesario obtener un mínimo de 5 en las prácticas obligatorias y un mínimo de 5 en el examen de teoría.

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

Nota final = min(10 ; 0,65·NT + 0,35·NP + PR)

siendo:

NT la nota de la parte teórica:

NT = max(Nota_examen ; 0,9·Nota_examen + 0,1·PEC)

NP la nota de las prácticas (obligatorias)

PR la nota del proyecto optativo (entre 0 y 1)

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 (esto implica haber obtenido una calificación de "Apto" en el trabajo previo a la P3).

El proyecto de prácticas optativo puede sumar hasta 2 puntos extra para la nota final, siempre y cuando la nota en la prueba presencial, y en las prácticas obligatorias, sea igual o superior a 5 (en cualquier caso la nota máxima de la asignatura será un 10).

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

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9781796854879
Título: EMBEDDED CONTROLLERS USING C AND ARDUINO 2021 edición
Autor/es: James M. Fiore
Editorial: James M. Fiore (dissidents)

ISBN(13): 9783030884383
Título: EMBEDDED SYSTEM DESIGN WITH ARM CORTEX-M MICROCONTROLLERS 2022 edición
Autor/es: Cem Ünsalan; Mehmet Erkin Yücel; Hüseyin Deniz Gürhan
Editorial: Springer

ISBN(13): 9788416546763
Título: INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA DE COMPUTADORES CON QTARMSIM Y ARDUINO 2018 edición
Autor/es: Sergio Barrachina; Maribel Castillo; Germán Fabregat; Raúl Montoliu; Germán León; José Vicente Martí; Rafael Mayo; Juan Carlos Fernández
Editorial: UNIVERSITAT JAUME I

ISBN(13): 9788481588552
Título: ARQUITECTURA DE ORDENADORES. EJERCICIOS PRÁCTICOS DE ARM / THUMB 2020 edición

Autor/es: Manuel José Fernández; Martín Llamas; Fernando Ariel; Juan Manuel Santos; Luis Anido
Editorial: UNIVERSIDAD DE VIGO

TB1: EMBEDDED SYSTEM DESIGN WITH ARM CORTEX-M MICROCONTROLLERS
TB2: INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA DE COMPUTADORES CON QTARMSIM Y ARDUINO
TB3: ARQUITECTURA DE ORDENADORES. EJERCICIOS PRÁCTICOS DE ARM / THUMB
TB4: EMBEDDED CONTROLLERS USING C AND ARDUINO
El texto base 1 (TB1) es por el que se seguirá mayoritariamente la asignatura (arquitectura STM32 M4 y basado en lenguaje C), junto con el texto base 2 (TB2) (arquitectura STM32 M3 y basado en ensamblador) que se usará parcialmente (ambos textos incluyen numerosos ejercicios). El texto base 3 (TB3) es únicamente para complementar la colección de problemas de programación en ensamblador, principalmente para las prácticas. El texto base 4 (TB4) se usa principalmente como introducción al leguaje C para microcontroladores y para hacer una introducción a la arquitectura AVR.
El texto base 1 incluye la programación de microcontroladores en lenguaje C, C++ y MicroPython. Para la asignatura sólo se usará el lenguaje de programación C que es el más extendido y usado en aplicaciones industriales de microcontroladores con requisitos estrictos de tiempo (*Hard Real Time*).
Los textos base 2, 3 y 4 están disponibles on-line bajo la licencia Creative Commons (CC). Se darán instrucciones en el foro de la asignatura.
Se recomienda también la consulta del libro "EXPLORING ARDUINO: TOOLS AND TECHNIQUES FOR ENGINEERING WIZARDRY (2ª ed.)" incluido en la bibliografía complementaria (basado en Arduino Uno - AVR de 8 bits - en la fecha de publicación de esta guía).
Para aquellos alumnos que necesiten repasar conceptos básicos de electrónica digital, y de fundamentos de arquitectura y estructura de computadores, es recomendable la lectura del libro "ESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES I" incluido en la bibliografía complementaria.
Por otra parte, los alumnos que necesiten repasar conceptos básicos de electrónica analógica, y su relación con la electrónica digital (por ej. diodos, transistores, curvas características, circuitos de polarización, puertas lógicas con transistores), es muy recomendable la lectura del libro "ELEMENTOS DE FÍSICA PARA INFORMÁTICA (UD 3)" incluido en la bibliografía complementaria.
Se usarán ampliamente a lo largo de la asignatura las hojas de datos de los principales fabricantes de microcontroladores y periféricos (mayoritariamente en inglés). Esta información está disponible on-line y se daran más indicaciones en el foro de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780124080829
Título: THE DEFINITIVE GUIDE TO ARM® CORTEX®-M3 AND CORTEX®-M4 PROCESSORS 2013 edición
Autor/es: Joseph Yiu
Editorial: ELSEVIER

ISBN(13): 9780201795233
Título: EMBEDDED C 2002 edición
Autor/es: Michael J. Pont
Editorial: ADISON WESLEY

ISBN(13): 9780982692677
Título: EMBEDDED SYSTEMS WITH ARM CORTEX-M MICROCONTROLLERS IN ASSEMBLY LANGUAGE AND C 2023 edición
Autor/es: Yifeng Zhu
Editorial: E-Man Press

ISBN(13): 9780997925944
Título: STM32 ARM PROGRAMMING FOR EMBEDDED SYSTEMS 2018 edición
Autor/es: Muhammad Ali Mazidi; Eshragh Ghaemi; Shujen Chen
Editorial: MicroDigitalEd

ISBN(13): 9781482229851
Título: ARM ASSEMBLY LANGUAGE. FUNDAMENTALS AND TECHNIQUES. 2014 edición
Autor/es: Christopher Hinds; William Hohl
Editorial: CRC Press

ISBN(13): 9788436229325
Título: ELEMENTOS DE FÍSICA PARA INFORMÁTICA. UD III 1ª edición
Autor/es: Yeves Gutiérrez, Fernando; Martínez García, Salvador; Peire Arroba, Juan; Castro Gil, Manuel Alonso
Editorial: U.N.E.D.

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

ISBN(13): 9788441544987
Título: ARDUINO PRÁCTICO 2022 edición
Autor/es: Daniel Lozano Equisoain
Editorial: ANAYA MULTIMEDIA

ISBN(13): 9788499646138
Título: ARDUINO. GUÍA PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS Y SIMULACIÓN 1 edición
Autor/es: López Aldea, Eugenio
Editorial: RA-MA EDITORIAL

ISBN(13): 9788499647555
Título: MICROCONTROLADOR STM32. PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO. 2018 edición
Autor/es: Jesús María Pestano Herrera
Editorial: RA-MA

ISBN(13): 9788429126204
Título: ESTRUCTURA Y DISEÑO DE COMPUTADORES: LA INTERFAZ HARDWARE/SOFTWARE 2011 edición
Autor/es: John L. Hennessy, David A. Patterson
Editorial: REVERTÉ

ISBN(13): 9781119405375
Título: EXPLORING ARDUINO: TOOLS AND TECHNIQUES FOR ENGINEERING WIZARDRY 2020 edición
Autor/es: Jeremy Blum
Editorial: WILEY

ISBN(13): 9788483223475
Título: TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES. PRINCIPIOS, ALGORITMOS Y APLICACIONES 4ª ed. edición
Autor/es: Proakis, John; Manolakis, Dimitri G.
Editorial: PRENTICE-HALL

ISBN(13): 9788420529998
Título: ELECTRÓNICA 1ª edición
Autor/es: Hambley, Allan
Editorial: PRENTICE-HALL

ISBN(13): 9788436246421
Título: ESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES I (GESTIÓN Y SISTEMAS) 1ª edición
Autor/es: Yeves Gutiérrez, Fernando; Castro Gil, Manuel Alonso; Sebastián Fernández, Rafael; Pérez Molina, Clara; Peire Arroba, Juan; Míguez Camiña, Juan Vicente; Mora Buendía, Carlos De; Mur Pérez, Francisco; López-Rey García-Rojas, África
Editorial: U.N.E.D.

ISBN(13): 9788490353004
Título: FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DIGITALES 2016 edición
Autor/es: Floyd, Thomas L.
Editorial: PEARSON

Es importante consultar y manejar con soltura las hojas de datos de los fabricantes y los recursos disponibles.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Como recursos adicionales para el estudio de la asignatura, se recomiendan los siguientes materiales:

•La guía didáctica de la asignatura.

•Pruebas de evaluación a distancia (PECs).

•Ejercicios teórico-prácticos que el alumno puede usar como ejercicios de autoevaluación (incluidos en los textos base).

•*Software* para la simulación de microcontroladores (QtARMSim) y entornos de desarrollo.

•Tarjetas de desarrollo basadas en microcontroladores STM32 M4 (coma flotante).

Se recomienda al alumno con acceso a Internet que visite las páginas sugeridas en la bibliografía de cada capítulo de los textos base así como hojas de datos de los principales fabricantes.

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: Sí (P3)

Obligatoria: Sí

Es necesario aprobar el examen para realizarlas: Sí (P3)

Fechas aproximadas de realización (P3): Al finalizar los exámenes de febrero / septiembre (las prácticas no presenciales P1 y P2, así como el trabajo previo de la práctica P3, se realizan con anterioridad), según calendario de prácticas de la E.T.S.I. Industriales de la UNED.

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: ver apartado "Sistema de evaluación".

REALIZACIÓN (P3)

Lugar de realización (Centro Asociado/ Sede central/ Remotas/ Online):
Sede central, en el laboratorio de electrónica de la E.T.S.I. Industriales de la UNED.

N.º de sesiones: 1 día (mañana + tarde).

Actividades a realizar: Ejercicios teórico-prácticos y de programación de microcontroladores. Montaje y análisis de sistemas embebidos. Análisis de resultados con instrumental de laboratorio y software científico (por ej. LTspice, Matlab y/o Python). Los alumnos deben llevar a la práctica presencial (P3) el material y el software indicados en el apartado de prácticas del curso virtual.

OTRAS INDICACIONES

Se debe disponer de una tarjeta de desarrollo tipo STM32F4 (disponibles en los principales distribuidores por un coste entre 25 y 35 euros aproximadamente) junto con algunos accesorios de bajo coste (disponibles en los principales distribuidores por un coste entre 10 y 15 euros en total aproximadamente). Se darán más indicaciones en el curso virtual.

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.