

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Embebidos
Clave de la asignatura:	TRC-2006
SATCA¹:	2-2-4
Carrera:	Ingeniería en Sistemas Computacionales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Sistemas Embebidos aporta al perfil del Ingeniero en Sistemas Computacionales conocimientos y experiencias relacionados con la arquitectura de los dispositivos programables de última generación, aportando elementos que le permiten identificar las características de circuitos y sistemas que forman parte de sistemas más complejos, además de desarrollar aplicaciones para resolver problemas específicos.

Para estructurar la materia se parte de los conocimientos y experiencias adquiridos en la materia de Sistemas Programables, cuyos antecedentes están en la cadena de materias que inicia con Principios Eléctricos y Aplicaciones Digitales, continúa con Arquitectura de Computadoras y concluye con Lenguajes de Interfaz

En la primera unidad se hace una introducción a los Sistemas Embebidos, evolución, principios y aplicaciones; identificando las principales familias y sus conceptos básicos. La segunda unidad se centra en el *software* embebido, a partir de los sistemas operativos en tiempo real (*RTOS*), el *firmware* y los lenguajes de programación de alto y bajo nivel que caracterizan una aplicación.

En la tercera unidad se trata el caso de los sistemas embebidos implementados a partir de sistemas programables *FPGA*, con un amplio rango de aplicaciones en sistemas de adquisición de datos y control, en automatización y control de procesos industriales.

La cuarta unidad está dedicada a las redes; desde redes de sensores, hasta redes de sistemas embebidos y sus aplicaciones en: Redes y Transmisión de Datos, Automatización y control de procesos, Industria automotriz, Domótica e Internet de las cosas (IoT).

Las prácticas están orientadas a la solución de problemas de la sociedad, integrando conocimientos y habilidades que contribuyan a la formación integral del estudiante; lo anterior, con la intención de que durante su desarrollo profesional, tenga la capacidad de adaptarse a los cambios tecnológicos.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Intención didáctica

El profesor debe ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de meta-cognición. Ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo hará el profesor, luego será el alumno quien lo identifique. Ejemplos: Identificar las características de la *Advanced Risc Machine* (ARM).
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Ejemplo: buscar, identificar y seleccionar información de fuentes diversas, como las bases de datos: EBSCO, GALE-CENGAGE, THOMSON-REUTERS e IEEEEXPLORE, entre otras.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Ejemplo: Realizar y documentar las prácticas elaboradas dentro y fuera de clase.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo de aplicación. Ejemplos: Atender requerimientos de una propuesta tecnológica sugerida.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios, a las que ésta da soporte, para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante. Ejemplos: identificar y sugerir características específicas de hardware en aplicaciones de sistemas embebidos, *RTOS*, etc.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral. Ejemplos: trabajar las actividades prácticas a través de guías escritas, redactar informes de las prácticas y exponer los resultados y conclusiones obtenidas frente al grupo.
- Facilitar el contacto directo con materiales, herramientas e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental, como identificación, manejo de componentes y trabajo en equipo.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje con el apoyo de plataformas de educación en línea, que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Cuando los temas lo requieran, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante y estimular el uso de simuladores de software para una mejor comprensión de los temas.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Acapulco 25 de Mayo, 2016	Dr. Rolando Palacios Ortega M.T.I. Eloy Cadena Mendoza M.C. José Francisco Gazga Portillo M.A. Javier Sánchez Padilla	Reunión de la Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
Instituto Tecnológico de Acapulco 12 de Mayo, 2020	Dr. Rolando Palacios Ortega M.C. José Francisco Gazga Portillo M.A. Humberto Morales Dominguez Ing. Dagoberto Urzúa Osorio	Reunión en línea de la Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> Resuelve problemas utilizando conocimientos, habilidades y técnicas relacionados con la tecnología de los sistemas embebidos y sus aplicaciones. Comprende la organización y características de los elementos que integran a los sistemas embebidos, incluyendo hardware y software. Identifica dispositivos, lenguajes, RTOS y sus características, para el desarrollo de aplicaciones con sistemas embebidos.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> Aplica microcontroladores en el diseño de interfaces hombre-máquina y máquina-máquina de sistemas programables. Desarrolla software para establecer la interfaz hombre-máquina y máquina-máquina. Desarrolla aplicaciones utilizando Lenguaje Ensamblador, lenguajes de alto nivel y programación híbrida. Comprende y aplica las herramientas básicas de análisis de los sistemas analógicos y digitales para resolver problemas del ámbito computacional. Reconoce diferentes modelos de arquitecturas y recomienda aplicaciones para resolver problemas de su entorno profesional.

6. Temario

UNIDAD	TEMAS	SUBTEMAS
1	Introducción a los Sistemas Embebidos	1.1 Áreas de aplicación 1.2 Conceptos básicos 1.3 ASIC, Procesadores y PSoC 1.4 Sistemas Embebidos y la ARM 1.5 El procesador ARM
2	Software Embebido	2.1 Sistemas Operativos en Tiempo Real (RTOS) 2.2 Firmware 2.3 Lenguajes de programación 2.4 Caso de estudio
3	Sistemas Embebidos con FPGA	3.1 Introducción a los FPGA 3.2 Diseño con FPGA 3.3 Diseño con VHDL 3.4 Desarrollo de aplicaciones 3.5 Caso de estudio con FPGA
4	Redes de Sistemas Embebidos	4.1 Redes de sensores utilizando interfaces normalizadas 4.2 Redes de microcontroladores 4.3 El Internet de las cosas (IoT)

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a los Sistemas Embebidos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Identifica los elementos de los Sistemas Embebidos, principios y aplicaciones.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organización y planificación 	<p>1.1 Motivar al estudiante mostrando aplicaciones actuales y tendencias futuras de los sistemas embebidos.</p> <p>1.2 Definir conceptos básicos de los sistemas embebidos, sus elementos y aplicaciones.</p> <p>1.3 Mostrar un breve panorama de la evolución de los procesadores y sus características.</p> <p>1.4 Analizar la importancia y el impacto de la máquina RISC avanzada (ARM).</p>

<ul style="list-style-type: none"> Comunicación oral y escrita en su propia lengua Capacidad de gestión de la información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas) <p>Competencias interpersonales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Razonamiento crítico Trabajo en equipo Habilidades en las relaciones Interpersonales Compromiso ético <p>Competencias sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje autónomo Adaptación a nuevas situaciones Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) Iniciativa y espíritu emprendedor 	<p>1.5 Profundizar en el estudio de las características del procesador ARM.</p>
<p>Software Embebido</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce la organización de los elementos del software, que se aplica en los sistemas embebidos.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis Capacidad de organización y Planificación Conocimiento de una segunda lengua Capacidad de gestión de la Información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas) Toma de decisiones. 	<p>2.1 Identificar las características de los Sistemas Operativos en Tiempo Real (RTOS).</p> <p>2.2 Utilizar lenguajes de programación de alto nivel en ambientes de sistemas embebidos.</p> <p>2.3 Aplicar lenguajes de programación de sistemas embebidos en entornos Web.</p>

<p>Competencias interpersonales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Razonamiento crítico • Trabajo en equipo • Habilidades en las relaciones Interpersonales • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje autónomo • Adaptación a nuevas situaciones • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Iniciativa y espíritu emprendedor • Búsqueda del logro 	
<p>Sistemas Embebidos con FPGA</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Identifica los principios y aplicaciones de los FPGA en los Sistemas Embebidos.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organización y Planificación • Conocimiento de una segunda lengua • Capacidad de gestión de la Información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas) • Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Razonamiento crítico • Trabajo en equipo • Compromiso ético 	<p>3.1 Identificar la arquitectura y aplicaciones de los dispositivos FPGA.</p> <p>3.2 Utilizar un entorno de diseño IDE, para la programación de dispositivos FPGA.</p> <p>3.3 Aplicar lenguajes para descripción de hardware (HDL).</p> <p>3.4 Implementación de aplicaciones de circuitos combinatoriales y secuenciales, con dispositivos FPGA comerciales.</p>

<p>Competencias sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje autónomo • Adaptación a nuevas situaciones • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Iniciativa y espíritu emprendedor • Búsqueda del logro 	
<p>Redes de Sistemas Embebidos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce las características y aplicaciones de las Redes de Sistemas Embebidos.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organización y Planificación • Conocimiento de una segunda lengua • Capacidad de gestión de la información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas) • Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Razonamiento crítico • Trabajo en equipo • Habilidades en las relaciones Interpersonales • Habilidad para trabajar en un ambiente laboral • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje autónomo 	<p>4.1 Identificar las interfaces normalizadas disponibles en los sistemas embebidos.</p> <p>4.2 Utilizar redes por cable, inalámbricas y mixtas.</p> <p>4.3 Desarrollar aplicaciones en el contexto del Internet de las cosas (IoT).</p>

<ul style="list-style-type: none">• Adaptación a nuevas situaciones• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)• Capacidad para diseñar y gestionar proyectos• Iniciativa y espíritu emprendedor	
--	--

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none">• Análisis de las características de microcontroladores con Arquitectura ARM.• Descarga de un Sistema Operativo en Tiempo Real (RTOS) y configuración de tarjetas de desarrollo comerciales con microcontrolador ARM.• Aplicación de un sistema embebido con software libre, utilizando lenguaje de programación de alto nivel utilizando una tarjeta de desarrollo comercial.• Utilización de un sistema embebido con FPGA, usando lenguaje de descripción de hardware (HDL).• Desarrollo de aplicaciones de Redes de Datos• Uso de sistemas embebidos en aplicaciones del Internet de las cosas (IoT).• Desarrollo de aplicaciones en instrumentación, domótica, industria automotriz, automatización y control de procesos, entre otros.

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none">• Fundamentación: Marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo relacionado con los contenidos de la materia.• Planeación: Con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto; que implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario; el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo, adecuados al contexto y los tiempos estimados.

- **Ejecución:** Consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** Es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de "evaluación para la mejora continua", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo.

10. Evaluación por competencias

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Reportes escritos de las prácticas realizadas durante clase y las actividades inherentes, así como de las conclusiones obtenidas.
- Análisis de la información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Presentación y exposición de cada actividad de aprendizaje. Algunas se evaluarán por equipos.
- La evaluación debe incluir todas las actividades realizadas durante el curso, como: asistencia y participación en clase, plataformas virtuales en línea, o sesiones de videoconferencia y chat a distancia, reportes de investigación documental, informes de prácticas y resultados de exámenes escritos, entre otras.

11. Fuentes de información

- 1.- Barry, Peter & Crowley, Patrick (2012). *Modern Embedded Computing*. Elsevier-Morgan Kaufman. USA.
- 2.- Bell, Charles (2013). *Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi*. Springer-Apress Media. USA.
- 3.- Bindal, A. (2017). *Electronics for Embedded Systems*. Springer International Publishing Switzerland.
- 4.-- Conti, Massimo; Orcioni, Simone; Martínez, Natividad & Seepold, Ralf (2011). *Solutions on Embedded Systems*. Springer. UK.
- 5.- Doncellini, G., Oneto, L., Ponta, D. & Anguita, D. (2019). *Introduction to Digital Systems Design*. Springer International Publishing AG.

- 6.- Dorf, Richard /2006). *Systems, Controls, Embedded Systems, Energy and Machines*. Taylor & Francis Group. USA.
- 7.- Eisenreich, Dan & Demuth, Ryan (2003). *Designing Embedded Internet Devices*. Newnes Press. USA.
- 8.- Galeano, G. (2009). *Programación de sistemas embebidos en C*. Alfaomega Grupo Editor. México.
- 9.- Jiménez, M., Palomera, R. & Couvertier, I. (2014). *Introduction to Embedded Systems*. Springer Science+Business Media New York.
- 10.- LaMeres, B. (2017). *Introduction to Logic Circuits & Logic Design with VHDL*. Springer International Publishing Switzerland.
- 11.- Lee, Edward & Seshia, Sanjit (2015). *Introduction to Embedded Systems, 2nd Edition*. LeeSeshia.org. USA.
- 12.- Mazidi, Muhammad Ali; Naimi, Sarmad & Naimi, Sepehr (2011). *The AVR microcontroller and Embedded Systems. Using Assembly and C*. Pearson-Prentice Hall. USA.
- 13.- Monk, Simon (2013). *Programming the Raspberry Pi*. Mc Graw-Hill. USA.
- 14.- Oshana, Robert (2013). *Software Engineering of Embedded and Real Time Systems*. Elsevier. USA.
- 15.- Parab, Jivan; Shinde, Santosh; Shelake, Vinod; Kamat, Rajanish & Naik, Gourish (2008). *Practical aspects of Embedded System Design using Microcontrollers*. Springer. UK.
- 16.- Pérez, César (2002). *Matlab y sus aplicaciones en las Ciencias y la Ingeniería*. Editorial Pearson-Prentice Hall. España.
- 17.- Tojeiro, Germán (2015). *Taller de Arduino*. Alfaomega Grupo Editor. México.
- 18.- Torrente, Óscar (2013). *Arduino, curso práctico de formación*. Alfaomega Grupo Editor. México.
- 19.- Wolf, Marilyn (2014). *High-Performance Embedded Computing*. Elsevier-Morgan Kauffman. USA.