

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Embebidos
Clave de la asignatura:	TRC-1706
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 y Domótica.

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

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

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 Reduced Instruction Set 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 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.
- 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.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar a los alumnos del curso conocimientos y habilidades relacionados con la tecnología de los procesadores, microcontroladores, dispositivos programables de última generación y sus aplicaciones, a partir de los conceptos de la Arquitectura RISC. • Proporcionar a los alumnos del curso conocimientos y habilidades relacionados con la tecnología de los sistemas embebidos y sus aplicaciones. • Conocer la organización y características de los elementos que integran a los sistemas embebidos, incluyendo hardware y software. • Identificar dispositivos y sus características, para el desarrollo de sistemas embebidos. • Conocer las técnicas utilizadas para el desarrollo de aplicaciones utilizando sistemas embebidos.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Conocer los conceptos fundamentales de los modelos de arquitecturas de cómputo. • Conocer y analizar los bloques que conforman un sistema de cómputo. • Elegir componentes y ensamblar equipos de cómputo • Identificar las diferencias de los sistemas de memoria compartida y los sistemas de memoria distribuida. • Desarrollo de aplicaciones utilizando Lenguaje Ensamblador y programación híbrida.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Arquitecturas IA x86 y ARM	1.1 Conceptos básicos 1.2 Tipos de datos y operaciones 1.3 Modos de direccionamiento

		<p>1.4 Formato de instrucciones</p> <p>1.5 Pipelines IA Core y ARM Cortex</p> <p>1.6 Memoria caché</p> <p>1.7 Sistemas Embebidos y ARM</p>
2	Sistemas estrechamente acoplados	<p>2.1 Arquitecturas sistólicas</p> <p>2.2 Sistemas con memoria compartida</p> <p>2.3 Redes de interconexiones</p> <p>2.4 Topologías cruzadas</p> <p>2.5 Protocolos de coherencia de caché</p> <p>2.6 Modelos de memoria y consistencia de memoria</p>
3	Mejoría en el desempeño	<p>3.1 Predicción de saltos</p> <p>3.2 Arquitecturas Superescalares</p> <p>3.3 Arquitecturas VLIW</p> <p>3.4 Prebúsquedas</p> <p>3.5 Ejecución especulativa</p> <p>3.6 Multihilos</p> <p>3.7 Benchmarks y modelos de evaluación del desempeño</p>
4	Computadoras Multinúcleo	<p>4.1 Conceptos básicos de organización multinúcleo</p> <p>4.2 Organización multinúcleo. Casos de estudio: IA x86 y ARM MPCore</p> <p>4.3 Introducción a topologías de Redes Multiprocesador</p> <p>4.4 Clúster y Redes de Clúster</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a los Sistemas Embebidos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Identificar 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> <p>1.5 Profundizar en el estudio de las</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 • Búsqueda del logro 	<p>características del procesador ARM.</p>
<p>Software Embebido</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Conocer 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>Competencias interpersonales:</p>	<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>

<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>Identificar 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 • Habilidades en las relaciones Interpersonales • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje autónomo • Adaptación a nuevas situaciones 	<p>3.1 Conocer arquitectura y aplicaciones. 3.2 Programar desde un entorno IDE. 3.3 Programación con VHDL. 3.4 Programación con lenguajes de alto nivel 3.5 Desarrollo de aplicaciones.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • 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>Conocer 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 • Adaptación a nuevas situaciones • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos • Iniciativa y espíritu emprendedor • Búsqueda del logro 	<p>4.1 Identificar las interfaces normalizadas disponibles en los sistemas embebidos.</p> <p>4.2 Utilizar redes por cable.</p> <p>4.3 Utilizar redes inalámbricas.</p> <p>4.4 Aplicar redes mixtas</p>

8. Práctica(s)

- Análisis de las características de microcontroladores con Arquitectura ARM.
- Descarga del Sistema Operativo en Tiempo Real (*RTOS*) *RASPBIAN* y configuración de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi con el procesador ARM1176JZF-S.
- Desarrollo de un sistema embebido con software libre, utilizando el lenguaje de programación Python en la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi.
- Desarrollo de un sistema embebido con VHDL, utilizando *FPGA* de Xilinx.
- Desarrollo de aplicaciones de Redes de Datos
- Desarrollo de sistemas embebidos en aplicaciones de domótica.
- Desarrollo de sistemas embebidos en aplicaciones de instrumentación, industria automotriz, automatización y control de procesos industriales.

9. Proyecto de asignatura

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:

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, 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.- Conti, Massimo; Orcioni, Simone; Martínez, Natividad & Seepold, Ralf (2011). *Solutions on Embedded Systems*. Springer. UK.
- 4.- Dorf, Richard (2006). *Systems, Controls, Embedded Systems, Energy and Machines*. Taylor & Francis Group. USA.
- 5.- Eisenreich, Dan & Demuth, Ryan (2003). *Designing Embedded Internet Devices*. Newnes Press. USA.
- 6.- Lee, Edward & Seshia, Sanjit (2015). *Introduction to Embedded Systems*, 2nd Edition. LeeSeshia.org. USA.
- 7.- Mazidi, Muhammad Ali; Naimi, Sarmad & Naimi, Sepehr (2011). *The AVR microcontroller and Embedded Systems. Using Assembly and C*. Pearson-Prentice Hall. USA.
- 8.- Monk, Simon (2013). *Programming the Raspberry Pi*. Mc Graw-Hill. USA.
- 9.- Oshana, Robert (2013). *Software Engineering of Embedded and Real Time Systems*. Elsevier. USA.
- 10.- Parab, Jivan; Shinde, Santosh; Shelake, Vinod; Kamat, Rajanish & Naik, Gourish (2008). *Practical aspects of Embedded System Design using Microcontrollers*. Springer. UK.
- 11.- Pérez, César (2002). *Matlab y sus aplicaciones en las Ciencias y la Ingeniería*. Editorial Pearson-Prentice Hall. España.
- 12.- Tojeiro, Germán (2015). *Taller de Arduino*. Alfaomega Grupo Editor. México.
- 13.- Torrente, Óscar (2013). *Arduino, curso práctico de formación*. Alfaomega Grupo Editor. México.
- 14.- Wolf, Marilyn (2014). *High-Performance Embedded Computing*. Elsevier-Morgan Kaufman. USA.