

Programa del curso CE-5303

Introducción a los Sistemas Embebidos

Área Académica de Ingeniería en Computadores

Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Introducción a los Sistemas Embebidos
Código:	CE-5303
Tipo de curso:	Teórico-Práctico
Electivo o no:	Electivo
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	8
% de las áreas curriculares:	Ciencias de Ingeniería (70%) - Diseño Ingeniería (30%).
Ubicación en el plan de estudios:	Curso del 8º semestre del Programa de Licenciatura en Ingeniería en Computadores.
Requisitos:	CE-4301 – Arquitectura de Computadores I.
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	CE-5600 – Trabajo Final de Graduación.
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	II Semestre de 2018

2 Descripción general

Technology is now as much a part of childhood as riding a bicycle or kicking a football, but going from user to innovator is something we still need to encourage.

Simon Segars. ARM CEO

En este curso, se introducirá al estudiante al diseño de sistemas embebidos, elemento fundamental en la formación académico – profesional en ingeniería en computadores. Se abarcan las características de software y de hardware de dichos diseños, que deben considerarse en la realización de una tarea específica, con énfasis en el estudio sistemas basados en microprocesadores y sistemas en chip (SoC), que pueden incluir un sistema operativo embebido. También se describirán las herramientas de hardware y software necesarias para el diseño de sistemas embebidos. Además, se describirán sistemas operativos en tiempo real en sistemas embebidos, en particular Linux. La programación de los sistemas se realizará en el lenguaje C.

La metodología del curso busca además reforzar ciertas habilidades no técnicas como el trabajo en equipo y la creatividad, así como los valores de responsabilidad, respeto y tolerancia. El desarrollo de estas habilidades y valores permitirá una ejecución óptima de los diferentes proyectos de manera individual y grupal. Adicionalmente se espera reforzar la creación de documentación técnica como artículos científicos, informes y bitácoras de trabajo.

Se espera que el estudiante haya desarrollado las habilidades y conocimientos necesarios en el dominio de las arquitecturas de computadores, de cursos predecesores como Arquitectura de Computadores I (CE-4301) y Taller de Diseño Digital (CE-3201). De igual manera, este curso toma como base los conocimientos adquiridos en el área de los sistemas operativos, provenientes del curso Principios de Sistemas Operativos (CE-4303). Los conocimientos adquiridos en este curso servirán como complemento a los cursos de Proyecto de Diseño de Ingeniería en Computadores (CE-5302) y Trabajo Final de graduación (CE-5600).

En este curso, se pretenden desarrollar, a nivel intermedio (M), los atributos de trabajo individual y en equipo (TE) y diseño (DI), así como la ética y equidad (EE), a nivel inicial (I), según estipulados por la agencia CEAB, correspondientes a los establecidos de acuerdo con el proceso de mapeo de atributos, de la carrera de Ingeniería en Computadores.

Se atenderá caso a caso cualquier necesidad educativa especial, con apoyo del Departamento de Orientación y Psicología y Trabajo Social y Salud de acuerdo con la particularidad de cada caso.

3 Objetivos

Objetivo(s) del curso	Atributo(s) correspondiente(s)	Nivel de desarrollo de cada atributo que se planea alcanzar: Inicial - I, intermedio - M o avanzado - A
1. Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de comprender, aplicar y extender los principios de diseño utilizados en sistemas embebidos modernos, mediante el uso y la creación de herramientas de software y hardware, para tal fin.	Diseño (DI)	M
2. Durante el curso, se desarrollarán en el estudiante habilidades de trabajo individual y en equipo, así como de elaboración de documentación técnica, de manera colaborativa, ordenada y concisa, haciendo uso de principios y valores como la ética, equidad, responsabilidad, respeto y tolerancia.	Trabajo individual y en equipo (TE)	M
	Ética y Equidad (EE)	I

4 Contenidos

Introducción a los sistemas embebidos (0.5 Semanas):

- Definición de sistema embebido.
- Historia y avances de los sistemas embebidos.
- Requisitos para el diseño de sistemas embebidos.
- Clasificación de los sistemas embebidos
- Aplicaciones de los sistemas embebidos.
- Mercado de los sistemas embebidos.

Características de los sistemas embebidos (0.5 Semanas):

- Componentes de hardware y software de un sistema embebido.
- Compromiso entre el hardware y el software.

Herramientas para el diseño de sistemas embebidos (2 semanas):

- Herramientas de software:
 1. Toolchains y *cross-toolchains*.
 2. Simuladores.
 3. Kits de desarrollo de software (SDKs).
- Herramientas de hardware.
 1. Estaciones de trabajo (Host machines).
 2. Tarjetas de evaluación de diseños (EVMs).
 3. Interfaces para la programación y prueba (RS-232, Ethernet, USB, I²C, SPI).
 4. Depuradores y emuladores (On-chip debugging, JTAG, In-circuit emulators).
 5. Analizadores de protocolo.

Programación y arranque de sistemas embebidos (2 Semanas):

- Preprocesadores, compiladores y enlazadores en lenguaje C.
- Desarrollo cruzado (*cross development*)
- Optimización de código.
- Carga de software en el sistema embebido (*Image transfer*).
- Escenarios de arranque de un sistema embebido.
- Secuencia de software para la inicialización de un sistema embebido.

Unidades de procesamiento en sistemas embebidos (2 Semanas):

- Descripción de diferentes arquitecturas (ARM, MIPS, etc.).

- Procesadores RISC y Procesadores de Señales Digitales (DSPs)

Metodología de diseño de sistemas embebidos (2 Semana):

- Metodologías tradicionales de diseño.
- Metodología de co-diseño hardware/software.
- Metodologías de diseño basadas en estándares.
- El ciclo de vida del diseño de sistemas embebidos.
- Exploración del espacio de diseño.

Sistemas en chip (SoC) (4 semanas)

- Fundamentos de SoC.
- Diseño de SoC a nivel de sistema.
- Modelado de especificación.
- Modelos de Computación (MoC).
- Síntesis de alto nivel (HLS).
- Síntesis de Hardware.
- Síntesis de Software.
- MPSoC.

Sistemas operativos para sistemas embebidos (2 Semanas):

- Utilización de procesadores de 32 y 64 bits en el diseño de sistemas.
- Sistemas operativos en tiempo real (RTOS).
- Sistemas operativos para sistemas embebidos.
- Controladores de dispositivos de hardware (Device drivers).

Diseño de sistemas confiables (0.5 Semanas):

- Fallas típicas en sistemas embebidos.
- Fuentes de error en el software y el hardware.
- Seguridad y protección

Sistemas embebidos de baja potencia (0.5 Semanas):

- Fuentes de consumo de energía en los sistemas embebidos.
- Herramientas de perfilado en sistemas embebidos.
- Técnicas de reducción de consumo de energía por hardware y software.

II parte: Aspectos operativos

5 Metodología de enseñanza y aprendizaje

En este curso, se plantean estrategias de aprendizaje activo, individual, social crítico y significativo, por medio de resolución y análisis de problemas, desarrollo de proyectos de diseño y optimización, trabajo de investigación, entre otras técnicas.

Los contenidos del curso serán desarrollados por medio de clases magistrales teórico-prácticas, realizadas por el profesor. Durante las clases, el profesor presentará material teórico y demostraciones, en la primera mitad de la lección, y en la segunda parte, los estudiantes realizarán ejercicios individuales guiados en el laboratorio, empleando herramientas de hardware y de software de código abierto. En periodo extraclasses el estudiante deberá desarrollar tareas teóricas y prácticas, de manera individual y grupal. Asimismo, el estudiante deberá desarrollar los proyectos en forma grupal y colaborativa. El contenido práctico se desarrolla paralelamente con el contenido teórico.

Los requerimientos de los laboratorios y proyectos, así como materiales adicionales serán ubicados en el TEC Digital. Además, al inicio del curso se asignará a cada grupo un kit de desarrollo embebido para el desarrollo de proyectos y tareas. Cualquier dispositivo extra podrá ser dado en préstamo de acuerdo a los proyectos a desarrollar. Cada estudiante y grupo de trabajo requerirá acceso a un computador de escritorio o portátil, con una distribución de GNU Linux.

6 Evaluación

La evaluación del curso se basará en tareas y exposiciones, individuales y en grupo, laboratorios individuales, proyectos grupales y un examen final individual. El estudiante deberá desarrollar dos proyectos de diseño, en grupo, que serán evaluados mediante la presentación funcional, un reporte escrito, una comprobación individual y una bitácora. Adicionalmente, se cuenta con un Proyecto Final de curso, de naturaleza grupal.

Se desarrollarán al menos 5 comprobaciones (quices) teóricos o prácticos, tareas y/o laboratorios que complementen los conceptos desarrollados en la clase.

Los puntos se distribuirán equitativamente dependiendo del número de trabajos por ítem. Dada la naturaleza práctica del curso, no se podrá optar por un examen de reposición.

En resumen, la evaluación se compone de:

Rubro	Valor (%)	Tiempo estimado entrega
I proyecto	15	Semana 6
II proyecto	10	Semana 10
Proyecto Final	30	Semana 16
Quices, tareas y laboratorios	15	1 por semana
Examen Final	30	Semana 15

No hay posibilidad de eximirse del examen final.

7 Bibliografía

Obligatoria:

- [1] Gajski, D. D., Abdi, S., Gerstlauer, A., & Schirner, G. Embedded system design: modeling, synthesis and verification. Springer Science & Business Media, 2009.
- [2] Barry, P., & Crowley, P. Modern embedded computing: designing connected, pervasive, media-rich systems. Elsevier, 2012.
- [3] Noergaard, T. Embedded systems architecture: a comprehensive guide for engineers and programmers. Newnes, 2012.

Complementaria:

- [1] Barr, Michael. Programming Embedded Systems. With C and GNU Development tools. O'Reilly. 2006.
- [2] Barr, Michael. Programming Embedded Systems in C and C++. O'Reilly. 1999.
- [3] Berger, Arnold. Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools and Techniques. CMP Books. 2002.
- [4] Byte Craft Limited. First Steps with Embedded Systems. Byte Craft Limited. 2002.
- [5] Catsoulis, J. Designing Embedded Hardware. O'Reilly, 2005.
- [6] Li, Qing. Real-Time Concepts for Embedded Systems CMP Books. 2003.

- [7] Raghavan, P. Embedded Linux Systems Design and Development. Auerbach Publications. 2006.
- [8] Marwedel, P. Embedded Systems Design. Springer. 2006.
- [9] Wolf, M. High-Performance Embedded Computing. 2nd Edition, Morgan Kaufman, 2012.
- [10] Yaghmour, Karim. Building Embedded Linux Systems. O'Reilly. 2008.
- [11] Wolf, M Computers as Components. 3rd Edition. Morgan Kaufman, 2012.

8 Profesor

Ing. Jeferson González Gómez, MSc.

- Licenciado en Ingeniería Electrónica, ITCR (2013)
- Master en Ingeniería en Electrónica, con énfasis en Sistemas Empotrados, ITCR (2016).
- Ha trabajado como investigador y coordinado el área de control y adquisición de datos en el Laboratorio de Plasmas para la Energía de Fusión y Aplicaciones, ITCR (2012-2015).
- Ha impartido los cursos: EL-5809 Introducción a los Sistemas Embebidos (Ingeniería Electrónica), CE-2201 Laboratorio de Circuitos Eléctricos, CE-3201 Taller de Diseño Digital, CE-4301 Arquitectura de Computadores I, CE-4302 Arquitectura de Computadores II, CE-4202 Taller de Diseño Analógico y CE-5303 Introducción a los Sistemas Embebidos.
- Correo electrónico: jgonzalez@itcr.ac.cr
- Usuario de Skype: jefg89
- Consulta presencial: Viernes 1:00pm – 3:00pm
- Lugar de consulta: Edificio F2, oficina 11.
- Consulta virtual: Foro en TecDigital, correo electrónico, Skype, según disponibilidad.