



Sistemas empotrados

Es común asociar un sistema informático con aquel donde está presente una computadora de propósito general, capaz de realizar procesamiento de datos conforme a los programas que le suministren. Las computadoras, personales o portátiles, generalmente son utilizadas directamente por las personas, mediante interfaces como teclados, ratones o pantallas táctiles, entre otras.

La miniaturización electrónica ha permitido múltiples innovaciones más allá de microprocesadores, memorias, pantallas, teclados, ratones y discos duros. Los dispositivos electrónicos digitales actuales poseen vastas capacidades de cómputo, comunicaciones o almacenamiento, que concentran en muy poco espacio. No todos los usuarios están conscientes de que, dentro de su teléfono celular 'inteligente' hay un complejo sistema informático con muchos componentes: varios microprocesadores, cámara(s), sensores de movimiento, sistema de geoposicionamiento (GPS), procesadores digitales de señales, transmisores-receptores para Bluetooth, Wi-Fi y... telefonía, entre muchos otros.

El contar con microprocesadores o microcontroladores nos permite programar los dispositivos en que estos se encuentren, para desarrollar software que pueda coordinar el trabajo de otros equipos y propiciar la concepción de variadas interacciones entre las personas y su entorno, entre personas y máquinas, y entre máquinas y máquinas.

En muchos sistemas, la computadora y su software están ocultos. Un **sistema empotrado** posee una o más computadoras que se basan en sus propios microprocesadores y que constituyen componentes de un sistema más grande. En tales sistemas, los microprocesadores siguen programas usualmente alojados en memorias de solo lectura, que les permiten realizar funciones de manera *dedicada*, como parte integral de un sistema mayor que comprende *hardware* (partes electrónicas, ópticas o mecánicas) y *software* (programas de cómputo). Las palabras 'embebido', 'incrustado', 'insertado' y 'embutido' son algunos de los sinónimos para 'empotrado' en español.

Los sistemas empotrados están presentes en nuestra vida cotidiana. Nos despierta la alarma de un reloj digital, programamos la grabación de emisiones televisivas, calentamos la comida en hornos de microondas. Conducimos automóviles con computadoras de a bordo que monitorean las señales que envían distintos componentes del vehículo, para reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases; nuestras vidas dependen del correcto funcionamiento sus sistemas de anti-bloqueo de frenos (ABS). En las impresoras láser y de chorro de tinta, los microprocesadores allí presentes ejecutan programas que generan los puntos que conforman caracteres y líneas, así como controlan el movimiento de las partes electromecánicas y ópticas.

de comunicaciones y dispositivos que contienen microprocesadores o microcontroladores. Estos profesionales también construyen software para sistemas empotrados. Esta disciplina se nutre de la Ingeniería en Computación y de la Ingeniería en Electrónica y comenzó a ofrecerla el TEC como '**Ingeniería en Computadores**' en nuestro país a partir del 2009; antes de ese año, la carencia de graduados de esta disciplina limitaba las opciones para la atracción de inversión en ese campo a Costa Rica, así como el diseño y producción de sistemas sofisticados dirigidos hacia mercados internacionales.

Para trabajar en sistemas empotrados, obtienen buenas bases los graduados carreras informáticas con fortalezas en programación y diseño de software, que ofrezcan adecuada cobertura de sistemas operativos, arquitectura u organización de computadoras o microprocesadores, como Ingeniería en Computación del TEC, Ingeniería del Software de la U. Cenfotec, Ciencias de la Computación o Ingeniería del Software de la UCR, o Ingeniería Telemática de la U. Latina.

Graduados de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Electromecánica o Mecatrónica pueden fortalecer sus conocimientos informáticos en Maestrías en Computación, con miras a desarrollar carreras profesionales en desarrollo de software para sistemas empotrados, que también pueden ser ciberfísicos. Otra opción para tales graduados, y también para informáticos, es acceder a la Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Empotrados que ofrece el TEC – cuya con-

centración es en el *hardware* de los sistemas empotrados: sistemas electrónicos, procesamiento digital de señales, interfaces de comunicación, adquisición de datos, así como el diseño, la verificación y la validación de tales sistemas.

Software y hardware empotrados están en la 'ruta crítica' del diseño de sistemas electrónicos e informáticos innovadores. Graduados con conocimientos en sistemas empotrados podrán contribuir a la innovación en dispositivos biomédicos, sistemas de control en automóviles y aviónica, dispositivos de comunicaciones, software y hardware para control y administración de redes informáticas y sistemas de almacenamiento de datos, sistemas de control automático y de medición remota, sistemas para la exploración espacial o submarina, componentes de teléfonos celulares, sistemas de 'Internet de las cosas', automatización de edificios y 'domótica', sistemas de procesamiento de imágenes y visión artificial, sistemas de reconocimiento de voz, tecnología de emisión de sonido e imagen, graficación en dos y tres dimensiones, y mucho más.

Varias empresas ofrecen oportunidades de trabajo para trabajar en el diseño, desarrollo, verificación y validación de sistemas empotrados, entre ellas: RidgeRun (sistemas multimedia), Avionyx (sistemas de seguridad crítica en aviónica), Teradyne (prueba de tecnología electrónica), Hewlett-Packard (software y hardware para redes informáticas), CriTech (software médico), Intel (diseño y validación de sistemas de microprocesadores e Internet de las cosas), Lantern (Internet de las cosas). El desarrollo de capacidades profesionales en Sistemas empotrados impactará positivamente en las posibilidades de Costa Rica para desarrollar más investigación e innovación en los sectores de Tecnologías de Información y Comunicación, Dispositivos Biomédicos y Agricultura de Precisión – entre otros.

Agradecimiento

Ignacio Trejos Zelaya, M.Sc., es profesor de Informática en el Tecnológico de Costa Rica y en la Universidad Cenfotec. Su investigación se centra en Lenguajes de programación, Ingeniería del software y Educación en Informática.

