

C

on Siwa, Costa Rica se inserta como generador de propiedad intelectual en el mundo de Internet de las Cosas

Alfonso Chacón Rodríguez*
alchacon@itcr.ac.cr



Los académicos Alfonso Chacón Rodríguez, Renato Rímolo Donadio, Roberto Molina Robles y Ronny García Ramírez son parte del equipo de investigación de Siwa.

Palabras clave:

Microelectrónica, microprocesador, RISC-V, Siwa.

Al haberse finalizado de manera exitosa las pruebas digitales sobre Siwa, podemos afirmar que ahora Costa Rica se integra al mundo reducido de países que han demostrado la capacidad tecnológica de diseñar un microprocesador RISC completo de 32 bits para aplicaciones de Internet de las Cosas, concebido en su totalidad por profesores y estudiantes de grado y posgrado del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Existe una curiosidad innata, que reconocemos como propia todos los humanos, que nos viene de un impulso por saber, por conocer lo que está más allá y cómo se conecta con nosotros. Esta curiosidad ha sido tanto el germen de nuestros intentos por entender el significado de nuestra aventura sobre la tierra, como la causa que nos ha movido en pos de una vida mejor para nosotros y los nuestros.

Crisis sanitaria

Y en estos momentos, en que el mundo se debate en medio de una crisis sanitaria que nos viene a demostrar cuán lejos estamos aún de dominar el curso de nuestra existencia como especie, es cuando se establece una división fundamental entre aquellos pueblos que han ido más lejos en aprovechar la ciencia y la tecnología para cimentar su independencia económica, y aquellos que seguimos aún

atados a un sistema productivo anticuado y de bajo valor agregado.

La pandemia ha llegado a todos los países en mayor o menor grado y, excepto por aquellos beneficiados por su situación de alguna manera insular, han sido las capacidades económicas y tecnológicas gran parte de las razones que han establecido la diferencia entre los que se han visto avasallados por la enfermedad y los que han logrado controlarla. Costa Rica no ha sido la excepción: si bien dotada de un sistema de protección médica envidiable, el efecto de las restricciones de movilidad y reunión ha retrasado en muchos años los avances en la lucha contra la pobreza, al ser gran parte de nuestra economía altamente dependiente aún de actividades de poco contenido tecnológico.

La ruta del desarrollo tecnológico

Es necesario, por tanto, que Costa Rica proceda en esa ruta del desarrollo tecnológico, en la que ya se encuentra insertada como hogar de varias compañías transnacionales de alta tecnología que construyen dispositivos microelectrónicos, médicos y de otras aplicaciones de software embebido. Inserción exitosa, pero que aún se encuentra en los escalones más bajos, dado el relativamente poco porcentaje de desarrollo e investigación que ejecutan en nuestro país dichas empresas, y que es incluso paupérrimo si consideramos que con muy pocas excepciones, no son de capital nacional (lo que significa producción intelectual cuyos mayores beneficios no quedan en el país).

¿Pero cómo llegar ahí? ¿Cómo dar el salto? Esas son las preguntas que por muchos años nos hemos hecho en el TEC, donde se ha vuelto claro que, para saber correr hay que caminar, desarrollar los conocimientos fundamentales que sirven de basamento para una industria de alta tecnología. Y, como hito destacable de la revolución digital, es claro que no existe un dispositivo electrónico más representativo que el microprocesador: esa máquina pequeña de tamaño, pero gigantesca en complejidad, capaz de resolver complicadas ecuaciones y controlar sistemas tan grandes como la red de distribución eléctrica de un país o el sistema financiero mundial; o tan chicos como el implantable médico encargado de monitorear impulsos cerebrales en un enfermo de epilepsia; o de regular el flujo de insulina en un paciente diabético.

Los primeros microprocesadores fueron desarrollados durante los años 70 del siglo pasado, apoyándose en los modelos de computación de Von Neuman y otros investigadores. No tardarían en revolucionar el mundo como impulsores primero de las microcomputadoras, una marejada de innovación que llevó en los años 80 a las computadoras portátiles y en los 90 a los sistemas embebidos que hoy están por doquier: en nuestros bolsillos en forma de teléfono celular; en nuestros electrodomésticos; a bordo de los aviones; y hasta en nuestros automóviles.

Consortio RISC-V

Pero esta tecnología, que pareciera ya superada, no deja de progresar, llevándonos hoy a la frontera de la inteligencia artificial y sus promesas por resolver algunos de los problemas más agudos con que se enfrenta al humanidad. Y no obstante, hasta hace algunos años, eran muy escasos los actores que participaban en su desarrollo, concentrado alrededor de tres compañías como Intel, ARM y AMD, y algunas otras de menor tamaño y nichos de mercado reducidos.

La creación del consorcio RISC-V por parte de la Universidad de Berkeley y la liberación de la arquitectura del juego de instrucciones y el modelo de programación necesarios para el uso de esta propuesta de microprocesador, ha vuelto a abrir el camino a miles de desarrolladores de hardware y software en todo el mundo: ya no es necesario ser un gigante como Google o Facebook con el dinero necesario para poder crear tu propio microprocesador. Es únicamente requisito dominar el conocimiento de cómo construir un circuito microelectrónico tan complejo, algo que, no obstante, no es cosa que se aprende de un día para otro.

Empujón tecnológico

Ha sido esta nivelación del terreno económico la que nos impulsó a dar este primer paso a un grupo de profesores y estudiantes del TEC, que habiendo aprendido sobre microelectrónica avanzada durante nuestros estudios en el extranjero o en la industria establecida en el país, y participado en el diseño exitoso de varios circuitos integrados, nos dimos cuenta de que resultaba posible, con solo capital humano costarricense, probar la capacidad de un pequeño equipo de costarricenses para acometer este envión tecnológico: el primer microprocesador RISC de 32 bits totalmente diseñado en Costa Rica, desde la concepción de su micro-arquitectura digital hasta el diseño físico a nivel de transistor y conexiones eléctricas, y que ha sido fabricado en un proceso CMOS comercial aún muy atractivo y de mucha presencia en el mercado: 180 nm.

Siwa, así llamado nuestro microprocesador, que en lengua cabécar significa "sabiduría ancestral", ha sido ya sometido a gran cantidad de pruebas, las que ha superado con éxito. Siwa es programable desde C a través del juego de herramientas abierto para RISC-V, y es capaz

de comunicarse por dos puertos estándar y enviar datos a una computadora y a otros dispositivos inteligentes. Posee una interfaz que le permite al usuario monitorear y guiar su procesamiento.

Siwa, además, se ha integrado en conjunto con una serie de periféricos y funciones especiales que apuntan a su uso como microcontrolador en un sistema biomédico implantable de estímulo de tejidos (cuya sección de estímulo analógico fue desarrollada en la Universidad Católica del Uruguay; para más detalles técnicos sobre todo el sistema, ver [1, 2, 3, 4]).

En este momento, Siwa está siendo probado sobre una placa de circuito impreso precisamente en conjunto con el chip de estímulo de tejidos, que ya se ha verificado por separado. Y se encuentra en fabricación una segunda versión mejorada, en que tanto Siwa como la unidad de estímulo se integran ya en un solo chip de apenas 2,5 mm por 5 mm.

Siwa es una piedra angular sobre la que ya Costa Rica puede reclamar su lugar como uno de los pocos países en el mundo que posee el *know-how* necesario para integrarse como proveedor de tecnología de punta en el mundo del Internet de las Cosas. Porque la base fundamental de Siwa le permite adaptarse a todas aquellas aplicaciones que requieran un microprocesador RISC de 32 bits de bajo consumo de potencia, potenciada por la compatibilidad de su programación a través de las herramientas del consorcio RISC-V, de uso mundial.

Es decir, que ahora es posible en el país el generar sistemas avanzados sin la necesidad de cubrir licencias de propiedad intelectual restrictivas e impagables para empresas tecnológicas incluso de tamaño mediano.

1 Ronny Garcia-Ramirez, Alfonso Chacon-Rodriguez, Roberto Molina-Robles, Reinaldo Castro-Gonzalez, Egdar Solera-Bolanos, Gabriel Madrigal-Boza, Marco Oviedo-Hernandez, Diego Salazar-Sibaja, Dayhana Sanchez-Jimenez, Melissa Fonseca-Rodriguez, Johan Arrieta-Solorzano, Renato Rimolo-Donadio, Alfredo Arnaud, Matias Miguez, Joel Gak, "Siwa: A custom RISC-V based

system on chip (SOC) for low power medical applications," *Microelectronics Journal*, volumen 98, April 2020. <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2020.104753>

- 2 R. Garcia-Ramirez, A. Chacon-Rodriguez, R. Castro-Gonzalez, A. Arnaud, M. Miguez, J. Gak, R. Molina-Robles, G. Madrigal-Boza, M. Oviedo-Hernandez, E. Solera-Bolanos, D. Salazar-Sibaja, D. Sanchez-Jimenez, M. Fonseca-Rodriguez, J. Arrieta-Solorzano, and R. Rimolo-Donadio "SIWA: a RISC-V 32I based Micro-Controller for Implantable Medical Applications," *11th IEEE Latin American Symposium on Circuits & Systems 2020 (LASCAS)*, San Jose, Costa Rica, February 25-28, 2020.
- 3 Arnaud, M. Miguez, J. Gak, R. Puyol, R. Garcia-Ramirez, E. Solera-Bolanos, R. Castro-González, R. Molina-Robles, A. Chacon-Rodriguez, R. Rimolo-Donadio "A RISC-V based medical implantable SoC for high voltage and current tissue stimulus," *11th IEEE Latin American Symposium on Circuits & Systems 2020 (LASCAS)*, San Jose, Costa Rica, February 25-28, 2020.
- 4 Agis, Leonardo, D. Hardy, K. Nakasone, Alfredo Arnaud, Joel Gak, M. Miguez, Ronny Garcia-Ramirez, Alfonso Chacón-Rodríguez, and Renato Rimolo-Donadio. "Integrated Programmable Current Source for Implantable Medical Devices." In *2020 IEEE 11th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS)*, San Jose, Costa Rica, February 25-28, 2020. pp. 1-4. ■

*Alfonso Chacón Rodríguez es profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Tiene un Doctorado en Ingeniería y sus intereses de investigación actuales incluyen herramientas abiertas para el diseño físico en VLSI, microarquitecturas de procesamiento abierto, síntesis de alto nivel en FPGA, simulación acelerada de hardware mediante procesamiento multi-FPGA y circuitos integrados analógicos para aplicaciones de alta temperatura.