

En la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación

Premio Fronteras del Conocimiento a Alberto Sangiovanni Vincentelli por transformar el diseño de chips desde un proceso artesanal a la industria automatizada que hace posible los dispositivos electrónicos del mundo actual

- **Sus contribuciones han “transformado radicalmente” la creación de chips** mediante herramientas de software que han permitido automatizar el proceso de diseño y construcción de circuitos electrónicos, impulsando así “la industria moderna de semiconductores”, según destaca el acta del jurado
- **A lo largo de cinco décadas de trabajo, sus técnicas de automatización** de diseño electrónico han facilitado el desarrollo de los chips en los que se basa el funcionamiento de los ordenadores y teléfonos inteligentes, así como de los microprocesadores instalados en automóviles, aviones, electrodomésticos y numerosos dispositivos de uso diario
- **El galardonado ha sido un “prolífico inventor” y un “extraordinario mentor”** que ha creado escuela a nivel mundial desde la Universidad de Berkeley y, además, fundador de Cadence y Synopsis, dos empresas que son hoy el referente en la industria electrónica mundial por desarrollar los programas de software utilizados para el diseño de los chips presentes en todos los dispositivos electrónicos del planeta

El Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Tecnologías de la Información y la Comunicación ha sido concedido en su decimoquinta edición al profesor Alberto Sangiovanni Vincentelli (Universidad de California en Berkeley) por “transformar radicalmente” el diseño de los chips en los que se basa el funcionamiento de todos los dispositivos electrónicos actuales, impulsando así “la industria moderna de los semiconductores”, según el acta del jurado.

8 de febrero de 2023

“Al proporcionar herramientas de *software* para facilitar la creación de chips complejos, posibilitó una explosión mundial de diseño de circuitos integrados, abarcando la investigación, la industria y el mundo académico”, continúa el jurado. “El profesor Sangiovanni Vincentelli creó un rico ecosistema de técnicas de automatización del diseño electrónico que revolucionaron la forma en que se construyen los sistemas informáticos, técnicas que siguen siendo fundamentales hoy”.

Además de realizar contribuciones científicas trascendentales que han dado lugar a líneas enteras de investigación, Sangiovanni Vincentelli –catedrático de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en Berkeley– cofundó dos empresas, Cadence y Synopsys, que “impulsan en conjunto toda la industria de los semiconductores”, destaca el acta, ya que “sus herramientas de diseño se utilizan en todos y cada uno de los chips electrónicos que se construyen hoy en día”. Su candidatura al Premio Fronteras del Conocimiento recibió 28 nominaciones, tanto institucionales como individuales, entre ellas las de Barry Barish, Premio Nobel de Física (2017), y Joseph Sifakis, Premio Turing (2007).

El galardonado ha transformado el diseño de chips gracias a tres aportaciones fundamentales. En primer lugar, propuso un método para acelerar las simulaciones de circuitos electrónicos, que resultó esencial para convertirlas en una herramienta realmente útil. Desarrolló también un sistema para generar circuitos automáticamente a partir de lenguajes de descripción de *hardware*. Por último, creó un programa para distribuir los múltiples componentes de un circuito de manera que se maximizara el rendimiento y se minimizara el consumo energético.

Ronald Ho, director sénior de Ingeniería del Silicio de Meta y secretario del jurado, define a Sangiovanni Vincentelli como “el facilitador de la industria de los chips, ya que sus contribuciones científicas han transformado el mundo de la electrónica”, sobre la que descansan todos los dispositivos y sistemas tecnológicos presentes en nuestra vida cotidiana, desde los ordenadores personales y los teléfonos móviles hasta los microprocesadores instalados en automóviles, aviones y electrodomésticos: “La durabilidad de sus ideas está a la vista porque las dos empresas que fundó para aplicarlas al desarrollo tecnológico ahora impulsan totalmente la industria de los semiconductores. Los chips que utilizamos hoy se han construido gracias a las ideas que Sangiovanni Vincentelli consiguió reunir”.

“En los inicios de la industria informática”, explica Ho, “los chips de silicio eran relativamente sencillos, ya que contenían pocos transistores y podían ser diseñados manualmente. Hoy, en un

8 de febrero de 2023

smartphone moderno, los chips contienen miles de millones de transistores, así que ¿cómo fue posible que pasáramos de fabricar chips a mano, con unos pocos miles de transistores, a los complejos chips actuales? La respuesta es que lo logramos gracias al trabajo del galardonado”.

Jordi Cortadella, catedrático de Ciencias de la Computación de la Universitat Politècnica de Catalunya, fue alumno del galardonado durante una estancia posdoctoral en la Universidad de Berkeley a finales de los años 80, y posteriormente ha colaborado con él, co-firmando varios trabajos de investigación. “Hay que tener en cuenta”, afirma este experto, “que los chips de los dispositivos electrónicos actuales contienen miles de millones de transistores de dimensiones nanométricas [un nanómetro equivale a la mil millonésima parte de un metro], y por tanto, es imposible diseñarlos manualmente. Las herramientas impulsadas por Sangiovanni Vincentelli permitieron diseñar automáticamente los circuitos y esto permitió que la producción de chips creciera exponencialmente a escala mundial”.

La simulación de circuitos para ‘testar’ chips antes de fabricarlos

Tras terminar la carrera de ingeniería eléctrica en el Politécnico de Milán en 1971, Sangiovanni Vincentelli comenzó a trabajar como investigador en esa misma universidad. Poco después, en 1975, se mudó a Berkeley y orientó su investigación hacia aspectos muy teóricos de la electrónica como el diseño de algoritmos de análisis numérico. Sus colegas le animaron a estudiar si sus algoritmos podían tener aplicación en el diseño de circuitos.

Un chip es una oblea de silicio sobre la que se dispone un gran número de transistores y otros componentes electrónicos en miniatura formando un circuito. Estos circuitos electrónicos son los que realizan los complejos cálculos de nuestros ordenadores, muestran el canal de televisión que pulsamos en el mando a distancia o encienden una luz de alerta cuando la presión de las ruedas del coche está baja.

Para realizar cada una de estas funciones en los dispositivos electrónicos que utilizamos todos los días, se necesita un conjunto específico de transistores conectados de la manera adecuada. Cuando Sangiovanni Vincentelli comenzó su carrera investigadora, este proceso se realizaba a mano, eligiendo cada componente, conectándolos uno a uno hasta formar el circuito deseado y comprobando que efectivamente realizaban la función prevista.

Incluso en aquella época, los chips ya contenían cientos de transistores, con lo que el proceso era laborioso, “muy, muy aburrido”, recuerda el premiado, y sujeto a errores en cada paso del diseño. Era “un proceso más artesanal que científico”, un proceso que, según el jurado del

8 de febrero de 2023

premio, Sangiovanni Vincentelli acabaría transformando radicalmente.

“Todos estamos familiarizados con la miniaturización histórica de las características de los chips expresada en la ley de Moore, pero el aumento resultante en la densidad de los circuitos condujo rápidamente a diseños de chips en crecimiento descontrolado, tan complejos como una gran ciudad e igual de imposibles de diseñar manualmente”, explica el acta del jurado.

Ya entonces existía un programa informático, denominado SPICE, capaz de simular el comportamiento de estos componentes, que permitía comprobar el funcionamiento de un circuito electrónico sin necesidad de construirlo físicamente. Sin embargo, para lograrlo, el programa tenía que resolver una serie de ecuaciones matemáticas bastante complejas. Para los circuitos más elaborados, el programa tardaba tanto en llegar a una solución que su utilidad práctica era sumamente limitada.

Sangiovanni Vincentelli se dio cuenta de que sus conocimientos de análisis numérico podían ser de ayuda para acelerar esta simulación, y diseñó un nuevo conjunto de algoritmos que, según explica, “cambiaban la manera de ver la solución de estas ecuaciones”. Gracias a ellos, se pudieron simular circuitos complejos en tiempos razonables, permitiendo verificar que un circuito funcionaba correctamente en cuestión de segundos. El avance supuso, además, un gran ahorro económico, al permitir comprobar la funcionalidad del circuito antes de ser fabricado físicamente”.

Antes del avance de Sangiovanni Vincentelli, apunta Ho, “cualquier persona, para comprobar que sus ideas funcionaban, tenía que construir el circuito y tardaba meses en hacerlo. Cuando por fin terminaba y era capaz de medir el resultado, si se daba cuenta de que algo no iba bien, tenía que volver a empezar. Ahora, en lugar de echar varios meses a perder, tarda unos 20 segundos en simularlo y enseguida se da cuenta de si funciona como quiere o no”.

“El *hardware* no es como el *software*, que te permite revisar el programa cuando has cometido un error y entregar una nueva versión corregida. En el caso del *hardware*, cuesta millones de dólares diseñar un chip. Si te equivocas en un solo transistor, ya no funciona”, explica por su parte Cortadella. “Por ello, tienes que garantizar que cuando se fabrica, va a funcionar y esto es lo que permiten las herramientas de simulación creadas por Sangiovanni Vincentelli”.

Circuitos diseñados a partir de comandos sencillos de programación

El premiado también simplificó en gran medida la creación de los propios circuitos. Para

8 de febrero de 2023

implementar una operación tan básica como la suma de dos números, un circuito puede requerir millones de componentes, y elegir cuáles son y cómo disponerlos es una tarea compleja. Cuando el galardonado comenzó su andadura en la electrónica, existían personas especializadas en elegir todos los componentes y formar un circuito que realizara una tarea dada. Era un trabajo arduo que Sangiovanni Vincentelli estaba dispuesto a mejorar, empleando sus conocimientos matemáticos.

“El proceso de construir un circuito electrónico desde que tengo la idea de lo que quiero conseguir hasta que lo implemento en un pedazo de silicio se compone de una serie de pasos”, explica el premiado. “Una vez que se define matemáticamente de manera precisa cómo son estos pasos, entonces puedes construir herramientas de *software* que los automatizan”, añade.

Así, su segunda contribución destacada fue inventar un programa capaz de generar circuitos a partir de comandos sencillos de programación. Gracias al premiado, cuando se diseña un circuito basta con formular la tarea que se quiere realizar en un lenguaje comprensible por el ordenador, para que automáticamente éste genere el conjunto de componentes que llevan a cabo la función deseada.

Además, el premiado desarrolló maneras de verificar automáticamente que la correspondencia entre la función del circuito formulada por el código del programa y los componentes generados para diseñar el chip era la correcta. Sin esta comprobación, los circuitos resultantes podrían dar lugar a errores que quedarán ocultos entre tal profusión de componentes.

La optimización del diseño de chips sin apenas intervención humana

Por último, el galardonado reparó en que la disposición geométrica de todos estos componentes podía ser clave para que el circuito tuviera un mayor rendimiento o un consumo energético menor. Por eso automatizó también esta parte del diseño de circuitos, desarrollando algoritmos que proponían la colocación óptima según se prefiriera maximizar el rendimiento o minimizar el consumo.

Con estas tres aportaciones, el galardonado posibilitó “el diseño de circuitos muy complejos sin apenas intervención humana”, como él mismo destaca, permitiendo a las personas centrarse en los aspectos creativos del diseño sin tener que preocuparse por los detalles más tediosos y susceptibles de errores fatales.

Así, el trabajo de Sangiovanni Vincentelli ha abierto la puerta a fabricar chips muchísimo más

8 de febrero de 2023

complejos de lo que era posible anteriormente. “En 1975, el chip más grande tenía unos 2.000 transistores”, recuerda el premiado, “y los de hoy en día tienen más de 2.000 millones de transistores”.

Los tres aspectos clave a los que ha contribuido, destaca Ho, “parecen una serie de pasos naturales, pero cada uno de ellos fue fundacional e inauguró líneas enteras de investigación dentro de la industria de los semiconductores”.

Un referente en la industria electrónica mundial

Sangiovanni Vincentelli no solo ha sido, en palabras del jurado, un “prolífico inventor” y un “extraordinario mentor” que ha creado escuela mundial desde Berkeley, sino que además su legado ha traspasado las fronteras de la universidad y se ha asentado como referente mundial también en la industria.

El premiado, sin embargo confiesa que no se considera “un emprendedor, porque un emprendedor es alguien que tiene una idea brillante y funda una empresa maravillosa. Pero en mi caso no fue eso lo que ocurrió”.

En realidad, las herramientas que desarrolló el galardonado llamaron la atención de muchas empresas ya desde la década de 1980, que comenzaron a utilizarlas puesto que estaban a libre disposición de cualquier persona interesada. Fueron estas mismas compañías quienes insistieron en que Sangiovanni Vincentelli debía integrarse en el tejido empresarial para comercializar sus soluciones de diseño de circuitos.

Así, en 1983 nació la empresa Cadence, y en 1987 la siguió Synopsys. Ambas comenzaron con equipos de solo tres personas, pero hoy son multinacionales con oficinas distribuidas por todo el mundo en las que trabajan más de 10.000 personas. “Al principio eran complementarias”, relata el premiado, ya que cada una se encargaba de un aspecto diferente del diseño. Pero para 1991 comenzaron a competir, así que tuve que elegir con cuál seguiría trabajando. Fue una decisión muy dura, pero me quedé en Cadence”, donde Sangiovanni Vincentelli sigue siendo miembro del consejo de dirección y ejerciendo como asesor técnico. “Es como uno de mis hijos”, asegura.

Hoy en día, ambas empresas son fundamentales en la industria del silicio, y desde Apple hasta Intel, Tesla o Boeing emplean la tecnología diseñada por ellas. “Todos y cada uno de los chips, todo el mundo en la industria, utiliza herramientas de Cadence o de Synopsys, normalmente de

8 de febrero de 2023

las dos”, afirma Ho. Además, el galardonado ha asesorado a una serie de empresas, desde General Motors en su base tecnológica, particularmente en el diseño de los componentes electrónicos de sus coches, a Pirelli para inventar unos chips que se insertan en los neumáticos y monitorizan el agarre en tiempo real.

Sin embargo, Sangiovanni Vincentelli siempre ha tenido muy claro que su conocimiento debía estar disponible para cualquier persona que lo quisiera utilizar y desarrollar, primando el avance del conocimiento sobre los intereses económicos. “Somos una universidad, nuestra misión es enseñar pero también hacer que la ciencia avance. Y ¿cómo puedes hacer que avance la ciencia si no dejas que la gente utilice tu trabajo?”, plantea.

Por ello, las herramientas que él desarrolló son de libre acceso, y cualquiera puede utilizarlas para mejorar el diseño de sus chips. El éxito de sus empresas se basa en ofrecer soluciones fundamentadas en la investigación universitaria, pero orientadas específicamente a las necesidades de sus clientes.

Futuras aplicaciones en biología sintética y desarrollo de fármacos

Ahora, Sangiovanni Vincentelli se ha enfocado hacia otras áreas en las que la automatización del diseño puede ser de utilidad, como los automóviles, los aviones o los edificios. “Como hemos sido capaces de dominar la complejidad del diseño de sistemas electrónicos, ahora estamos pensando en cómo extender las herramientas y los algoritmos que desarrollamos a campos diferentes”, afirma.

Aunque, según explica, existen propuestas de utilizar la inteligencia artificial para llevar a cabo este proyecto, el galardonado no considera que el aporte de estas técnicas vaya a ser transformador. “No se puede hacer todo con el aprendizaje automático”, valora, porque los resultados serían peores que empleando las técnicas bien conocidas de la disciplina. “Conocemos los principios físicos que hay detrás del diseño, y empleándolos podemos garantizar que nuestras herramientas funcionan”.

El premiado destaca un área que, en su opinión, se beneficiará especialmente de la automatización del diseño: la biología. Su aspiración es diseñar fármacos eficaces minimizando los efectos secundarios e incluso crear formas de vida sintética capaces de realizar funciones específicas que ayuden en el tratamiento de enfermedades. “Ahora”, asegura, “todo esto es posible”.

8 de febrero de 2023

Nominadores

Alberto Sangiovanni Vincentelli ha recibido un total de 28 nominaciones, tanto institucionales como personales, para el Premio Fronteras del Conocimiento. Las instituciones nominadoras han sido Cadence Design Systems (Estados Unidos); el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones del Politécnico de Turín (Italia); la firma italiana ELT; la Facultad de Ingeniería de la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos); la Fundación Instituto Italiano de Tecnología; la Fundación Silvio Tronchetti Provera (Italia); Mechatronic Application Research Center (Grupo Camozzi) (Italia), y ST Microelectronics, Analog, MEMS and Sensor Group (Suiza).

También han nominado Karl Johan Åström, de la Universidad de Lund (Suecia); Barry Barish, del Instituto Tecnológico de California (Estados Unidos) y premio Nobel de Física 2017; Alvisio Bonivento, de Indaco Venture Partners (Italia); Claudio Giovanni Demartini, del Politécnico de Turín (Italia); Srinivasa Devadas, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos); Alessandro Ferrero, del Politécnico de Milán (Italia); Tom Henzinger, del Instituto de Ciencia y Tecnología de Austria; Avinoam Kolodny, del Technion-Instituto Tecnológico de Israel; Edward Lee, de la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos); Sharad Malik, de la Universidad de Princeton (Estados Unidos); Giovanni De Micheli, de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza); Greg Papadopoulos, de New Enterprise Associates (Estados Unidos); George J. Pappas, de la Universidad de Pensilvania (Estados Unidos); Daniele Pecchini, de Grupo Camozzi (Italia); Dario Petri, de la Universidad de Trento (Italia); Pasquale Pistorio, de la Fundación STMicroelectronics (Suiza); Jim Plummer, de la Universidad de Stanford (Estados Unidos); Andrea Ruckstuhl, de Lendlease (Italia); Joseph Sifakis, del Laboratorio Verimag (Francia) y Premio Turing 2007; y John Shoven, de la Universidad de Stanford (Estados Unidos).

Biografía del premiado

Alberto Sangiovanni Vincentelli (Milán, Italia, 1947) obtuvo el título de *Dottore in Ingegneria* en Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación en el Politécnico de Milán (Italia) en 1971 y en 1976 ya se había incorporado a la Universidad de California en Berkeley (EE. UU.), donde hoy es titular de la Cátedra Edgar L. y Harold H. Buttner de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación. Ha sido, también, científico visitante en el Departamento de Ciencias Matemáticas del Centro de Investigación T.J. Watson de IBM y profesor visitante en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, así como en numerosas universidades italianas.

8 de febrero de 2023

Es autor de más de 1.000 artículos científicos (índice h de 124), 19 libros y 2 patentes en el área de herramientas y metodologías de diseño, sistemas de gran escala, sistemas embebidos, sistemas híbridos e innovación, por lo que se le considera uno de los principales creadores del área de la automatización de diseño electrónico (EDA, según sus siglas en inglés).

Ha constituido varias empresas y, en particular, es cofundador de dos compañías pioneras en EDA: Cadence y Synopsys. Además, forma o ha formado parte de consejos de diversa índole en firmas como KPIT Technologies (India), Sonics, Expert Systems y General Motors (EE. UU.), UltraSoC (Reino Unido) y ST Microelectronics o Value Partners (Italia). Su actividad de consultoría abarca un amplio número de empresas en todo el mundo: desde Bell Labs o Intel hasta BMW y Daimler-Chrysler, pasando por Fujitsu, Kawasaki Steel o Sony. En el ámbito público ha participado en varios organismos rectores de la Iniciativa de Tecnología Conjunta ARTEMIS de la Unión Europea y en instituciones oficiales de Italia y Singapur.

Jurado y Comité Técnico de Tecnologías de la Información y la Comunicación

El jurado de esta categoría ha estado presidido por **Joos Vandewalle**, presidente de honor de la Real Academia Flamenca de Ciencias y Artes de Bélgica y catedrático emérito del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Lovaina; y ha contado como secretario con **Ron Ho**, director sénior de Ingeniería de Silicio en Meta (Estados Unidos). Los vocales han sido **Regina Barzilay**, *Distinguished Professor* de Inteligencia Artificial y Salud en la Escuela de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Estados Unidos); **Georg Gottlob**, catedrático de Informática en la Universidad de Oxford (Reino Unido) y en la Universidad Tecnológica de Viena (Austria); **Oussama Khatib**, catedrático de Ciencias de la Computación y director del Laboratorio de Robótica en la Universidad de Stanford (Estados Unidos); **Rudolf Kruse**, catedrático en la Facultad de Ciencias de la Computación de la Universidad Otto von Guericke de Magdeburgo (Alemania); y **Mario Piattini**, catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Castilla-La Mancha.

El **Comité Técnico de Apoyo**, encargado de la preevaluación de las nominaciones, ha estado coordinado por **Marisol Martín González**, coordinadora del Área Global Materia y profesora de investigación en el Instituto de Micro y Nanotecnología (IMN-CNM) del CSIC, e integrado por **Alberto Ibáñez Rodríguez**, científico titular en el Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información Leonardo Torres Quevedo (CSIC); **Luis Fonseca Chácharo**, profesor de investigación en el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM), CSIC; y **Felip Manyà Serres**, científico titular en el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA), CSIC.

8 de febrero de 2023

Sobre los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

La Fundación BBVA tiene como foco de su actividad el fomento de la investigación científica y la creación cultural de excelencia, así como el reconocimiento del talento.

Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, dotados con 400.000 euros en cada una de sus ocho categorías, reconocen e incentivan contribuciones de singular impacto en las ciencias físicas y la química, la matemática, la biología y la biomedicina, la tecnología, las ciencias del medio ambiente (cambio climático, ecología y biología de la conservación), la economía, las ciencias sociales, las humanidades y la música, en especial aquellas que amplían significativamente el ámbito de lo conocido en una disciplina, hacen emerger nuevos campos o tienden puentes entre diversas áreas disciplinares. El objetivo de los galardones, desde su creación en 2008, es celebrar y promover el valor del conocimiento como un bien público sin fronteras, que beneficia a toda la humanidad, siendo la mejor herramienta para afrontar los grandes desafíos globales de nuestro tiempo y ampliar la visión del mundo de cada individuo. Sus ocho categorías atienden al mapa del conocimiento del siglo XXI.

En la evaluación de las nominaciones al Premio Fronteras del Conocimiento en la categoría de Tecnologías de la Información y la Comunicación, procedentes de numerosas instituciones y países, la Fundación BBVA ha contado con la colaboración de la principal organización pública española de investigación, el CSIC. El Consejo Superior de Investigaciones Científicas participa de manera preferente en la designación de los miembros de los Comités Técnicos de Apoyo, integrados por destacados especialistas del correspondiente ámbito de conocimiento, que llevan a cabo la primera valoración de las candidaturas, elevando al jurado una propuesta razonada de finalistas. El CSIC designa, además, la presidencia de cada uno de los ocho jurados en las ocho categorías de los premios y colabora en la designación de todos sus demás integrantes, contribuyendo así a garantizar la objetividad en el reconocimiento de la excelencia científica.

PUEDE DESCARGAR ENTREVISTAS Y FOTOGRAFÍAS DE LOS PREMIADOS EN
<https://www.dropbox.com/t/fetavNy8ZihyrXag>

XV Edición
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento



www.premiosfronterasdelconocimiento.es

8 de febrero de 2023

CONTACTO:

Departamento de Comunicación y Relaciones Institucionales

Tel. 91 374 52 10 / 91 374 81 73 / 91 537 37 69

comunicacion@bbva.es

Para información adicional sobre la Fundación BBVA, puede visitar: www.bbva.es