

## Metodologías de Diseño para Sistemas Embebidos

**Marcelo A. Tosini, Elias Todorovich, Martín Vázquez, Lucas Leiva, Claudio Aciti, José Marone, Oscar Goñi, Luis Pantaleone, Nelson Acosta, Hugo Curti, Juan Manuel Toloza, Carlos Kornuta**  
**Grupo Inca/Intia**  
**Departamento de Computación y Sistemas**  
**Facultad de Ciencias Exactas**  
**Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires**  
**Tandil – Buenos Aires - Argentina**  
*mtosini@exa.unicen.edu.ar*

### RESUMEN

Se presentan los aspectos relevantes de un proyecto de investigación y desarrollo abordado en el grupo Inca del Instituto Intia de la UNCPBA. Este proyecto fue oportunamente aprobado en el marco de los incentivos a la investigación y busca como objetivos generales el trabajo conjunto tendiente a desarrollar tecnologías para el manejo de dispositivos en sistemas embebidos.

Conjuntamente se realiza la formación de varios de los integrantes quienes se encuentran realizando sus estudios de posgrado en temas afines al proyecto.

El proyecto busca desarrollar tareas de investigación y desarrollo en temas relacionados a los sistemas embebidos, tanto en aspectos de software como de hardware. De este modo se busca desarrollar soluciones a problemas en áreas como visualización, optimización de sistemas operativos de tiempo real, sensores, etc. no solo desde el punto de vista algorítmico sino a partir de su implementación en sistemas de hardware programable como FPGAs.

**Palabras clave:** *sistemas embebidos, tiempo real, procesamiento de imágenes, aritmética decimal.*

### CONTEXTO

El proyecto presentado aborda distintos aspectos de metodologías de diseño de sistemas embebidos tales como tratamiento de imágenes y video, tiempo real y manejo de prioridades en sistemas operativos en entornos embebidos, aritmética digital, y otros.

Formalmente se enmarca dentro del sistema de incentivos a la investigación como proyecto tri-anual llevado adelante en el grupo de trabajo INCA (Investigación en Computación Aplicada) del Instituto INTIA (Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada) de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

### INTRODUCCION

El contexto tecnológico de esta propuesta es la generación de soluciones informáticas que resuelvan problemas en el ámbito de los llamados sistemas embebidos, en general, y relacionados con la lógica programable, en particular.

En un sentido amplio, “Sistema embebido” es la denominación aplicable a los equipos electrónicos que incluyen procesamiento de datos, pero que, a diferencia de una

computadora de propósito general, están diseñados para satisfacer una función específica, como en el caso de un reloj digital, un reproductor de MP3, un teléfono celular, un router, el sistema de control de un automóvil (ECU), etc.

Componentes fundamentales de un sistema embebido son la arquitectura de hardware subyacente, los dispositivos de acceso (fundamentalmente sensores) y el software de control, en general un sistema operativo de tiempo real de altas prestaciones y optimizado para funcionar en sistemas de tiempos óptimos de respuesta, bajo consumo y alta fiabilidad.

De este modo, un objetivo general de la propuesta es el estudio de soluciones de hardware (sensores, aritmética, procesadores dedicados y coprocesadores) y software (sistemas operativos para sistemas embebidos y aplicaciones de control) orientados al desarrollo de sistemas dedicados de alta performance. La aplicación de los desarrollos logrados se realizará, preferentemente, en tareas de análisis, detección y control a partir del procesamiento de imágenes.

## LÍNEAS DE TRABAJO

Los objetivos específicos del proyecto definen las líneas de trabajo principales que se pueden detallar según los siguientes enfoques:

Diseño de sistemas digitales: Estudio, desarrollo e implementación de técnicas de síntesis de circuitos digitales para sistemas embebidos orientados a la implementación en hardware sobre dispositivos programables como FPGA's (Field Programmable Gate Array), (programación del hardware, o microcontroladores, programación del software.

Aritmética. Realizar unidades aritméticas en FPGA, con circuitos dedicados para las operaciones básicas de multiplicación y división; y especiales como exponenciales,

logarítmicas y trigonométricas, de altas prestaciones en tiempo y precisión. Un enfoque particular se está dando hacia la aritmética decimal por su reciente interés en aplicaciones comerciales, financieras, en ingeniería y científicas.

Verificación: Estudiar, aplicar y proponer técnicas modernas de verificación funcional de sistemas digitales para los diseños en el proyecto. En particular van a considerarse técnicas de verificación basada en aserciones y verificación dirigida por la cobertura por un lado y lenguajes de verificación como SystemVerilog o SystemC y frameworks de verificación como OVM (Open Verification Methodology) y UVM (Universal Verification Methodology) por otro.

Sistemas operativos embebidos. Estudio de sistemas operativos embebidos/de tiempo real de tipo FOSS (Free & Open Source Software). Desarrollo de aplicaciones sobre estos. Con particular énfasis, en el estudio, desarrollo e implementación de técnicas de planificación de tareas con prioridades dinámicas en dispositivos con sistemas operativos de tiempo real embebidos.

Imágenes. Estudio de técnicas para la implementación de sistemas de machine vision (sistemas de visión industriales), reconocimiento de escenarios 3D orientados al desarrollo de algoritmos en sistemas embebidos para la asistencia en el control de UAV's (Unmanned Aerial Vehicles) y UGV's (Unmanned Ground Vehicles).

## RESULTADOS ESPERADOS

Los sistemas embebidos como tecnología son un motor clave de la industria y del desarrollo tecnológico, y es un área que en los últimos años ha crecido notablemente en la Argentina.

En el país existen varios grupos de trabajo en el tema en instituciones de prestigio como la UBA, el INTI, la UNS, la UNMDP, el ITBA, la UNLP, la UNSJ y

UNLaM entre otros. La UNCPBA no está ausente de estas iniciativas en el tema ya que desde hace algunos años se ha iniciado desde el grupo INCA un contacto intenso con investigadores trabajando en temáticas afines al uso de dispositivos programables, en un principio, y al desarrollo de sistemas embebidos, en los últimos tiempos. El Dr. Todorovich tuvo participación activa en el Comité Organizador de la edición 2011 del Simposio Argentino de Sistemas Embebidos que se llevó a cabo en Buenos Aires a principios de año.

En lo académico, se busca acrecentar la formación de algunos de los integrantes que se encuentran inscriptos o realizando sus respectivos doctorados. En este sentido, se espera que durante el periodo de vigencia del proyecto terminen sus doctorados Martín Vázquez, Lucas Leiva, Claudio Aciti y Marcelo Tosini; y su maestría José Marone. Además, la experiencia adquirida en el tema permitirá aumentar la oferta académica de grado y/o posgrado del Departamento de Computación y Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas a partir del dictado de cursos de especialización y optativas con temas acordes como manejo de sistemas operativos de tiempo real, programación de microcontroladores, diseño de sistemas de aplicación específica, procesamiento de imágenes, verificación de diseños de hardware, etc..

Se hará hincapié también en la captación de nuevos recursos humanos a partir de una oferta amplia de temas de tesinas de grado de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la facultad, por un lado, y la incorporación (en la medida de lo posible) de becarios alumnos trabajando en temas específicos del proyecto.

Respecto de la transferencia, se espera una creciente vinculación con instituciones académicas y empresas interesadas en el desarrollo de microemprendimientos productivos que involucran la generación de soluciones con soporte de sistemas embebidos.

## RECURSOS HUMANOS

El proyecto Metodologías de Diseño para Sistemas Embebidos consta de ocho investigadores y cinco becarios de postgrado que trabajan activamente en tareas de investigación y desarrollo en la temáticas relativas al proyecto: robótica, sistemas autónomos, inteligencia artificial, aritméticas, arquitecturas de hardware, sistemas de visión, tiempo real, etc.

Asimismo, el grupo tiene una estrecha vinculación con investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid que trabajan en el área de aritméticas en FPGA y con los cuales se han realizado varias publicaciones conjuntas.

En lo académico, se busca acrecentar la formación de algunos de los integrantes que se encuentran inscriptos o realizando sus respectivos doctorados. En este sentido, se espera que durante el periodo de vigencia del proyecto terminen sus doctorados cuatro de los integrantes; y su maestría otro de ellos. Además, la experiencia adquirida en el tema permitirá aumentar la oferta académica de grado y/o posgrado del Departamento de Computación y Sistemas de la Facultad a partir del dictado de cursos de especialización y optativas con temas afines como manejo de sistemas operativos de tiempo real, programación de microcontroladores, diseño de sistemas de aplicación específica, procesamiento de imágenes, verificación de diseños de hardware y otros.

## BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **JP. Deschamps, G. Bioul, G. Sutter**, “*Synthesis of Arithmetic Circuits*”, - ASIC, FPGA, Embedded Systems”, John Wiley & Sons, New-York, February 2006.

- ❖ **Jean-Pierre Deschamps, José Luis Imaña and Gustavo D. Sutter** “Hardware Implementation of Finite-Field Arithmetic”, McGraw-Hill. ISBN: 0-071-54581-6 / 978-007154581-5, 348 pages. March 2009.M.F. Cowlishaw: “Decimal floating-point: algorithm for computers”, Proc. 16th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, June 2003, pp. 104–111.
- ❖ **Ahmed Nabil Belbachir (Ed.)**, “Smart Cameras”, Springer, ISBN: 978-1-4419-0952-7, 2010.
- ❖ **M. Graves, B. Batchelor**, “Machine Vision For The Inspection Of Natural Products”, Springer-Verlag, Springer, 2004.
- ❖ **Kehtarnavaz, N. and Gamadia, M.** "Real-Time Image and Video Processing: From Research to Reality", Morgan & Claypool Publishers, 2005
- ❖ **B. Kisacanin, S. S. Bhattacharyya, and S. Chai**, “Embedded Computer Vision”. Springer Publishing Company, Incorporated, 2008.
- ❖ **Michael F. Cowlishaw**. “Decimal Floating\_Point\_ Algorithm for Computers”. IEEE Proceedings of the 16th Symposium on Computer Arithmetic, pp. 104-111, IEEE, June 2003.
- ❖ **A. Vázquez, E. Antelo, and P. Montuschi**. “A New Family of High-Performance Parallel Decimal Multipliers”. Proceedings of the 18th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, pp. 195-204, Jun. 2007.
- ❖ **A. Vazquez and E. Antelo**. “A High-Performance Significand BCD Adder with IEEE 754-2008 Decimal Rounding”. 19th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, ARITH 2009, pp. 135-144, June 2009.
- ❖ **Duy-Nguyen Ta Wei-Chao Chen Natasha Gelfand Kari Pulli** , “SURFTrac: Efficient Tracking and Continuous Object Recognition using Local Feature Descriptors” - 2009
- ❖ **Chuntao Wang; Jin-Hyung Kim; Keun-Yung Byun; Sung-Jea Ko** , “Robust digital image stabilization using feature tracking” - 2009
- ❖ **Delrieux C., Manera J., Rodriguez L., Coppo R.**, “Adquisición y Procesamiento de Imágenes Aéreas para Sensado Remoto” - 2009
- ❖ **Alan C. Bovik**, “Handbook of Image and Video Processing”– ISBN-10: 0121197905 -2000
- ❖ **Michael Keating and Pierre Bricaud**, "Reuse Methodology Manual for System-on-a-Chip Designs", 3rd Ed, Kluwer Academic Publishers, 2002. (ISBN: 1-4020-7141-8)
- ❖ **Harry D. Foster, Adam C. Krolnik, David J. Lacey**, “Assertion-Based Design”, 2nd edition, Springer, 2004. (ISBN: 1402080271).
- ❖ **Janick Bergeron**, “Writing Testbenches: Functional Verification of HDL Models”, Second Edition, Springer, 2003. (ISBN: 1402074018).
- ❖ **Ashenden, Peter J. and Jim Lewis**, “VHDL-2008 just the new stuff”, ISBN: 9780123742490, Amsterdam, Elsevier Morgan Kaufmann, 2008.
- ❖ **Stuart Sutherland, Simon Davidmann, Peter Flake**, “SystemVerilog for design a guide to using systemVerilog for hardware design and modelling”, 2nd ed., NY Springer, 2006 (ISBN: 9780387333991).

- ❖ **Chen, M. and Lin, K.**, “Dynamic priority ceilings: A concurrency control protocol for real-time systems”. Real-Time Systems, Kluwer Academic Publishers, (no. 2):325–346, (1990).
- ❖ **Liu, C. and Layland, J.**, “Scheduling algorithms for multi-programming in a hard realtime environment”. Journal of the Association for Computing Machinery, vol. 20(no. 1):46–61. (1973).