



CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

Aplicaciones del Hardware Evolutivo para el Diseño de Sistemas Ciberfísicos

Jornada sobre Sistemas Inteligentes

Jorge Portilla y Andrés Otero

cei@upm.es

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

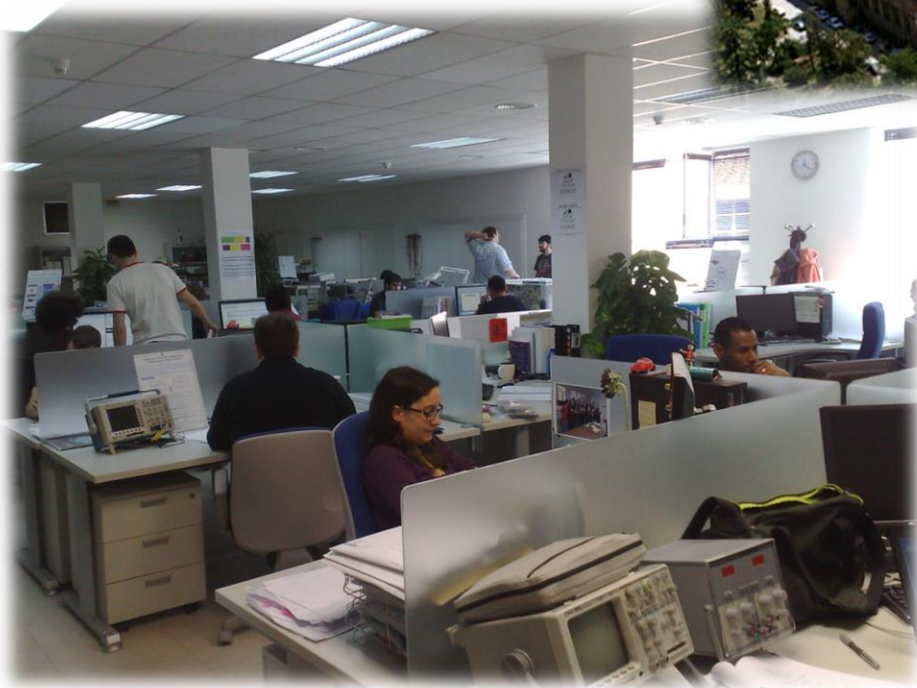


POLITÉCNICA

Centro de Electrónica Industrial (CEI)



INDUSTRIALES
ETSII | UPM



CEIUPM



CEIUPM

Jornada sobre Sistemas Inteligentes – PLANETIC



Junio 2017

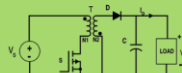


Centro de Electrónica Industrial (CEI)

- 46 investigadores a tiempo completo:
 - 16 Doctores (Personal Académico e investigadores contratados)
 - 30 estudiantes (18 Doctorado, 12 Master)
- 19 estudiantes a tiempo parcial
- 3 Administrativos y técnicos de soporte



Grupo de Electronica Industrial (GEI)



1. AC-DC and DC-DC power converters
2. Device modelling
3. Energy Harvesting
4. Smart Grids
5. Internet of Things and Wireless Sensor Networks
6. Reconfigurable FPGA-Based Systems
7. Embedded Intelligence
8. Neural Networks
9. Art and Technology

Power
Electronics

Digital
Embedded
Systems

Un nuevo Paradigma

CPS

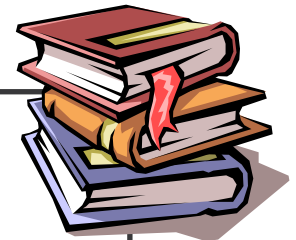
Cyber Physical Systems

El término se refiere a una nueva generación de sistemas **conectados híbridos**, que cuentan con capacidades **computacionales** y de **comunicación** integradas de manera transparente con su entorno **físico**, al que controlan y/o monitorizan, y del que tratan de aprender.

ALGUNOS ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LOS CPS

An Overview and Some Challenges in
Cyber-Physical Systems

Kyoung-Dae Kim and P. R. Kumar



Escenarios de Aplicación de los CPS

Sistemas de Transporte Inteligentes Eficientes, Seguros y de Alta Capacidad

Investigación sobre vehículos autónomos, intersecciones inteligentes, sistemas de comunicaciones inalámbricas para comunicaciones vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2i)...



Escenarios de Aplicación de los CPS

Generación y Distribución Eléctrica

Fiable, Eficiente, respetuosa con el medio ambiente y barata

Investigación sobre *Smart Grids* de energía eléctrica, toma de medidas distribuidas, monitorización y control simultáneos de la generación y el consumo de potencia, predicción de la demanda y la capacidad de generación, optimización de la distribución, detección de fallos y recuperación ante los mismos...



Escenarios de Aplicación de los CPS

Edificios y Ciudades no contaminantes

Reducir el consumo de energías fósiles a la vez que se satisfacen las demandas globales de energía

Investigación sobre sistemas conscientes de su propio consumo, contadores inteligentes, comunicación en tiempo real entre el productor y el consumidor...



Jornada sobre Sistemas Inteligentes – PLANETIC



Junio 2017

Escenarios de Aplicación de los CPS

Sistemas médicos inteligentes y fiables

**Servicios sanitarios más seguro, eficientes y efectivos,
incluso a domicilio**

Investigación en sensores inteligentes para la monitorización del paciente en tiempo real, sistemas de alerta para telemedicina que permiten ofrecer servicios sanitarios de manera remota, robots de atención a domicilio, equipamiento médico complejo interconectado...



Jornada sobre Sistemas Inteligentes – PLANETIC



Junio 2017

Retos en el Diseño de Sistemas Ciberfísicos

¡Retos y Tecnologías Claves!

- **Robustos, Tolerantes a Fallos, Fiables y Seguros (Safety, Security)**

Supone un reto por la extrema interacción entre el entorno físico, las comunicaciones, la toma de medidas y la computación.

- **Autonomía, Capacidad de Adaptación y Aprendizaje Automático ante un entorno físico cambiante:**

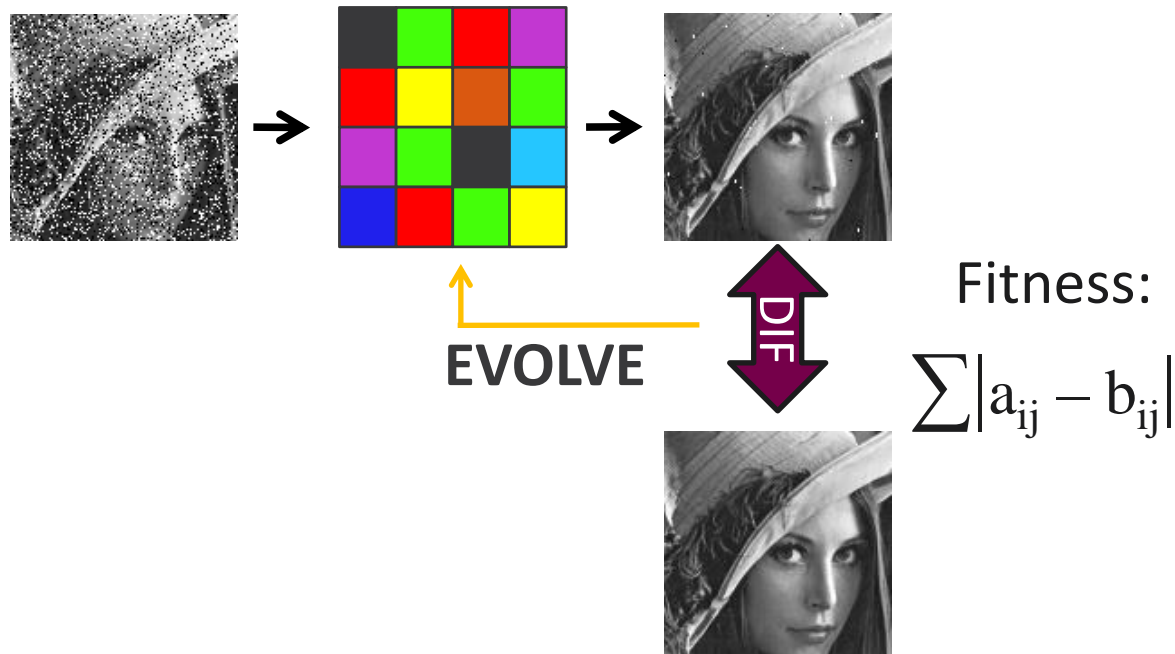
- *Sistemas que se Adaptan Autónomamente (Self-Adaptive)*
- *Sistemas que se Reparán Autónomamente (Self-healing)*
- *Sistemas Conscientes de su Propio Estado (Self-Aware)*

SISTEMAS SELF-*

¿QUE ES EL HARDWARE EVOLUTIVO?

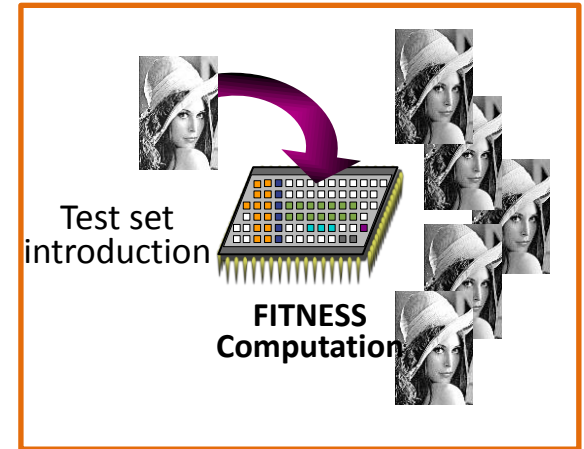
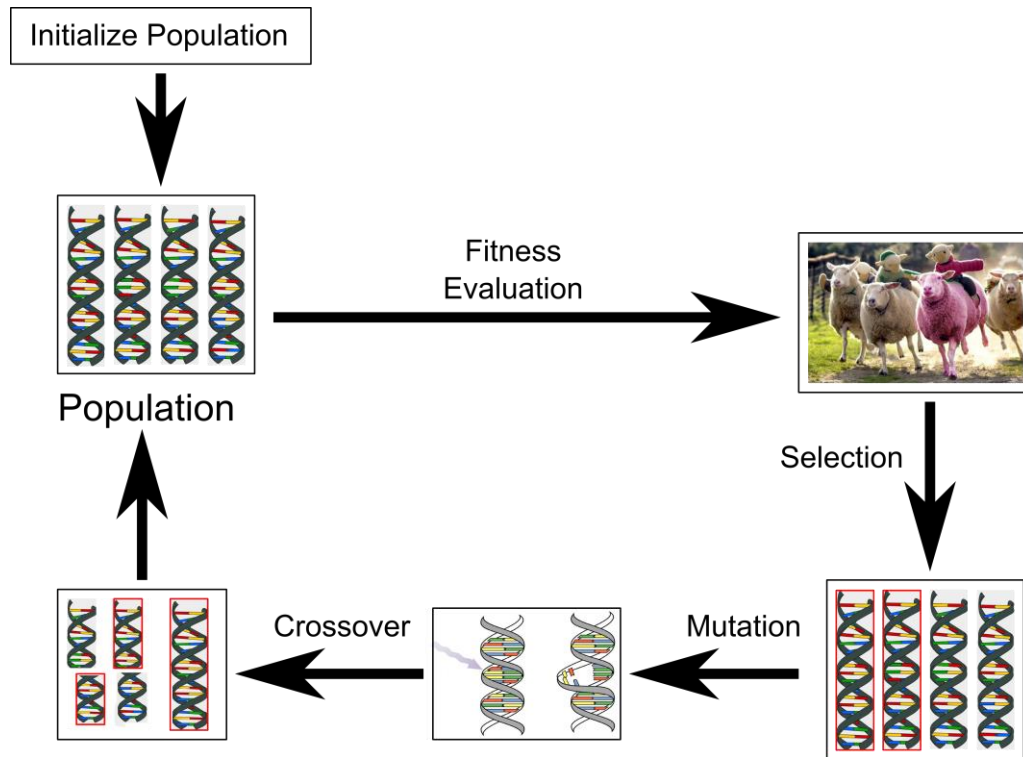
Computación Evolutiva

- Se trata de una técnica de **Optimización** para la **Resolución de Problemas**
- Inspirada por la teoría de la evolución, asume que generaciones sucesivas mejorarán su comportamiento, teniendo como objetivo la optimización de una función de coste (*fitness function*).
- Se trata de resolver un problema cuyo modelo es desconocido e intenta encontrar una solución para el modelo, dada una REFERENCIA (salida deseada) y una entrada de ENTRENAMIENTO.



Hardware Evolutivo

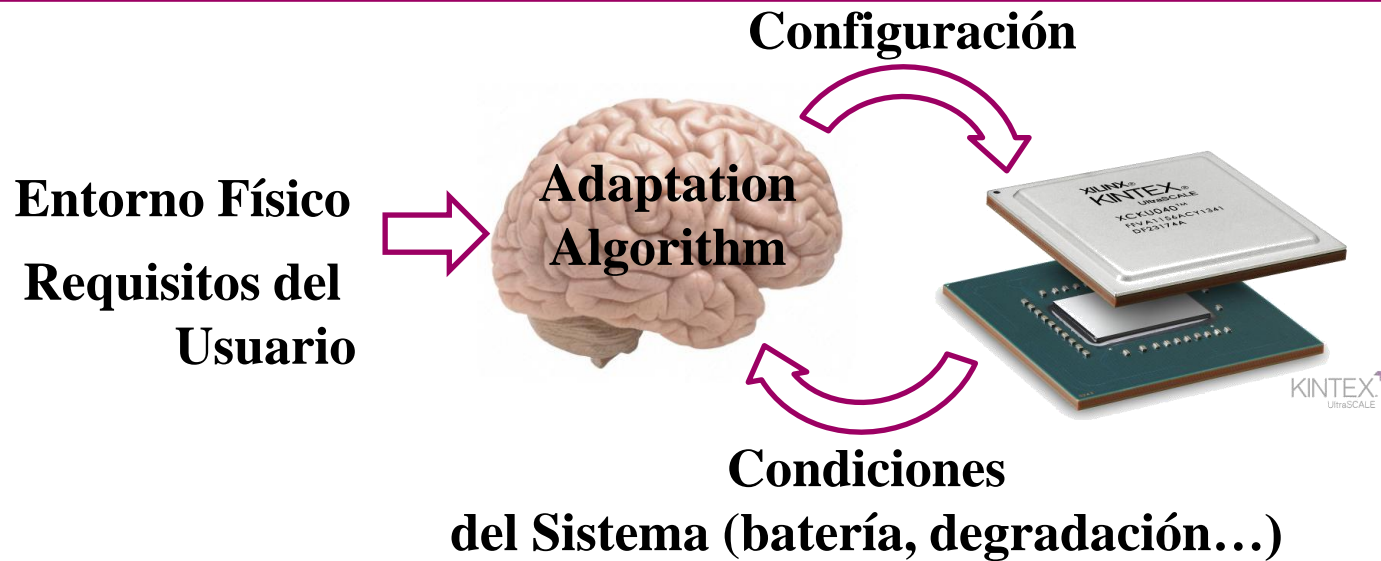
- El hardware evolutivo se refiere al **diseño de circuitos electrónicos** aplicando técnicas de Computación Evolutiva.



¿CÓMO PUEDE APLICARSE EL HARDWARE EVOLUTIVO EN EL ÁMBITO DE LOS CPS?

Adaptación Autónoma mediante EH

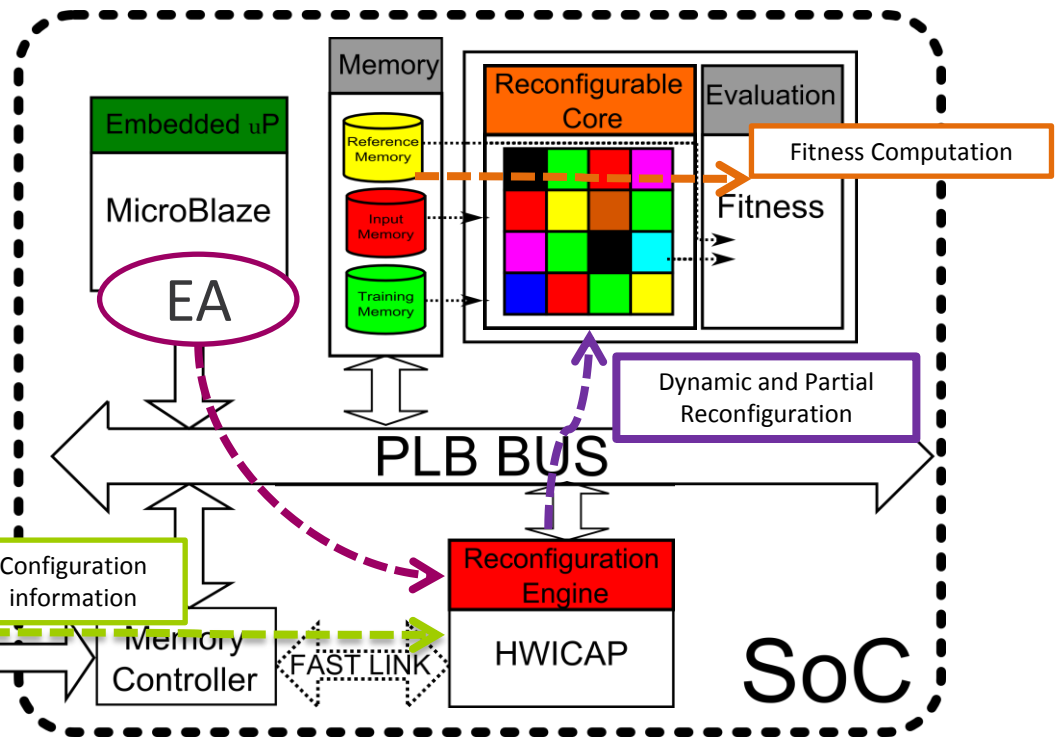
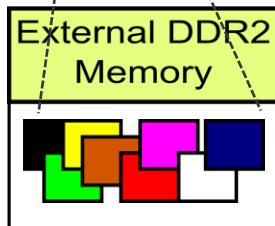
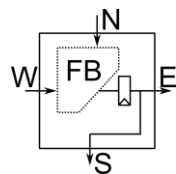
Los circuitos obtenidos mediante Hardware Evolutivo tiene la capacidad de modificar su arquitectura de manera **autónoma** y **dinámica**.



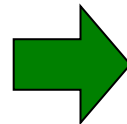
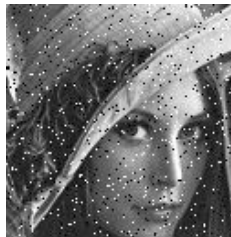
Esta autonomía y capacidad de adaptación viene dada por el uso de algoritmos de optimización evolutivos, que se basan en los mecanismos propios de la selección natural.

Arquitectura de un SoPC evolutivo

Library of PEs




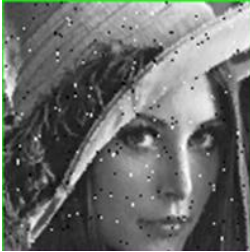
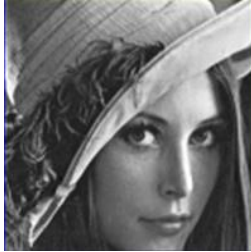


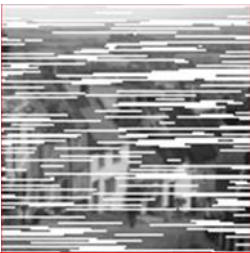



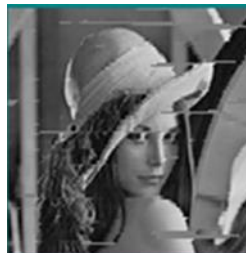










Salt and Pepper noise



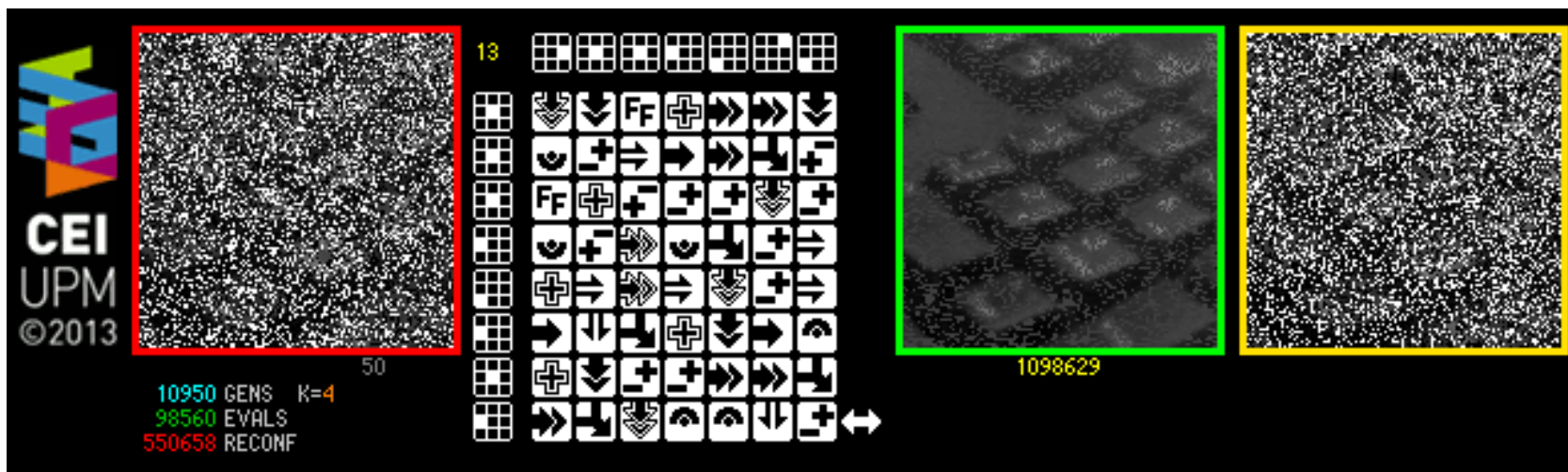
A. Otero, R. Salvador, J. Mora, E. de la Torre, T. Riesgo, L. Sekanina; "A fast Reconfigurable 2D HW core architecture on FPGAs for evolvable Self-Adaptive Systems", AHS 2011



El aprendizaje debe ser adaptativo y generalizable

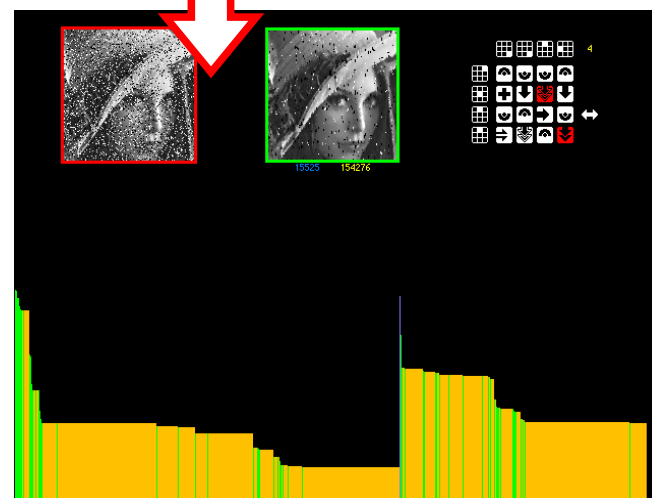
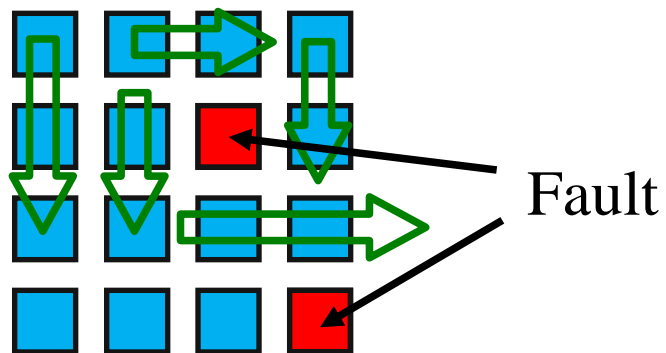
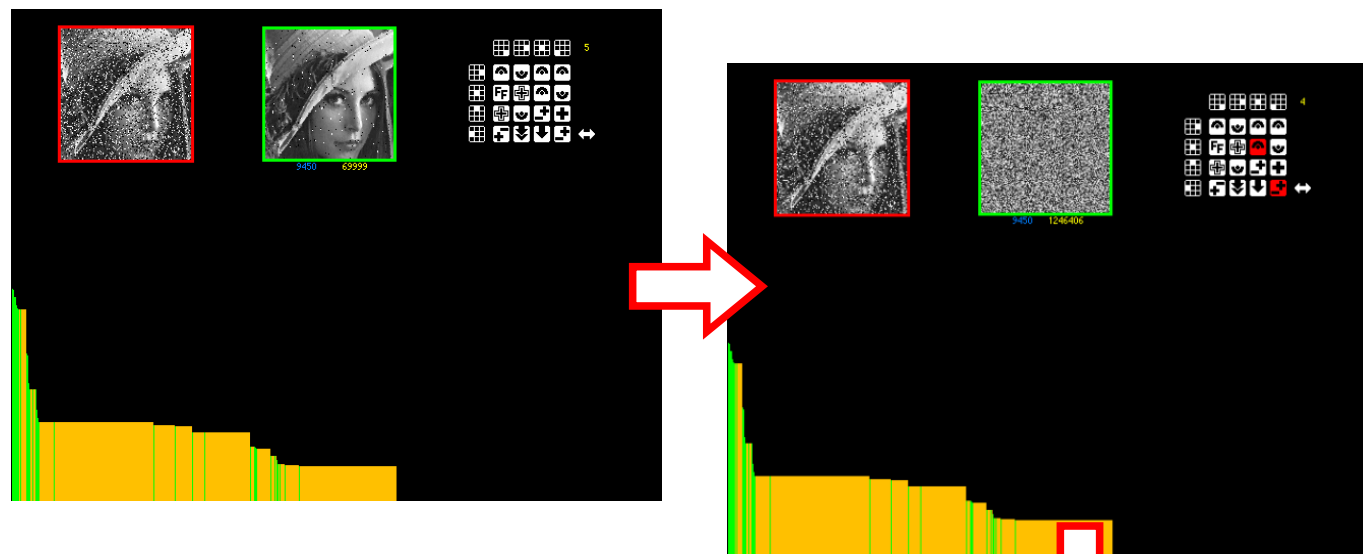
	Training	Result	Reference	Input	Output
S&P Noise					
Burst Noise					
Edge detect					
S&P + Edge					

Puede funcionar hasta altísimos niveles de ruido!



Con estas dos entradas ... Obtenemos esta salida

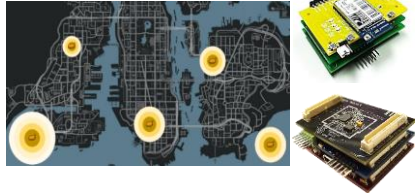
Hardware Evolutivo – Tolerancia a fallos



¿QUÉ MÁS HACEMOS EN EL CENTRO DE ELECTRÓNICA INDUSTRIAL?

Sistemas Embebidos en el CEI

Wireless Sensor Networks



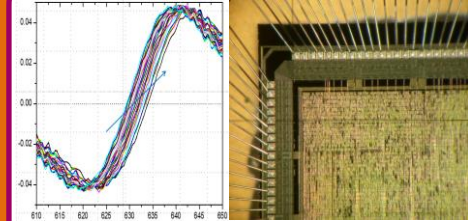
Wireless distributed systems applied to several scenarios such as smart traffic management, energy metering, agricultural control, urban participatory ...

Internet of Things



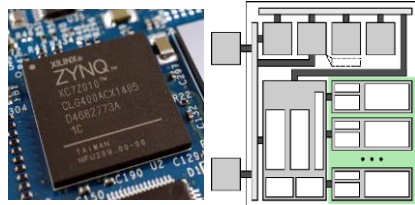
Networked embedded systems to face challenges related to the era of smart and sustainable cities, comprising the integration of heterogeneous hardware and software technologies.

Smart sensor interfaces



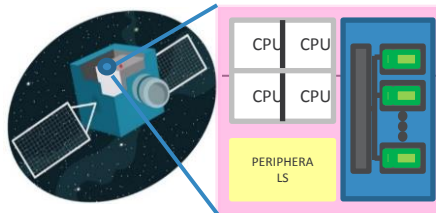
Embedded circuits for advanced interfaces of complex sensors, based on HW/SW embedded signal processing and machine learning techniques

Reconfigurable Hardware



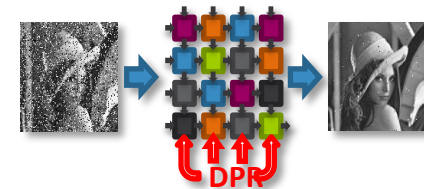
Developing embedded parallel computing platforms based on HW acceleration, to obtain energy-efficient, scalable, and runtime adaptive solutions.

Heterogeneous Space System



Systems that, at runtime and dynamically, adapt themselves to a variety of computing fabrics with particular attention in hardening to make them survive in harsh conditions.

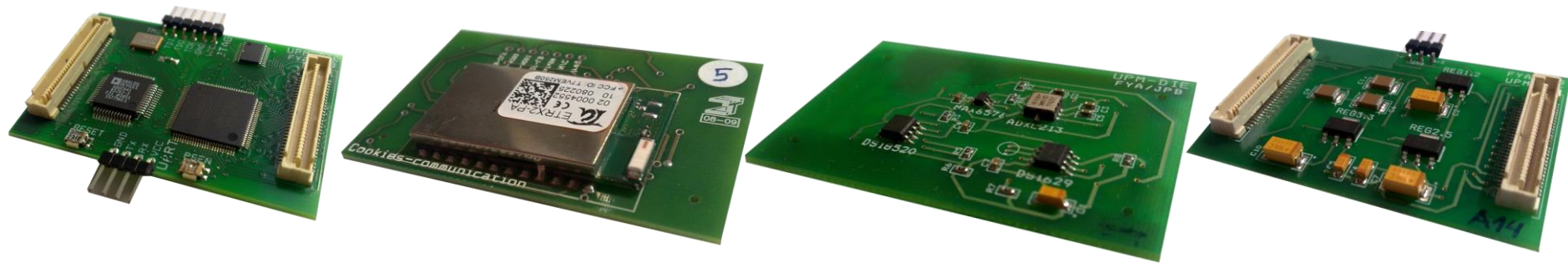
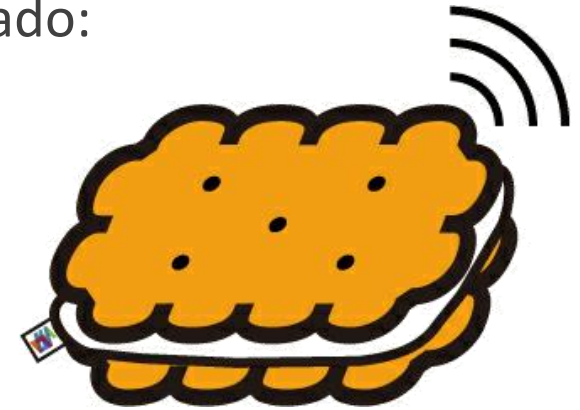
Evolvable Hardware



Digital circuits that evolve adapting to a task, resulting in autonomous, self-adaptive, and self-healing hardware suited for hostile environments such as space applications.

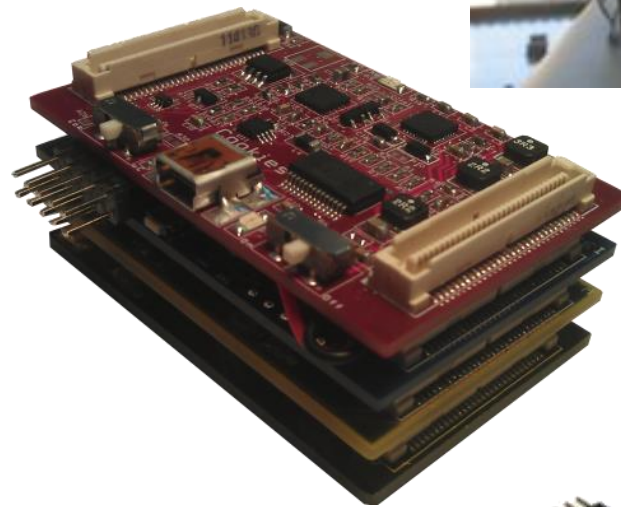
Redes de Sensores Inalámbricas

- Línea de Investigación basada principalmente en HW
- Nodo Modular: **Cookie**
- Arquitectura Orientada al Prototipado
- Permite diseñar cada una de sus capas por separado:
 - Procesamiento
 - Comunicaciones
 - Sensores (o actuadores)
 - Fuente de Alimentación



Redes de Sensores Inalámbricas

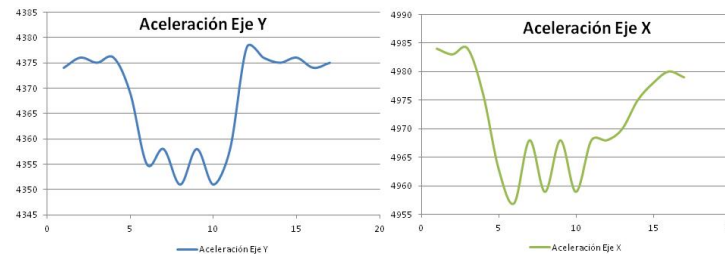
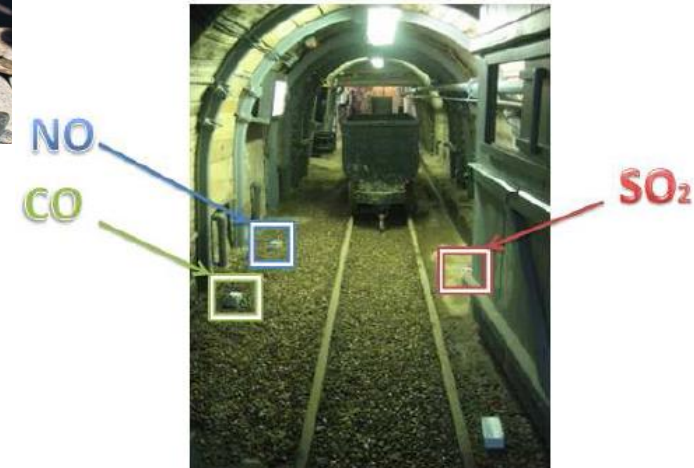
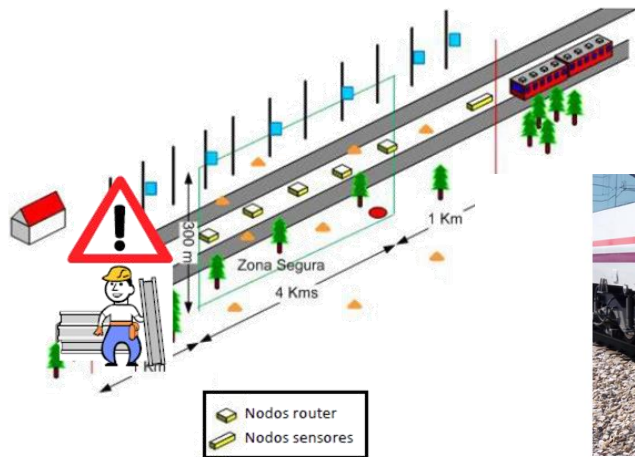
- Casos de uso muy variados:
- Pueden estar orientados a...
 - ...Bajo consumo y Baja tasa de transmisión
 - Bluetooth
 - ZigBee
 - uC de 8-bit con baja capacidad computacional
 - 8051
 - TI MSP430
 - FPGAs de bajo coste
 - Xilinx Spartan 3
 - Actel Igloo
 - ...Alto Rendimiento / Alta tasa de transmisión
 - Xilinx Spartan 6 FPGA
 - Wi-Fi (low power)



Redes de Sensores Inalámbricas: Aplicaciones

Safety: Prevención de Accidentes

- Túneles en Construcción
- Minas
- Vías Ferroviarias



JORNADA SOBRE SISTEMAS INTELIGENTES – PLANETIC



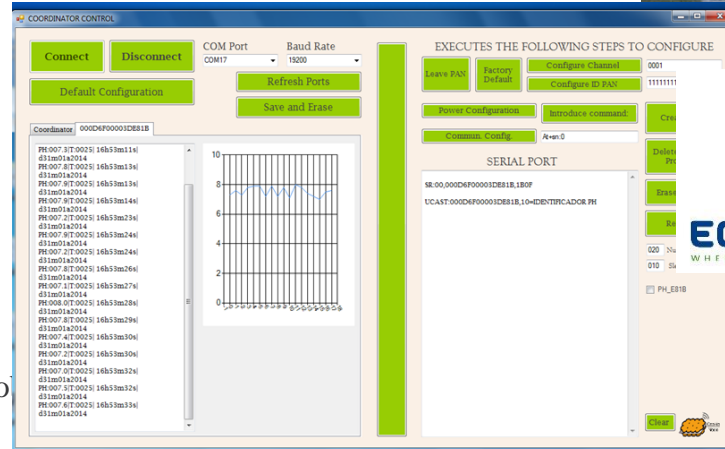
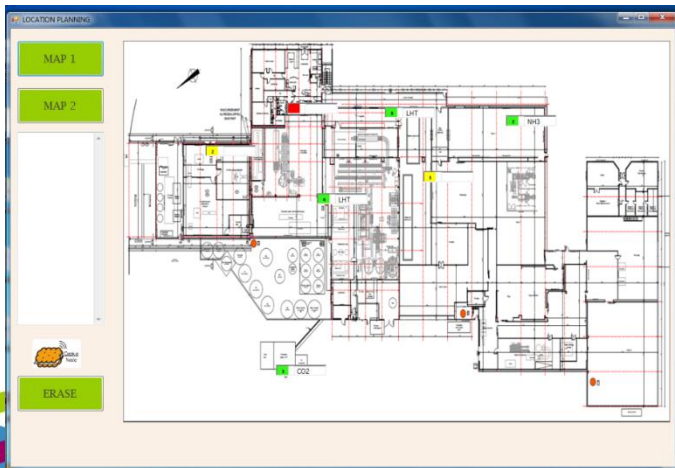
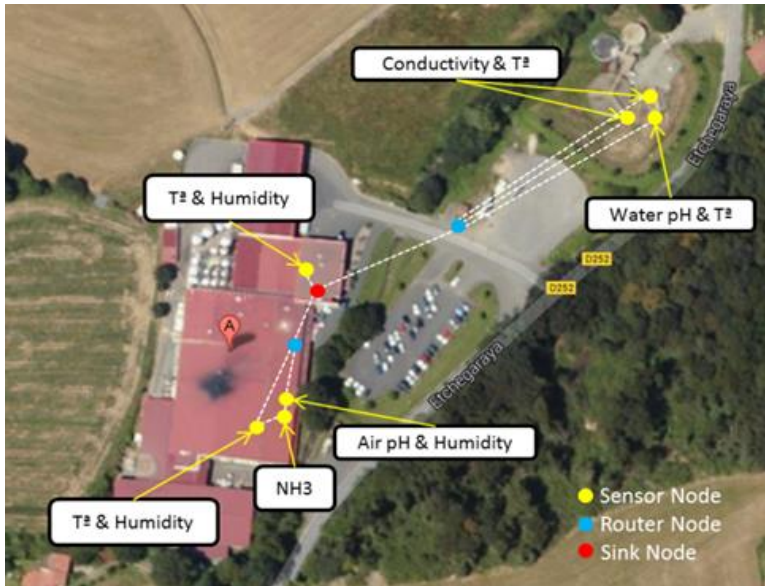
Junio 2017



plan AVANZA2

Redes de Sensores Inalámbricas: Aplicaciones

GIST: control medioambiental en instalaciones industriales




eco-innovation

WHEN BUSINESS MEETS THE ENVIRONMENT




POLITÉCNICA



Algunos Proyectos sobre CPS en el CEI




- Hardened for Space
- Safe Reconfiguration
- Scrubbing Techniques
- CPS V&V and Predictability
- Hyperspectral Image Compression
- Autonomous Satellite Navigation




- Dataflow Extension
- Complete Toolset
- Full Adaptation
- CPSs & CPSoSs
- Robotic Arm for Space Rover

- Secure connected trustable things
- Virtual train coupling
- On track and on board WSN for monitoring
- Warning system for critical areas
- Energy harvesting for WSN nodes





CEIUPM

Centro de
Electrónica
Industrial

**Muchas Gracias por su
Atención**

cei@upm.es

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA