



**ADVANCED
FACTORIES**
EXPO & CONGRESS

LEADING FACTORY AUTOMATION

29-31 MARZO 2022 | BARCELONA-CCIB

Ingeniería Neuromórfica, Edge Computing: los algoritmos verdes. Presentación del proyecto NeuroCPS4Maintenance



Dr. Javier Sedano

Adjunto al Director Gerente
Director de I+D



La Inteligencia Artificial

La **Inteligencia Artificial** ya es un término común en nuestras vidas. Una tecnología que **busca desarrollar conocimiento que permita a los sistemas desarrollar funciones que son propias únicamente del ser humano y que difieren del pasado en que los sistemas actúan en base a decisiones predefinidas o programadas.**

Desarrollo y analistas de datos

Por un lado están quienes **desarrollamos algoritmos ante la formulación de problemas**; y quienes **usan algoritmos de terceros y deben de saber exactamente cómo funcionan y cómo están desarrollados**, para conocer si su uso es adecuado: **los analistas**.

El poder del Big Data

No nos podemos olvidar del **Big Data**: que ha revolucionado la ejecución de estos modelos de manera paralelizable, de modo que el procesamiento puede ser virtualizable, en la cloud o de manera virtual, para que las ejecuciones sean más rápidas.

Pero debemos de pensar que la ejecución de estos algoritmos requiere un coste computacional elevado y las respuestas son en función del problema a resolver y no son instantáneas.

Edge Computing y Redes neuronales

En estos momentos la comunidad científica sufre una vuelta al pasado y aboga por soluciones en el Edge computing, que consiste en el procesamiento directo en la máquina, en el sensor, etc. Es un paso más sobre los sistemas ciberfísicos, donde la computación debe de ser apropiada para que la solución del problema no se procese en la plataforma sino en el propio sistema.

Con todo, la integración de ambos sistemas hardware y software, en forma de bloques con sintetización del ASIC, o directamente en la FPGA, permitirá desarrollar sistemas neuromórficos reales, basados en circuitos analógicos para imitar estructuras neurobiológicas ubicadas en el sistema nervioso.

Green AI “Algoritmos verdes”

La IA tiene su variante sostenible: la “Green IA”. Los conocidos como “algoritmos verdes” y que deben estar diseñados para utilizar la IA de forma más inclusiva y respetuosa con el planeta, algo impensable hace más de una década, donde ni los que desarrollábamos algoritmos creíamos plenamente en ello y nuestra única preocupación pasaba por conseguir modelos de ajuste adecuados.

Para tener modelos eficientes se necesitan muchos experimentos y eso lleva un coste energético y económico que no todo el mundo se puede permitir.

En este sentido, según datos de la consultora McKinsey, **el mercado de las TIC fue el responsable del 3% al 4% de todas las emisiones de CO₂ del mundo en 2020**. Mientras que, solo en EE. UU. los centros de datos, donde se entrena los algoritmos, suponen **1,8%** del consumo eléctrico del país.

Tan solo entre el 6% y el 12% del consumo de los centros de datos está **dirigido a realizar cálculos o procesos, ya que el resto va destinado a su refrigeración y mantenimiento**.

Green AI “Algoritmos verdes”

Esto se consigue con equilibrio entre:

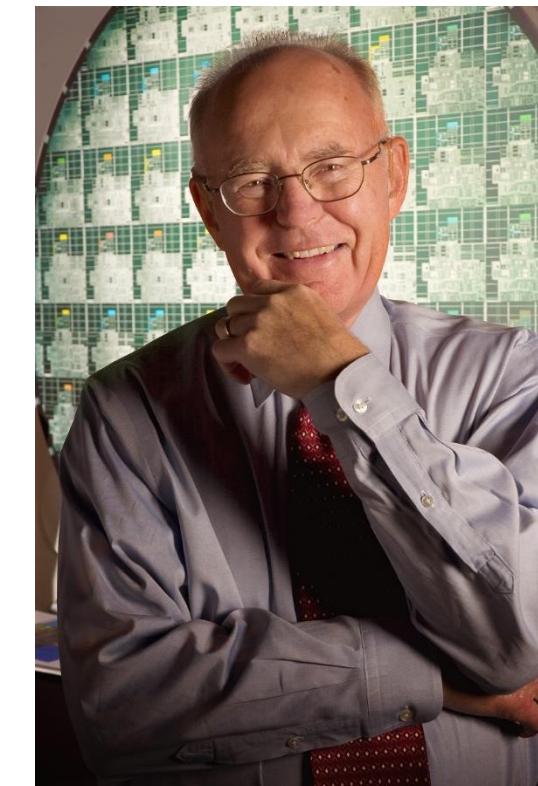
- 1. Volumen de datos de entrenamiento.**
- 2. Cantidad de tiempo para entrenarlo.**
- 3. Nº de iteraciones de optimización de parámetros.**
- 4. No es necesario lo mejor.** Pasar de un 92% a un 96% de FIT puede llevar días.

Ley de Moore: porque computación en EC. Ingeniería Neuromórfica

La ley de Moore expresa que aproximadamente cada 2 años se duplica el número de transistores en un microprocesador.

Se trata de una ley empírica, formulada por el cofundador de Intel, Gordon E. Moore, el 19 de abril de 1965, cuyo cumplimiento se ha podido constatar hasta hoy.

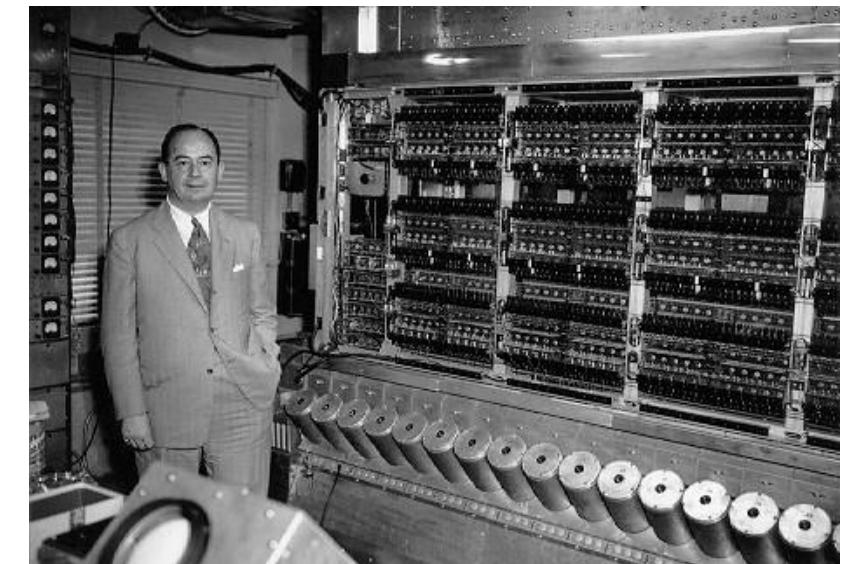
En 2004 la industria de los semiconductores produjo más transistores (y a un costo más bajo) que la producción mundial de granos de arroz, según la Semiconductor Industry Association (Asociación de la Industria de los Semiconductores) de los Estados Unidos.



Arquitectura de Von Neumann: porque computación en EC. Ingeniería Neuromórfica

El concepto ha evolucionado para convertirse en un **computador de programa almacenado en el cual no pueden darse simultáneamente una búsqueda de instrucciones y una operación de datos**, ya que comparten un bus en común. Esto se conoce como el cuello de botella Von Neumann, y muchas veces limita el rendimiento del sistema.

El canal de transmisión de los datos compartido entre CPU y memoria genera un **cuello de botella de von Neumann**, un rendimiento limitado (tasa de transferencia de datos) entre la CPU y la memoria en comparación con la cantidad de memoria. En la mayoría de computadoras modernas, la velocidad de comunicación entre la memoria y la CPU es más baja que la velocidad a la que puede trabajar esta última.



Ingeniería neuromórfica

La ingeniería neuromórfica no es una disciplina reciente. Es poco conocida aunque en realidad existe desde hace más de tres décadas.

Carver Mead tuvo la idea de diseñar circuitos integrados y algoritmos capaces de imitar el comportamiento nervioso de los animales.

Nuestro cerebro, procesa la información de una manera extraordinariamente eficiente. Mead tuvo la habilidad de intuir hace más de medio siglo que algún día los ordenadores podrían inspirarse en él para desarrollar capacidades que los algoritmos que utilizamos en la informática clásica difícilmente podrían igualar.

La naturaleza es una fuente de inspiración inagotable. La **computación neuromórfica**, como también se la conoce, no es en absoluto la primera tecnología que se inspira en la manera en que la naturaleza ha encontrado la solución a un reto.



Aplicaciones de la computación neuromórfica

Los chips neuromórficos actuales incorporan **decenas de miles de neuronas artificiales** (Intel y Xilingx).

El auténtico potencial de los sistemas neuromórficos consiste en su **capacidad de resolver algunos problemas con mucha más rapidez y de una forma mucho más eficiente debido a su paralelismo intrínseco en su diseño**, desde un punto de vista energético que un ordenador convencional.

Para intuir el potencial real de la ingeniería neuromórfica es necesario que conozcamos en qué medida un sistema neuromórfico consigue aventajar a un ordenador convencional cuando ambos se enfrentan a la resolución de un mismo problema. Los sistemas neuromórficos actuales se utilizan principalmente para investigación.

Son capaces de resolver algunos problemas hasta 1.000 veces más rápido que un microprocesador clásico.

Pero no es la solución idónea para cualquier problema. Se está utilizando para cargas de trabajo complejas y altamente paralelizables que conllevan un esfuerzo de cálculo y un gasto energético.

Escenarios

Problemas de optimización: optimizar la velocidad de transferencia de un canal de comunicación adaptándose a las circunstancias difíciles de prever que se van sucediendo a lo largo del tiempo.

Aprendizaje automático: a la hora de diseñar algoritmos neuromórficos que pueden ser entrenados con un conjunto finito de datos para inferir nuevo conocimiento.

Reconocimiento de patrones: los algoritmos neuromórficos están demostrando ser muy eficaces en todos aquellos procesos en los que es necesario identificar un conjunto de objetos heterogéneos a partir de su semejanza.

Satisfacción de limitaciones: los algoritmos neuromórficos pueden diseñarse de manera que sean capaces de explorar un conjunto grande de soluciones a un problema determinado para encontrar aquellas que satisfacen unos requisitos concretos.

Implementación ASIC

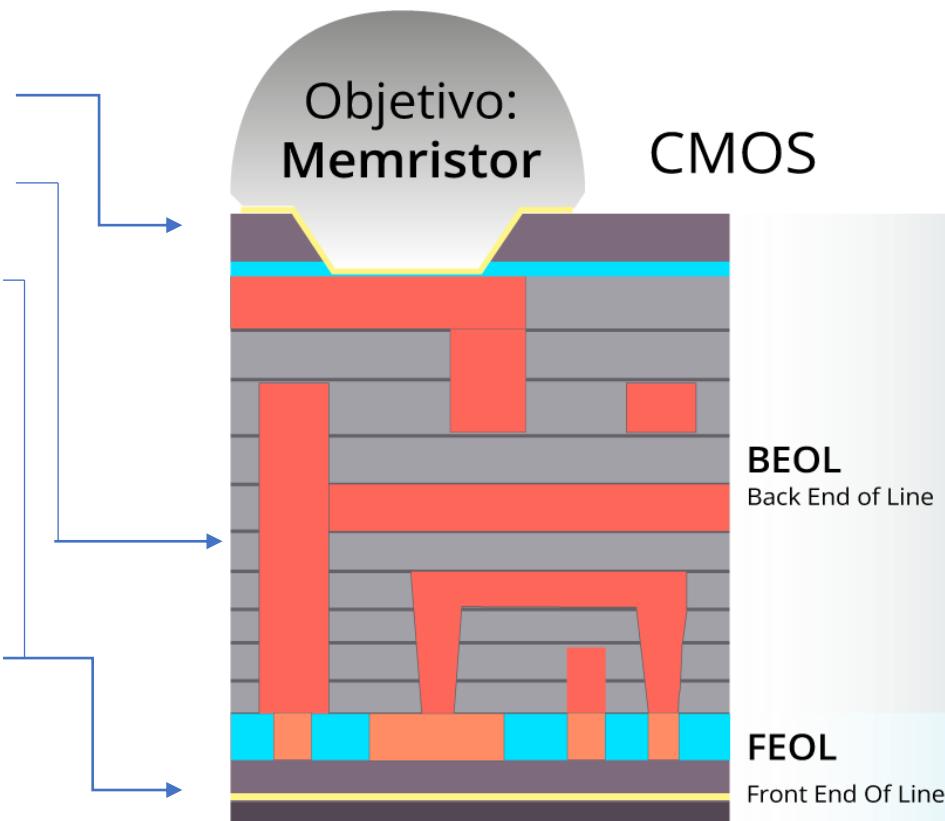
CMOS: *complementary metal-oxide-semiconductor.* Es una de las familias lógicas empleadas en la fabricación de circuitos integrados.

BEOL: *Back end of line.* Segunda porción de la fabricación de circuitos integrados, en los transistores.

FEOL: *Front end of line.* Primera porción de la fabricación de circuitos integrados. Incluye el diseño con patrones de los transistores.

Dióxido de titanio.

Memristor: es una contracción de las palabras "**memoria**" y "**resistor**". Es un componente eléctrico pasivo de dos terminales no lineal faltante, ya que **relaciona la vinculación de la carga eléctrica con un flujo magnético**. El funcionamiento teórico sería el siguiente: **la resistencia eléctrica del memristor no es constante sino que depende de la historia de la corriente que ha fluido previamente a través del dispositivo**; es decir, su resistencia actual depende de la cantidad de carga eléctrica que ha fluido, y en qué dirección, a través de él en el pasado.



Opciones



IMX 8 NXP

Sintetizador en
Hardware



NVIDIA Jetson Nano

CNN precompiladas



Neural Stick Intel

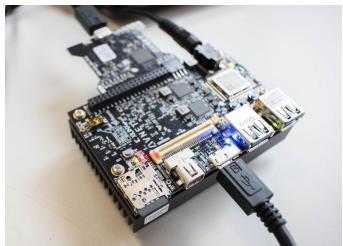
Distribución de la
inferencia.

Solo VA



Coral de Google

Predicción con modelos
de enteros con
inferencia encapsulada



Xilinx ultrascale 96

ZCU104

Versal MPSOC

Flujo acelerado

Sintetización

HLS

Vitis

FINN

PYNQ

Objetivo

El **objetivo principal** de **NeuroCPS4Maintenance** es desarrollar y demostrar un detector de anomalías neuromórficas con la ventaja de que sea robusto frente a la tendencia de la deriva de los datos, alerte de fallos de antemano y proporcione una respuesta rápida y en tiempo real para aplicaciones de mantenimiento predictivo en escenarios industriales de alta exigencia (prensa industrial).



Concepto

NeuroCPS4Maintenance **desarrollará un detector de anomalías neuromórficas**, lo implementará y evaluará en un escenario relevante para lograr y demostrar este objetivo.

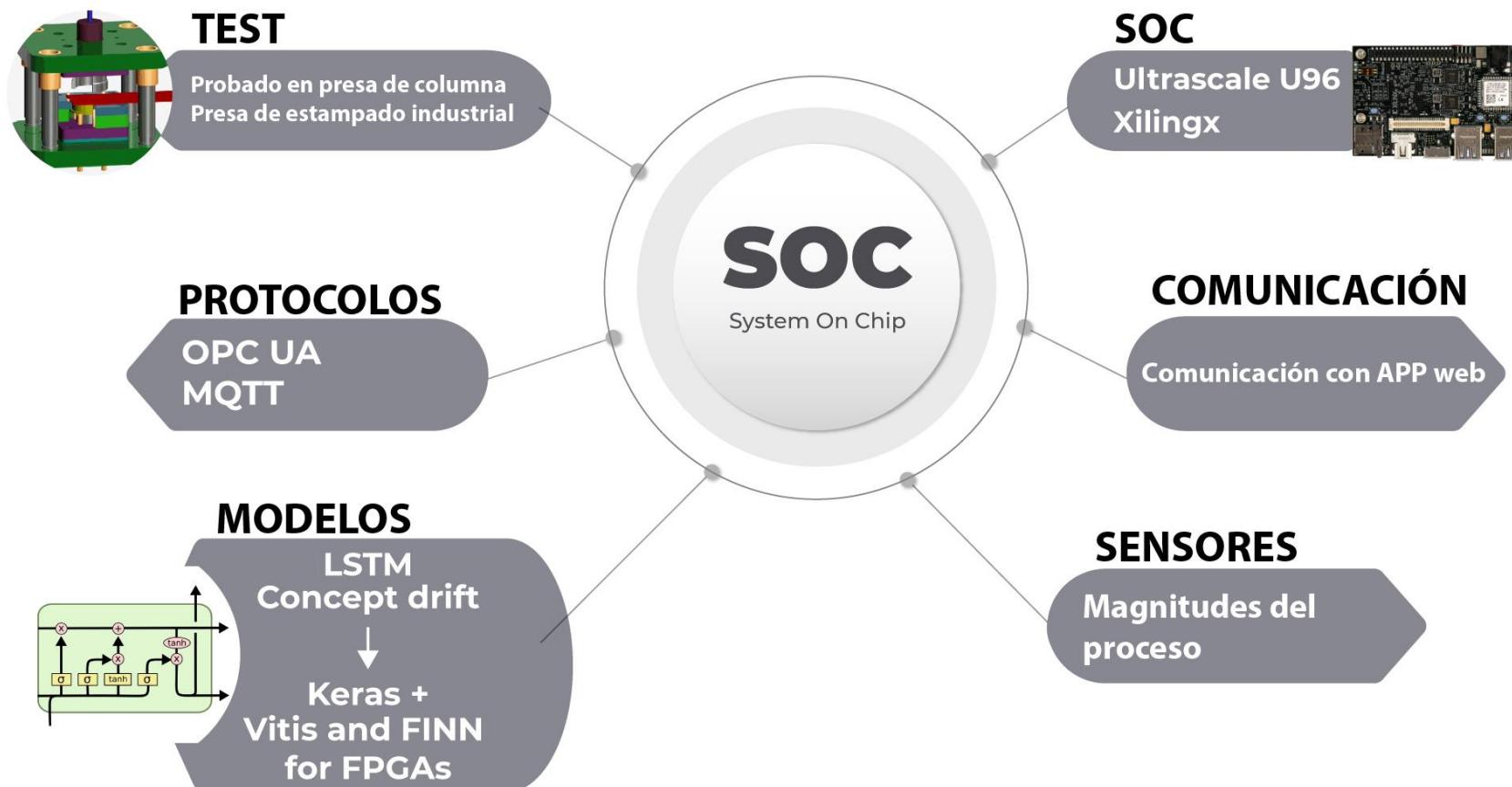
Se utilizarán enfoques novedosos para desarrollar este detector de **anomalías neuromórficas**.

El desarrollo y la demostración del procesador neuromórfico **harán un uso extenso de las tecnologías CPS**.

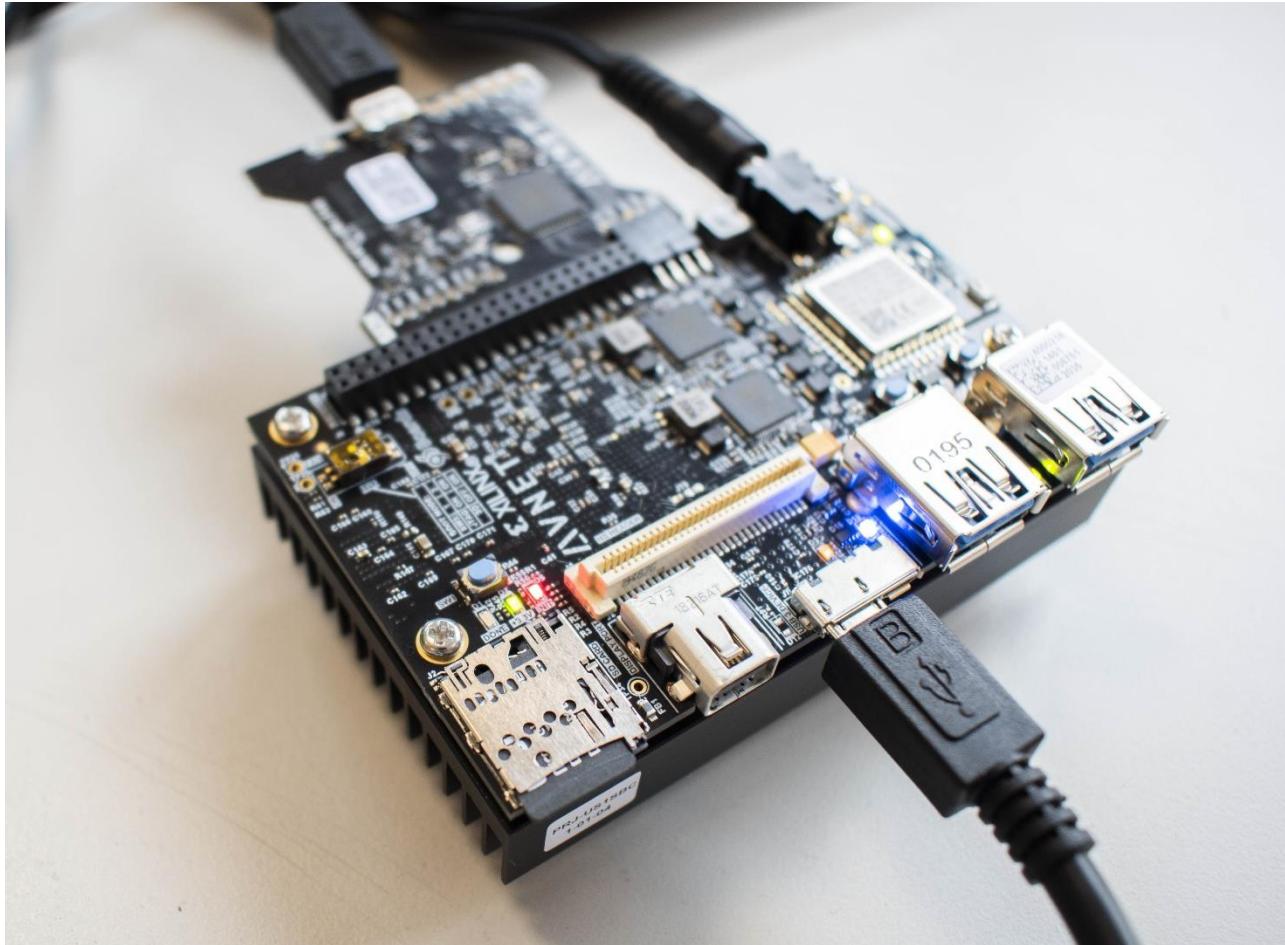
Será desarrollado el algoritmo LSTM-drift y los aceleradores de hardware para implementarlo en tiempo real e integrar el prototipo en una prensa industrial (entorno relevante), donde se podrán validar sus componentes.

La capacidad **de innovación de este prototipo favorecerá la activación de nuevas soluciones técnicas en mantenimiento predictivo en entornos industriales de alta exigencia**.

Abstract



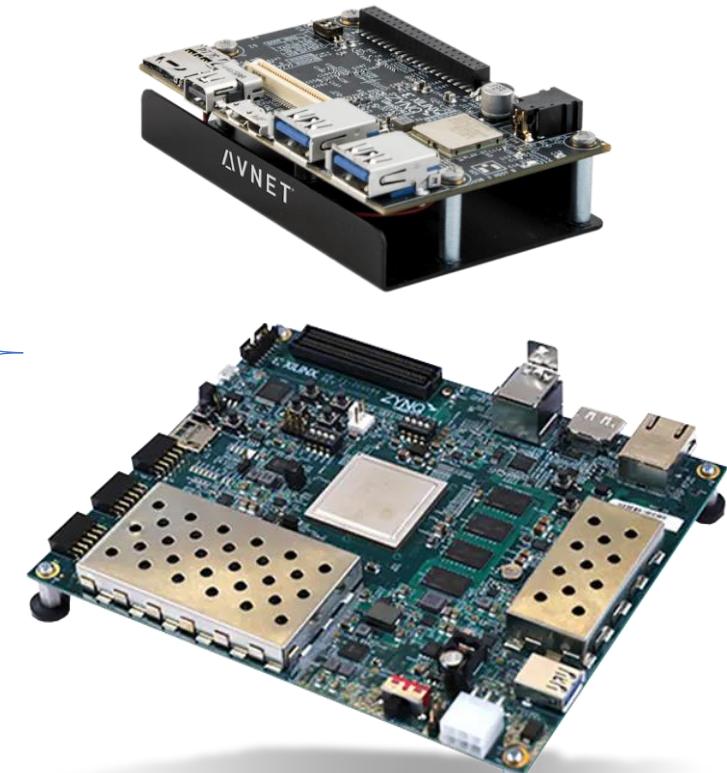
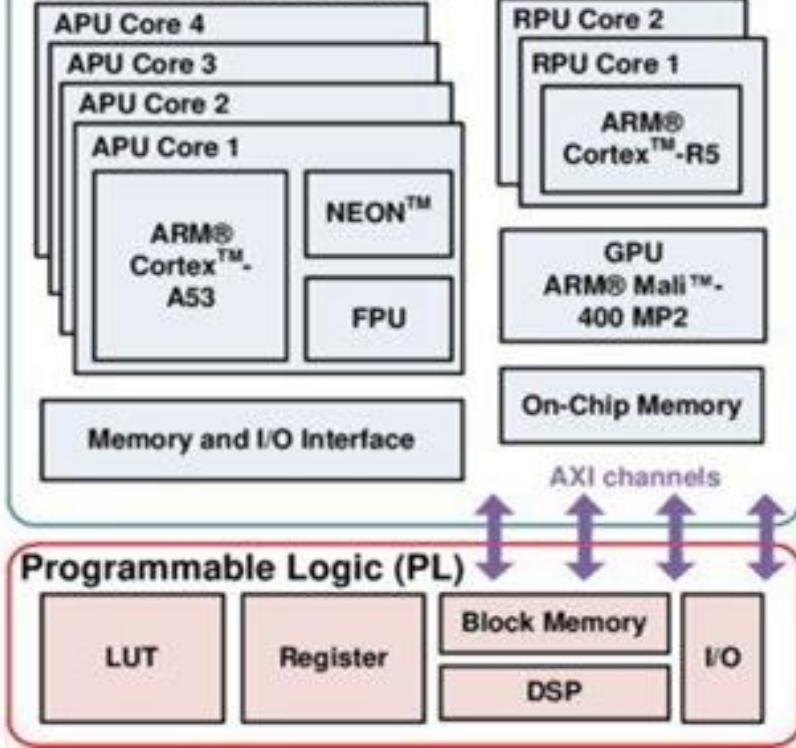
Ultrascale U96 Xiling: ZCU104



Zynq® UltraScale+™ MPSoC

Zynq UltraScale+ MPSoC

Processing System (PS)

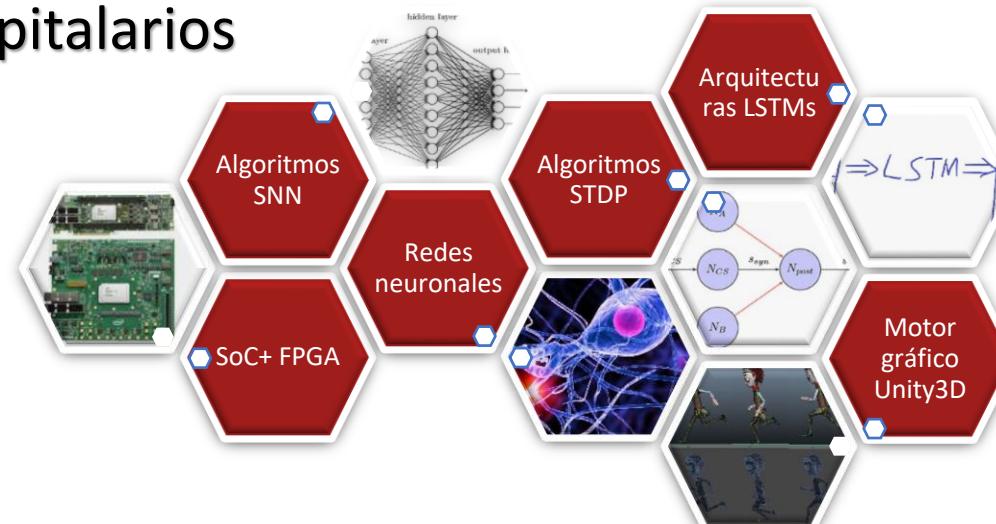


Otros proyectos de ITCL en Ingeniería Neuromórfica

(2021- 2023) CERVERA CCTT EXCELENTEs

Red IBERUS

Red tecnológica de ingeniería biomédica aplicada a patologías degenerativas del sistema neuromusculoesquelético en entornos clínicos y extrahospitalarios

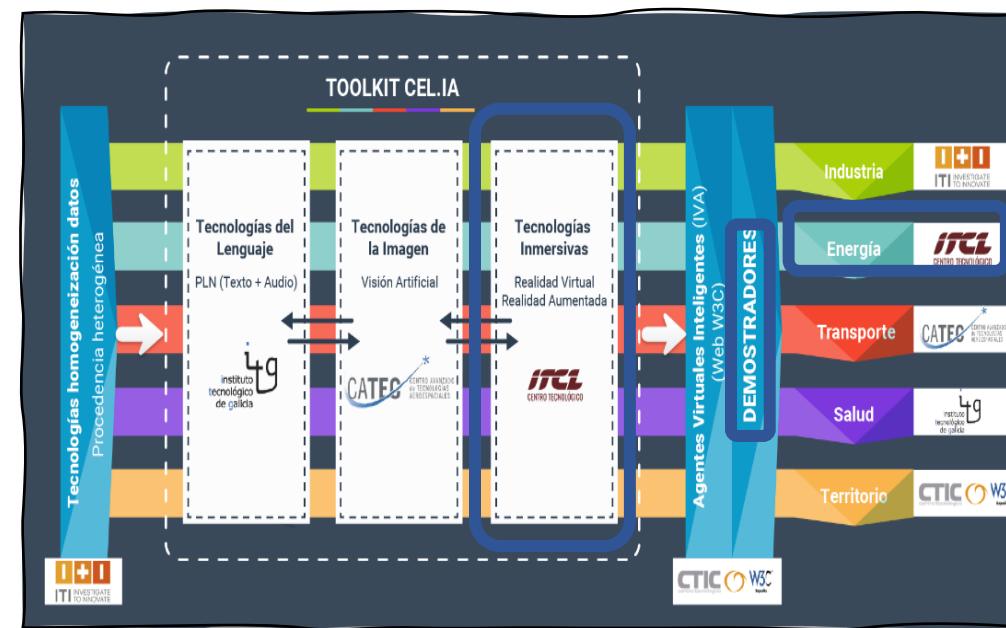
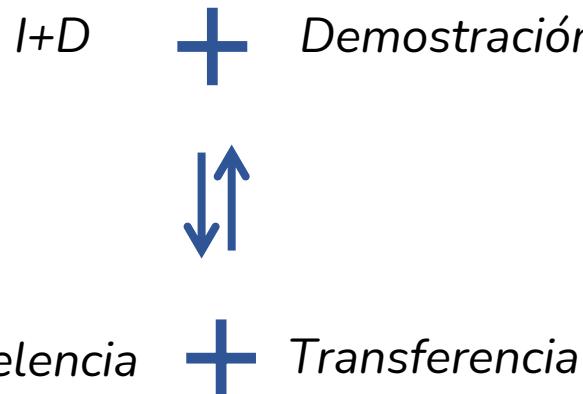


Otros proyectos de ITCL en Ingeniería Neuromórfica

(2021- 2023) CERVERA CCTT EXCELENTES

Agrupación CEL.IA

Consorcio Cervera para el Liderazgo de la I+D y la innovación en Inteligencia Artificial Aplicada



Proyecto (CER-20211022) reconocido como Red de Excelencia CERVERA, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), con cargo a los Presupuestos Generales del Estado 2021.



Otros proyectos de ITCL en Ingeniería Neuromórfica

PROYECTO REGIONAL DE I+D CENTROS TECNOLÓGICOS

NEUROMORFICOS-EG

Desarrollo de sistemas neuromórficos para su procesamiento en el Edge Computing



Muchas gracias por su atención



Dr. Javier Sedano

Adjunto al Director Gerente
Director de I+D



ITCL
CENTRO TECNOLÓGICO



ADVANCED FACTORIES

EXPO & CONGRESS

PARTICIPA EN LA CONVERSACIÓN CON
EL HASHTAG OFICIAL **#AF2022** EN REDES



WWW.ADVANCEDFACTORIES.COM