



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR
MÉRÉSTECHNIKA ÉS INFORMÁCIÓS RENDSZEREK TANSZÉK

Rendszerarchitektúrák

Általános bevezetés

2021. tavaszi félév

Szántó Péter
Raikovich Tamás

Célkitűzések

A beágyazott rendszerek felépítésének, architektúrájának átfogó jelleggel történő bemutatása

- **Építőelemek**
 - Egyszerű mikrokontrollerek
 - Többmagos, nagyteljesítményű SoC eszközök
 - Heterogén eszközök (CPU + GPU/AI + FPGA)
- **Processzor adatfeldolgozási modellek**
- **RISC processzorok általános jellemzői, konkrét példák**
 - RISC-V, Tensilica Xtensa konfigurálható processzor
- **DSP processzorok jellemzői, AD Blackfin architektúra**
- **Buszrendszerek**
 - Eszközön belüli kommunikációs megoldások
 - Külső buszok

Célkitűzések

A beágyazott rendszerek felépítésének, architektúrájának átfogó jelleggel történő bemutatása

- **Rendszerfejlesztési megoldások**
 - IP alapú fejlesztés
 - Socket alapú megoldások
- **Fontosabb külső perifériák**
 - Memória és adattároló kapcsolatok
- **M2M kommunikációs interfészek**
 - Szenzorhálózatok
 - Vezeték nélküli hálózatok

Követelmények

- **Szorgalmi időszakban**
 - Előadás: minden héten, kedd 14:15 – 16:00
 - Gyakorlat: páros héten, péntek 10:15 – 12:00
 - Házi feladat:
 - Saját periféria készítése és illesztése processzoros buszra. Működés ellenőrzése szimulációval történik.
 - Kiadás: a 3. oktatási héten
 - Beadás: szorgalmi időszak vége (késedelmes: pótlási hét vége)
 - Az aláírás követelménye, nem számít bele az osztályzatba
- **Vizsgaidőszak**
 - Írásbeli vizsga

Beágyazott rendszerek

Beágyazott rendszereknek azokat a számítógépes rendszereket nevezzük, melyekre igazak az alábbiak:

- **Dedikált funkció**
 - Tipikusan egy jól meghatározott funkció végrehajtása
- **Szigorú követelmények**
 - Alacsony költség
 - Kevés alkatrész
 - Gyors működés
 - Kis energiafogyasztás
- **Valós idejű működés és reagálás**
 - Folyamatosan kell figyelni a környezetet és reagálni kell a bekövetkező változásokra
- **Hardver és szoftver együttese**

Beágyazott rendszerek

Példák beágyazott rendszerekre:

- **Mobiltelefon rendszerek**
 - Fogasztói készülékek, bázisállomások
- **Autóipari alkalmazások**
 - Fékrendszer, futómű vezérlés, légzsák vezérlés
 - Motorvezérlés, sebességváltó vezérlés
- **Repülőgépipari alkalmazások**
 - Repülésirányító rendszerek, hajtómű vezérlés
 - Robotpilóta
- **Védelmi rendszerek**
 - Radar rendszerek, rádió rendszerek
 - Rakétavezérlő rendszerek
- **Internet of Things (IoT) rendszerek**

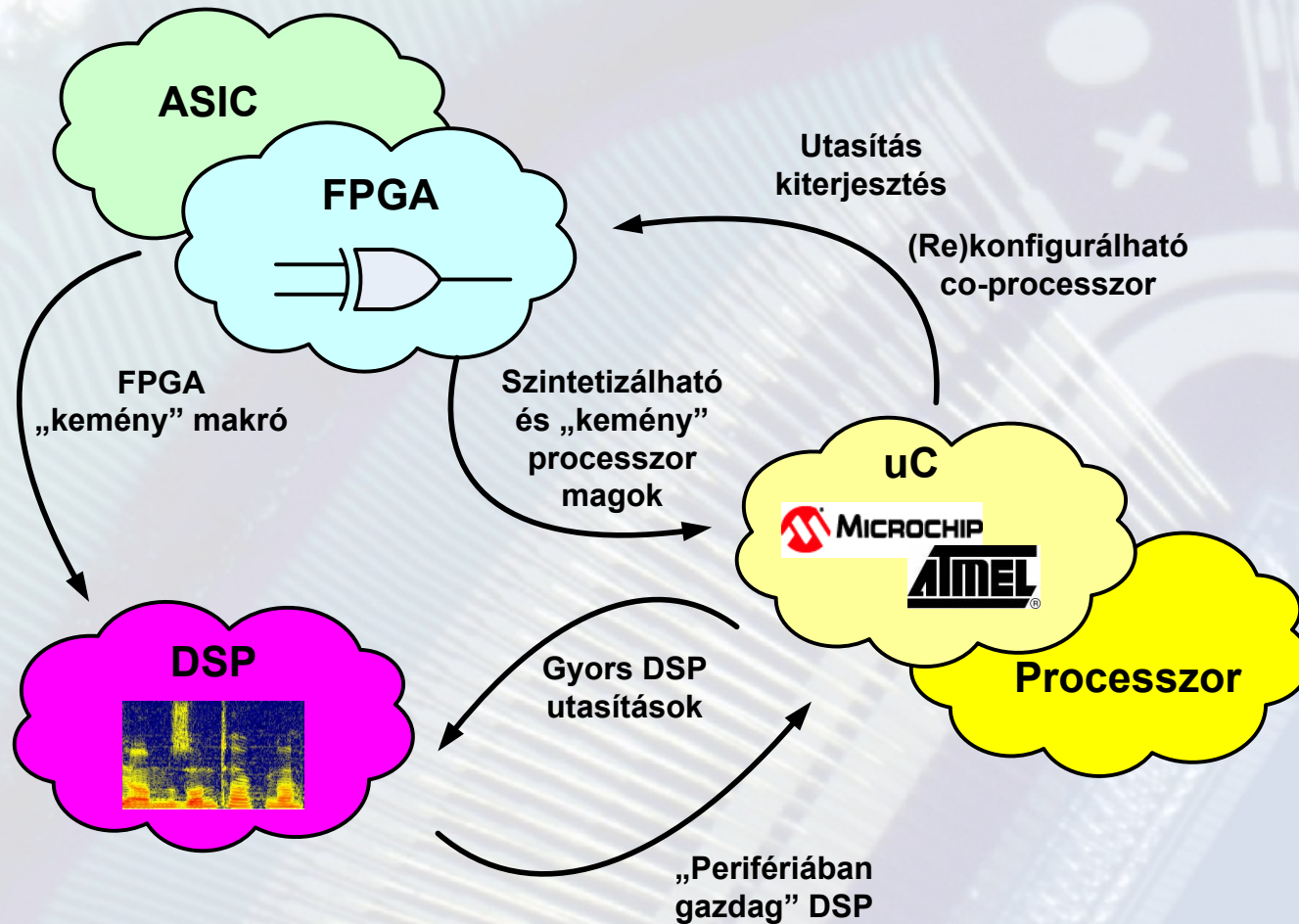
Beágyazott rendszerek

Jelenlegi technológiák a beágyazott rendszerek megvalósításához:

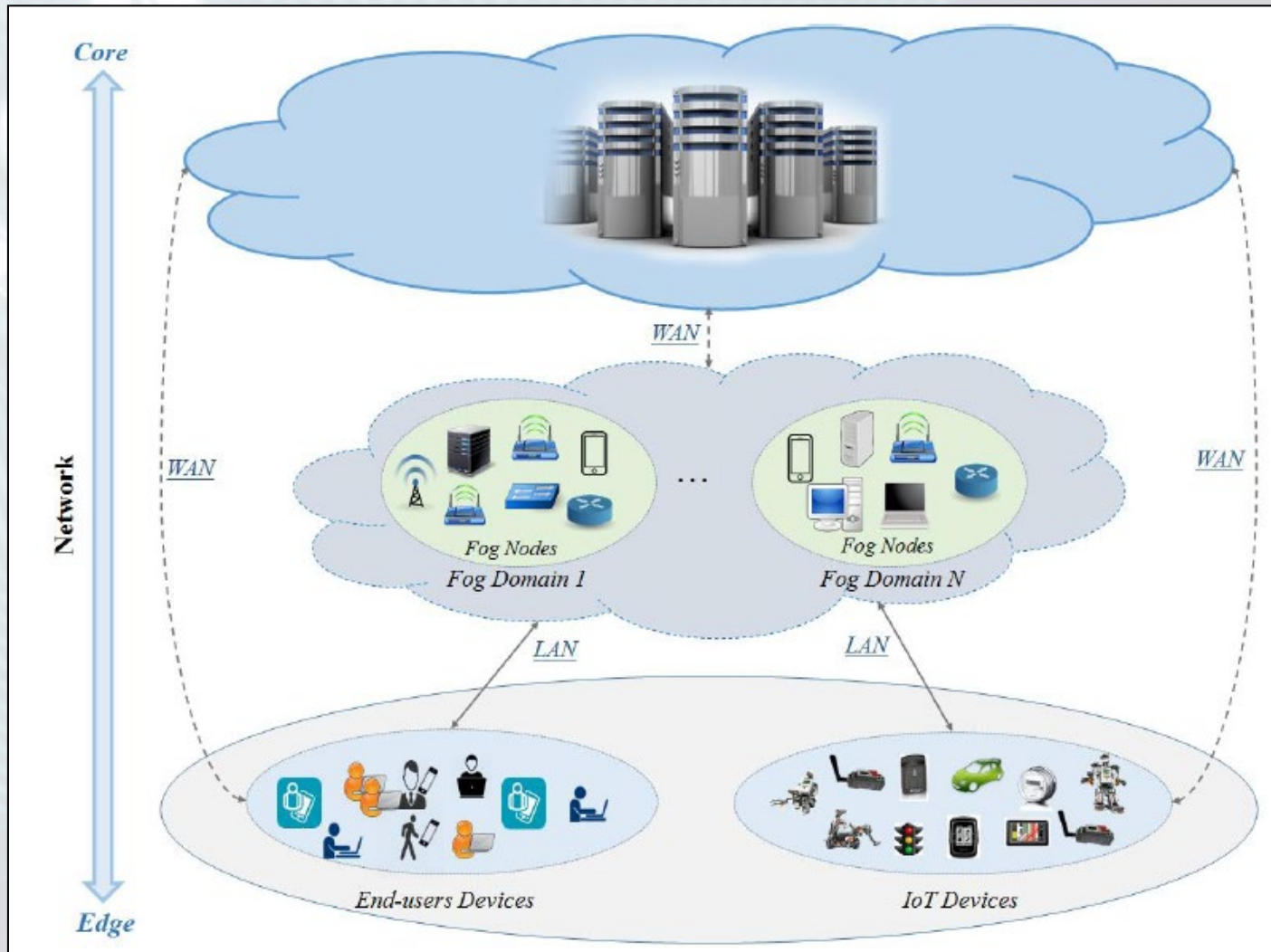
- **Mikrovezérlő/mikroprocesszor alapú rendszerek**
- **Jelfeldolgozó processzor (DSP) alapú rendszerek**
- **ASIC technológián alapuló rendszerek**
- **FPGA technológián alapuló rendszerek**

Beágyazott rendszerek

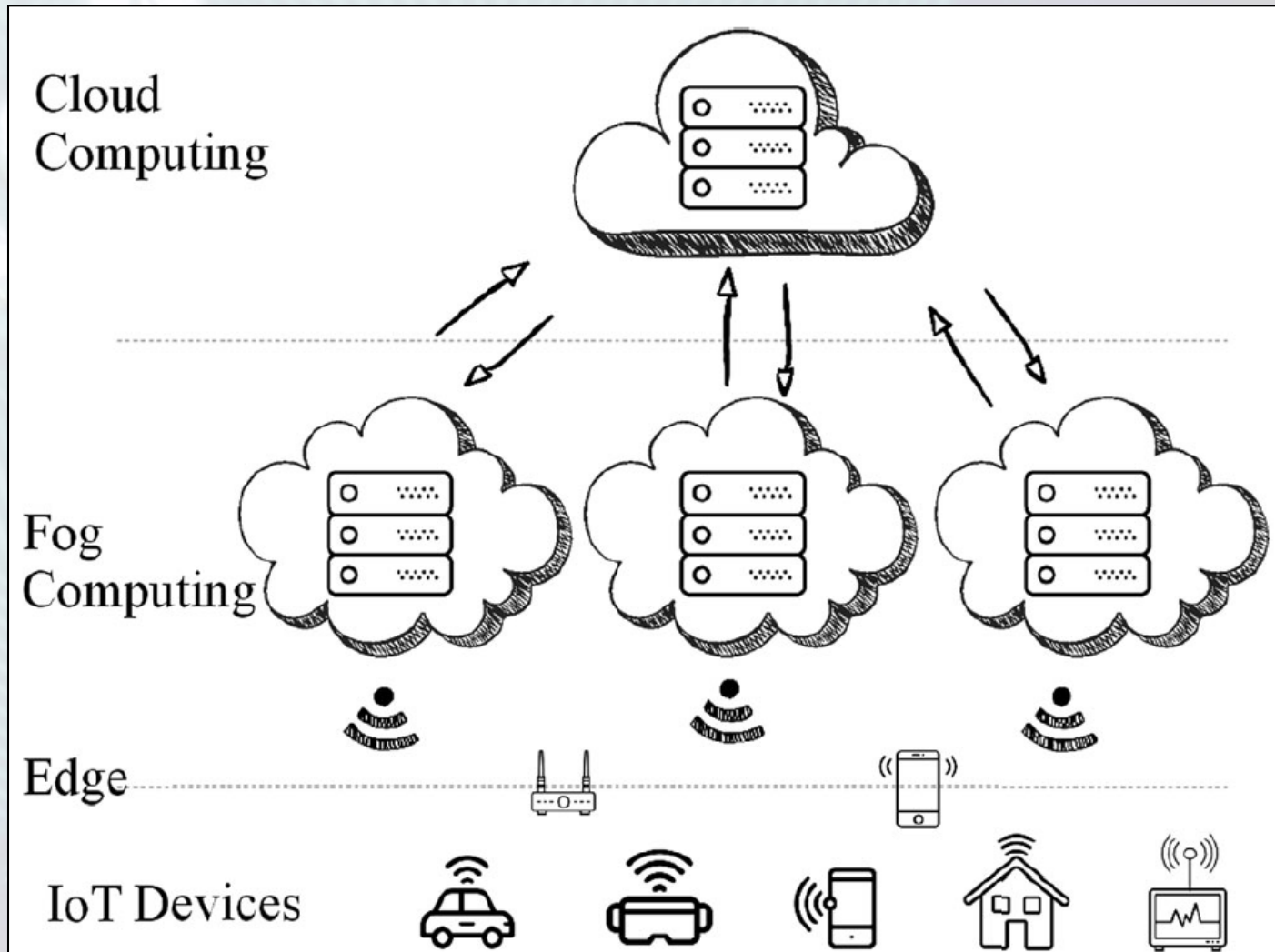
Elmosódó határvonalak a technológiák között



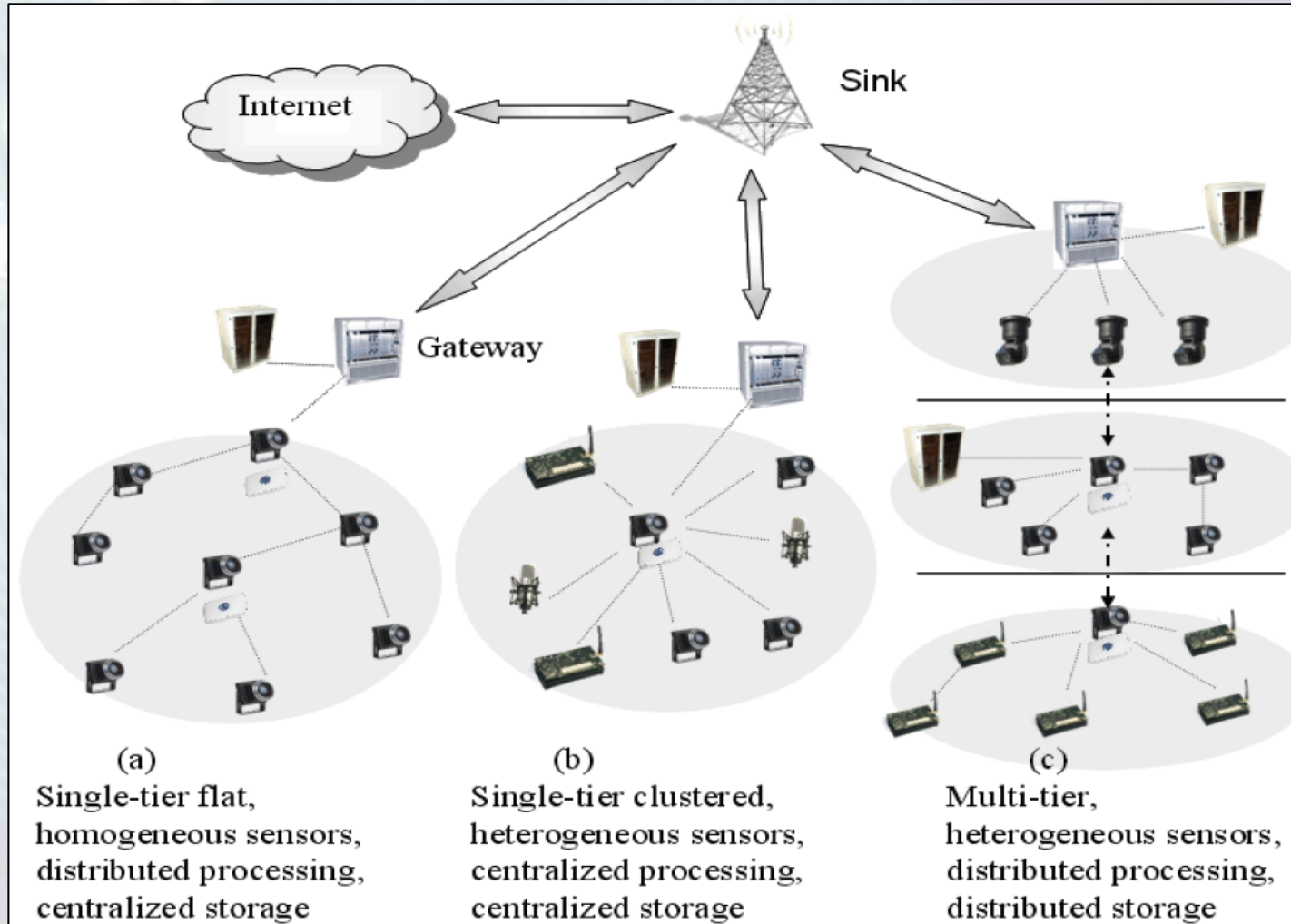
Globális informatikai rendszerek



Globális informatikai rendszerek



Globális informatikai rendszerek



IoT tervezési szempontok

- **Kapcsolat a fizikai környezettel**
 - Bemeneti oldal: szenzorok, adatgyűjtők
 - Kimeneti oldal: beavatkozók, megjelenítők
- **Beágyazott rendszerek adatfeldolgozó egységei**
 - Hardver egységek és jellemzőik
 - Szoftver funkciók és jellemzőik
- **Kommunikációs képességek**
 - Lokális és globális szinten
- **Működtetési és karbantartási jellemzők**
 - Tesztelhetőségi, karbantartási és bővíthetőségi szempontok
- **Teljes rendszerre vonatkozó jellemzők**
 - Biztonsági, megbízhatósági és használati szempontok
- **Felhő alapú háttérszolgáltatások jellemzői**

IoT tervezési szempontok

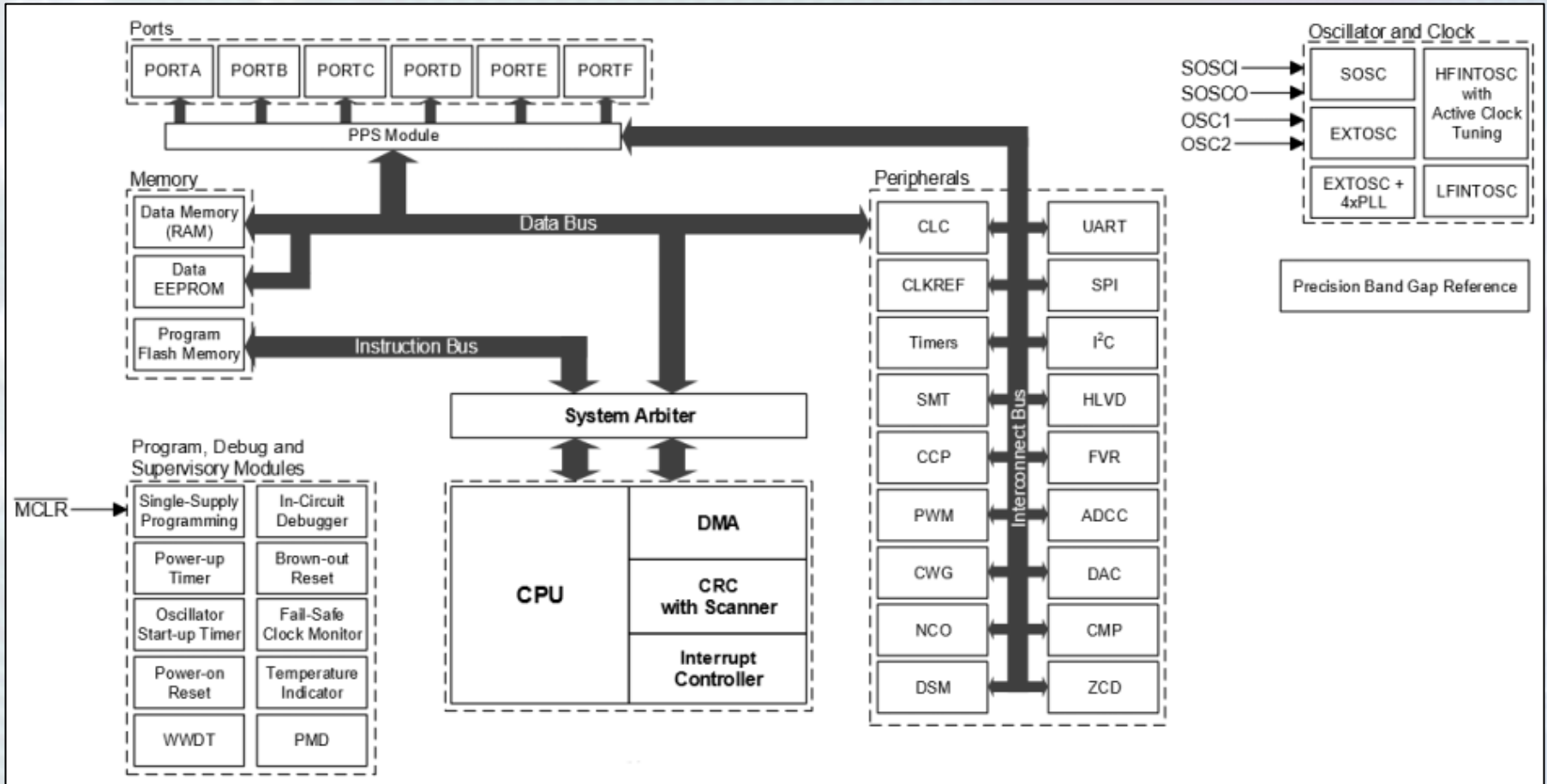
- **IoT rendszerek**
 - A hagyományos beágyazott rendszerek „kibővített” megfelelői
 - Fontos a hálózatba szervezés lehetősége
- **A korábbi lényeges tulajdonságok továbbra is fontosak**
 - Lokális hardver interfészek, kapcsolatok a bemeneti (szenzorok) és kimeneti oldalon
 - Alkalmazott adatfeldolgozó egység típusa, képességei (CPU, MPU, GPU, FPGA)
 - Alkalmazható szoftver környezet (egyedi szoftver, OS)
 - Energiahatékonyság, tápellátás
 - Fizikai kialakítás, méret, mechanikai kialakítás
 - Környezeti, kompatibilitási kérdések

Beágyazott rendszerek építőelemei

- **Példák**
- **Mikrokontrollerek:**
 - 1 (vagy 2) CPU mag + „egyszerűbb” perifériák
 - 8 bites: Microchip PIC12/16/18, Atmel AVR
 - 16 bites: Microchip PIC24/dsPIC, TI MSP430
 - 32 bites: ARM alapú eszközök, Atmel AVR32
 - Wi-Fi: Espressif ESP8266EX (Tensilica L106)
 - ZigBee/Bluetooth: Nordic nRF52840 (ARM Cortex-M4)

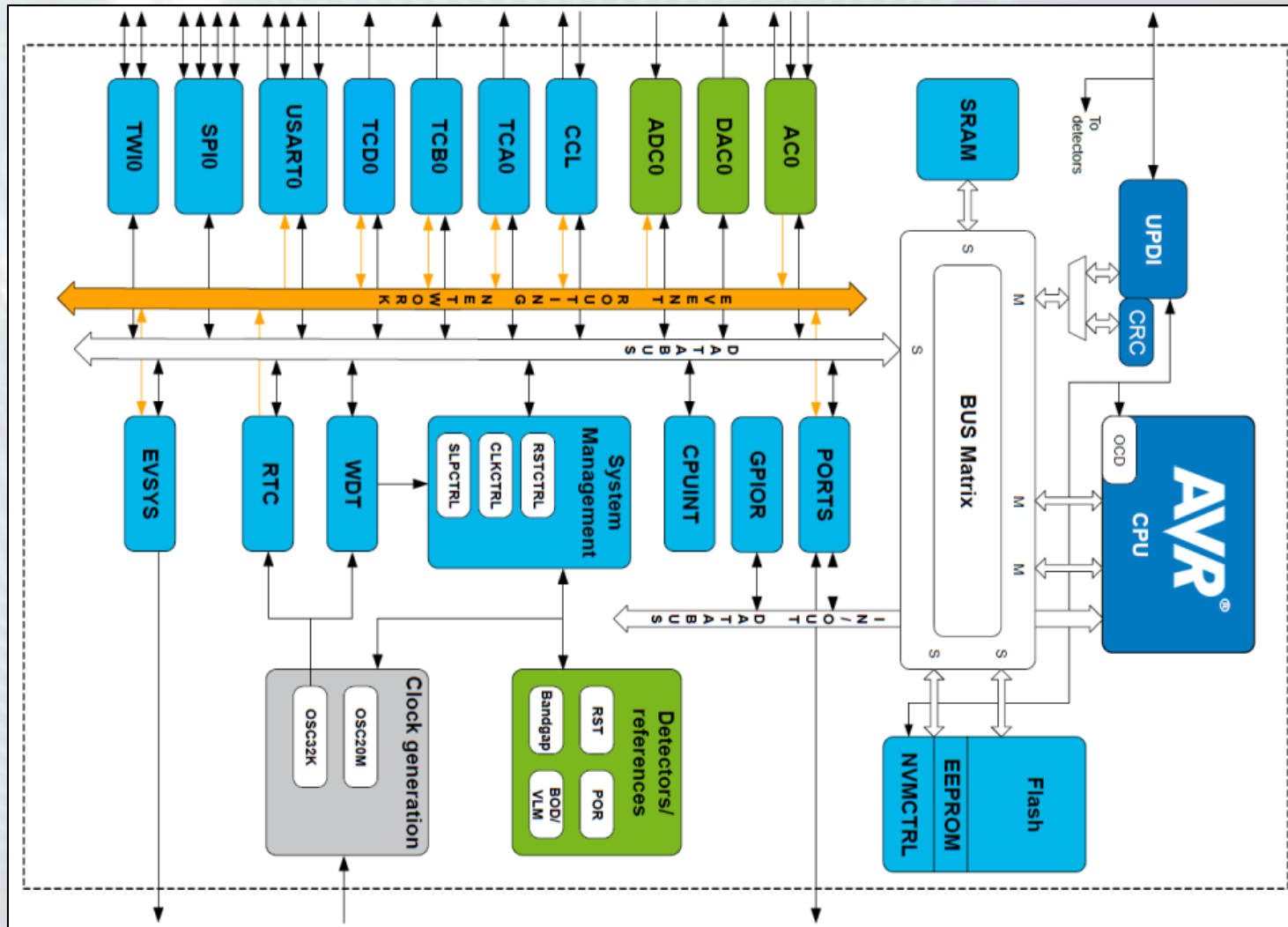
8 bites uC: Microchip PIC18F25Q43

(Microchip PIC)



8 bites uC: Atmel ATtiny412

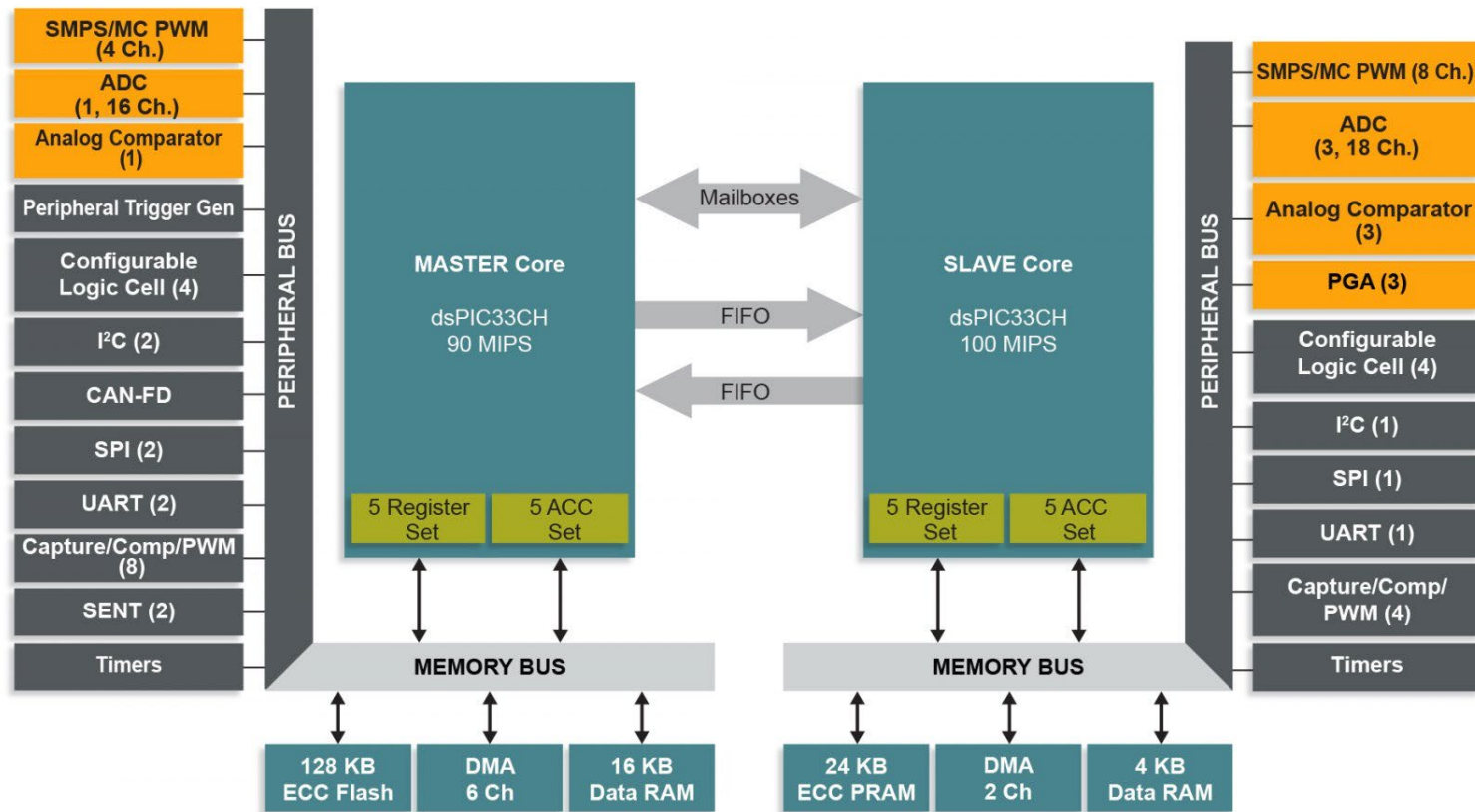
(Atmel AVR)



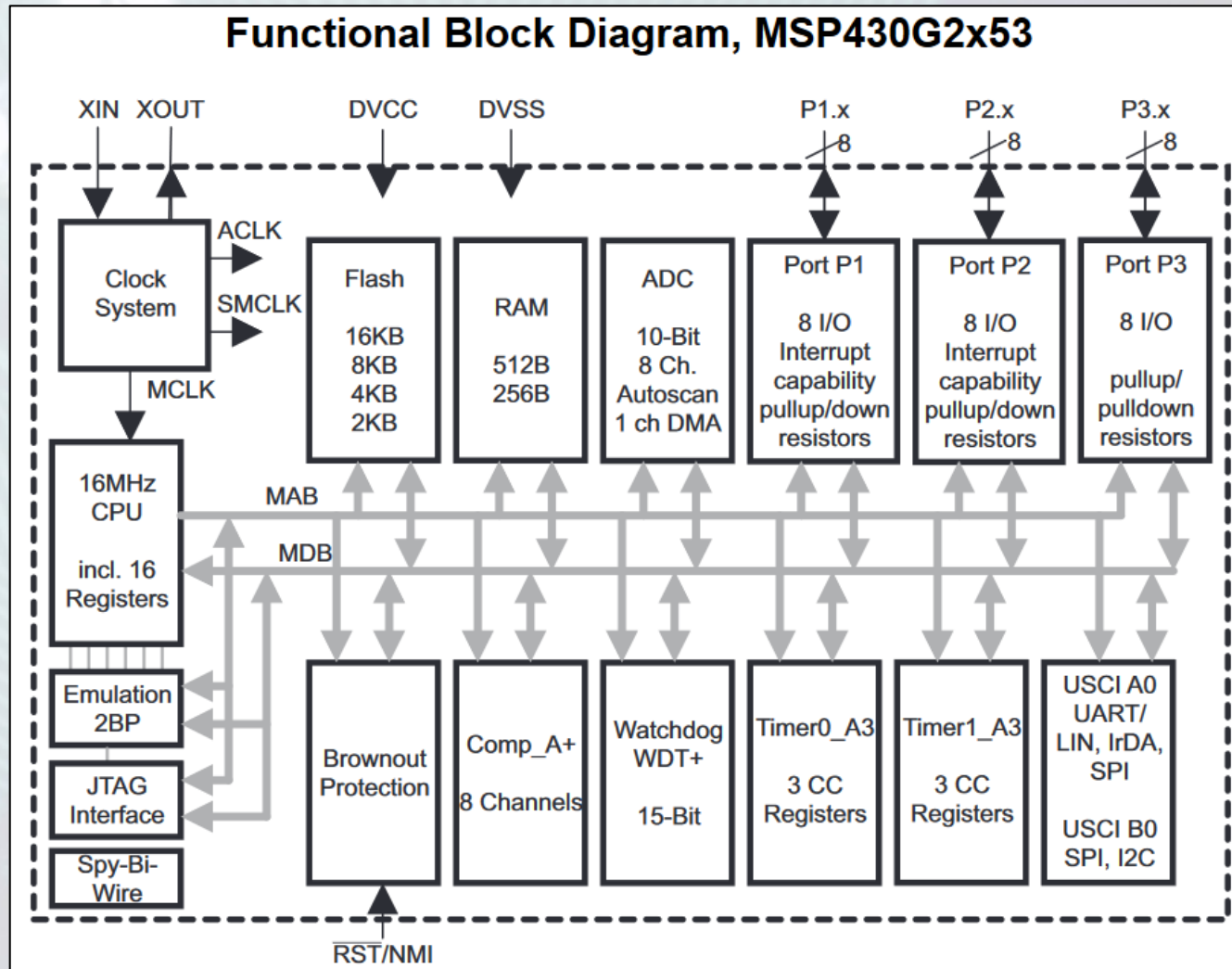
16 bites uC: Microchip dsPIC



dsPIC33CH128MP508 Block Diagram

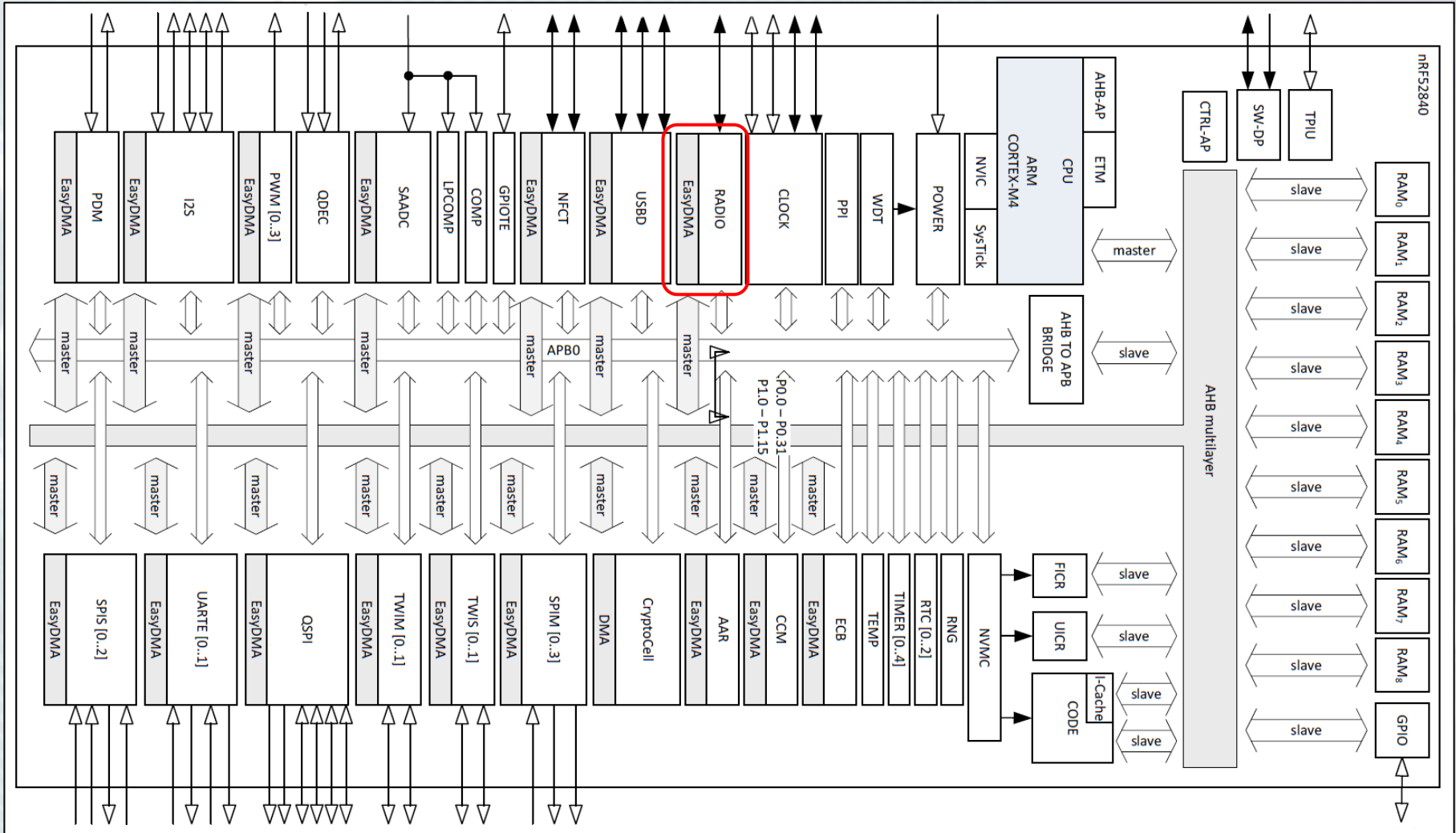


16 bites uC: TI MSP430



32 bits uC: Nordic nRF52840

(ARM Cortex-M4 + ZigBee/Bluetooth)



Beágyazott rendszerek építőelemei

- Példák
- SoC eszközök:
 - Többmagos CPU + „komplex” perifériák (+ FPGA)
 - NXP LX2160A: hálózati eszközökhöz optimalizált
 - Xilinx Zynq család: FPGA-t tartalmaz

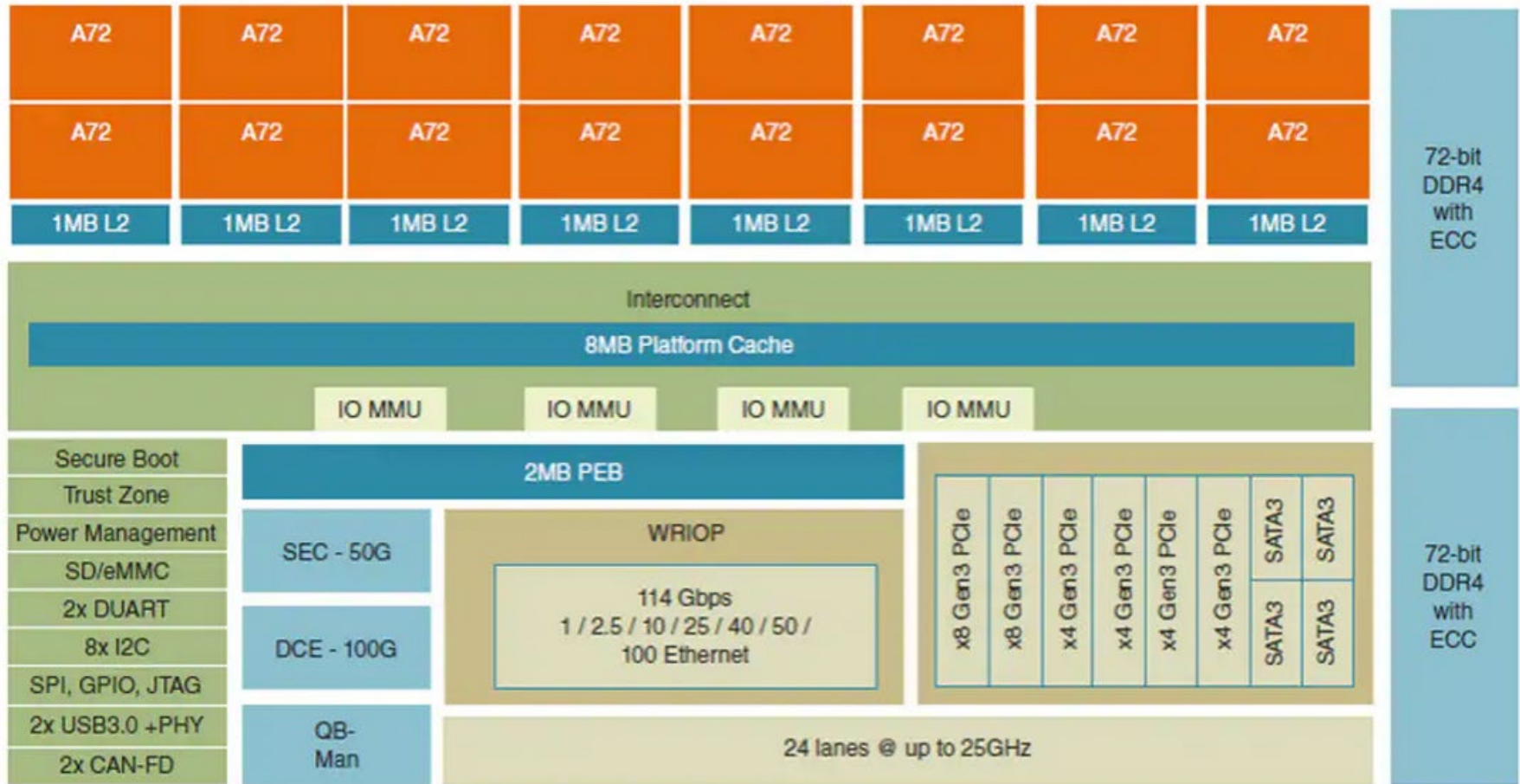
Beágyazott rendszerek építőelemei

- **Példák**
- **SoC eszközök:**
 - Többmagos CPU + „komplex” perifériák (+ FPGA)
 - NXP LX2160A: hálózati eszközökhöz optimalizált
 - Xilinx Zynq család: FPGA-t tartalmaz

NXP LX2160A SoC



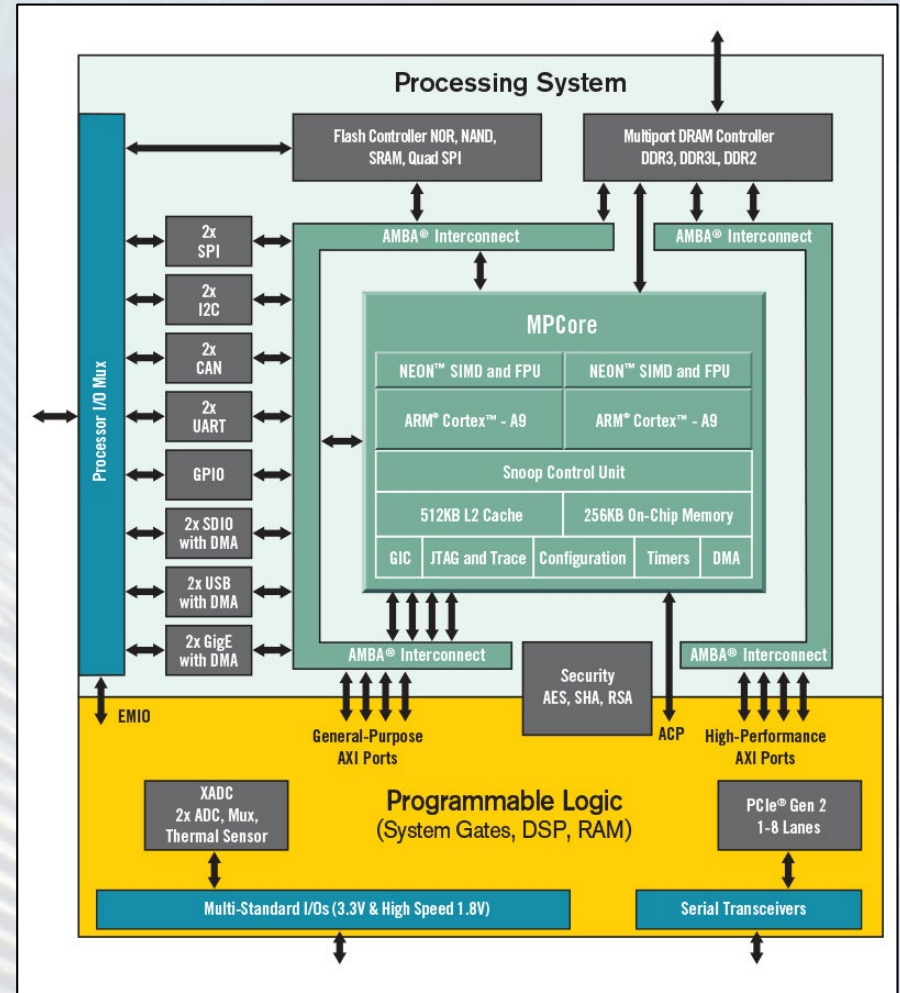
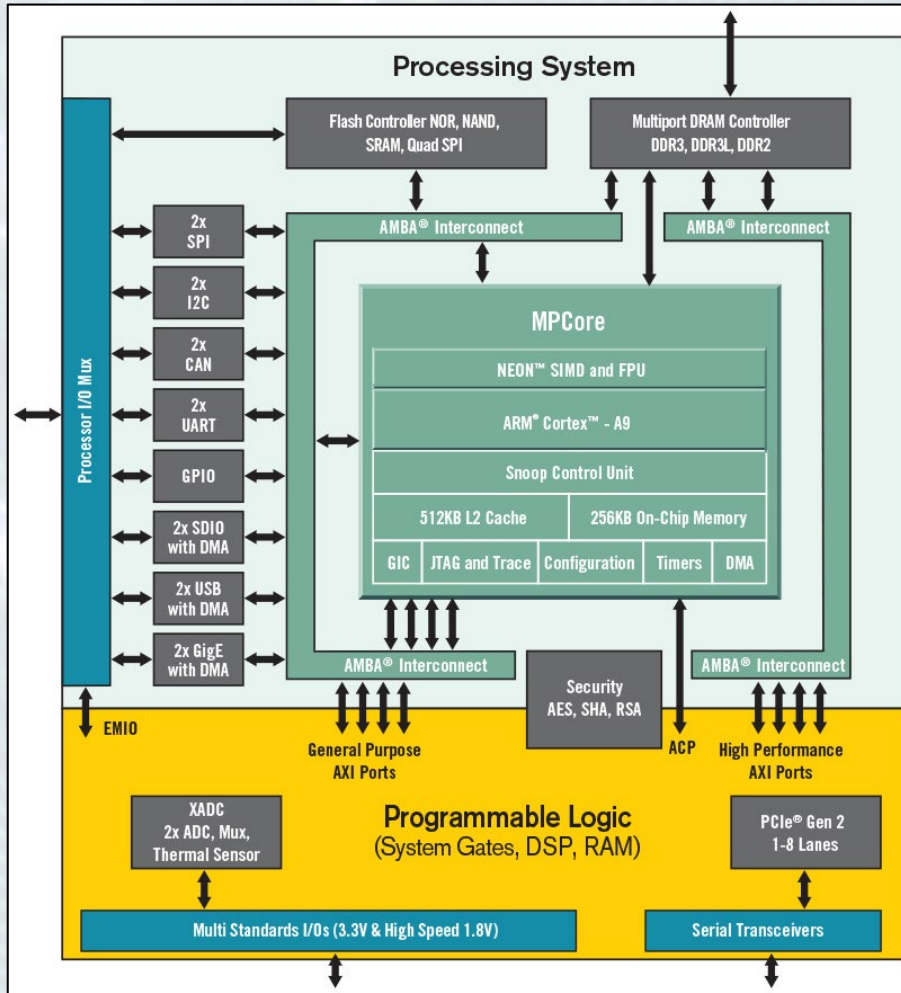
Layerscape LX2160A Block Diagram



NXP LX2160A SoC

- **2 MB packet caching buffer**
- **24 SerDes csatorna (max. 28 GHz)**
 - Max. 24 PCIe Gen4 lane (x8 konfiguráció)
 - Max. 16 Ethernet port
- **Ethernet sebességek: 1, 2.5, 10, 25, 40, 50, 100 Gbit/s**
- **130 Gbit/s Layer 2 Ethernet switch**
- **50 Gbit/s security accelerator**
- **100 Gbit/s data compression/decompression engine**
- **Egyéb perifériák**
 - 4 x SATA3.0
 - SD, eMMC, 2 x DUART, 6 x I2C, 2 x USB3.0, 2 x CAN

Zynq-7000S és Zynq-7000 SoC



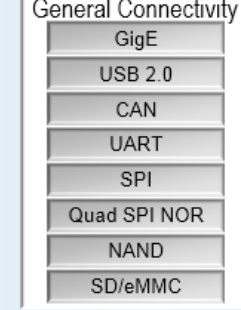
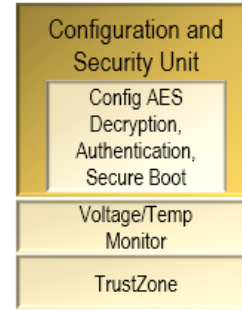
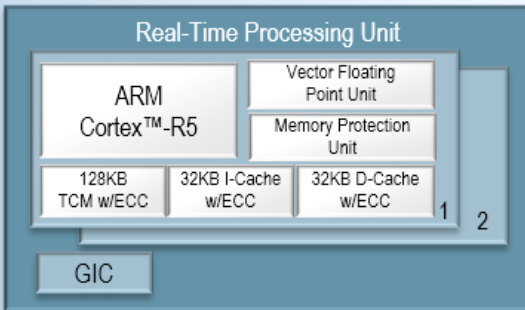
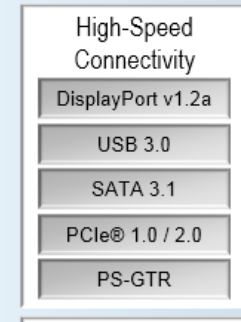
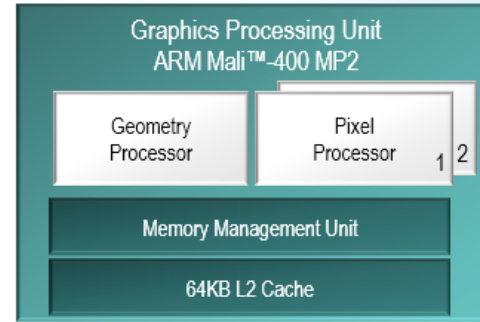
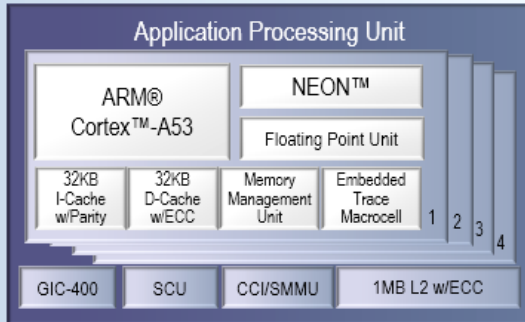
Beágyazott rendszerek

Xilinx Zynq UltraScale+ CG/EG/EV MPSoC család:

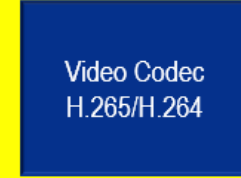
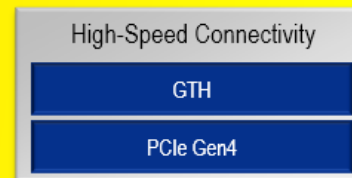
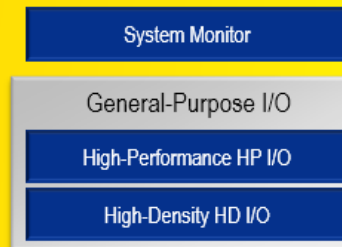
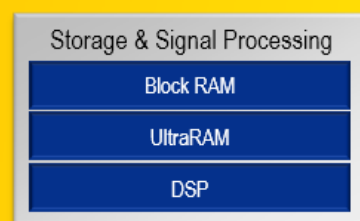
- Négymagos ARM Cortex-A53 alkalmazás processzor
- Kétmagos ARM Cortex-R5 real-time processzor
- DDR3/DDR4 memória vezérlő
- ARM Mali-400 MP GPU (EG és EV), H.264/H.265 kodek (EV)
- Nagysebességű perifériák
 - DisplayPort, USB 3.0, SATA 3.0, PCI Express
- Általános perifériák
 - Gbit Ethernet, CAN, I2C, SPI, UART, USB 2.0, SD/eMMC
- Felhasználási területek:
 - Ipari vezérlés, repülési és védelmi alkalmazások
 - Multimédia, embedded vision, ADAS

Zynq UltraScale+ EV MPSoC

Processing System



Programmable Logic



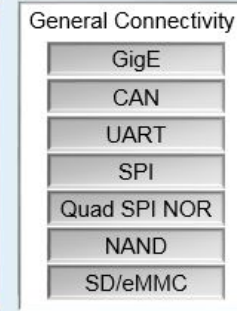
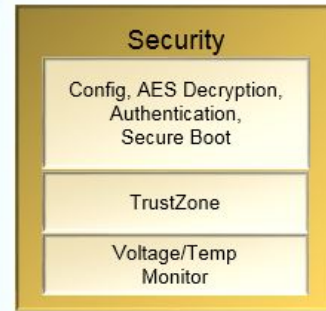
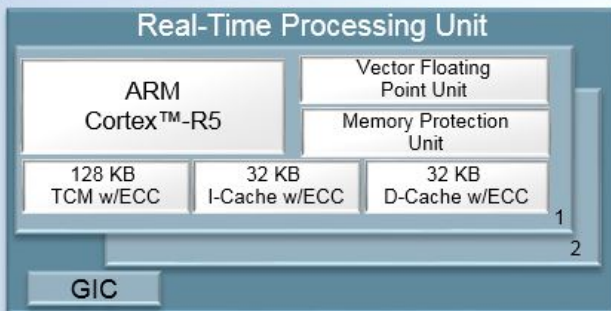
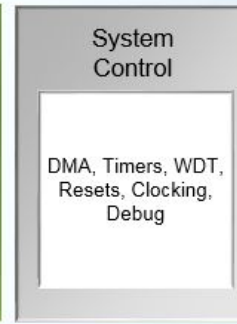
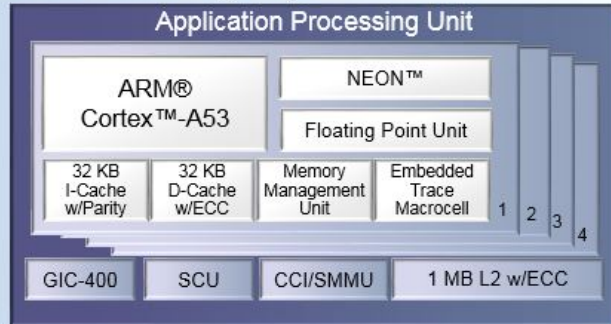
Beágyazott rendszerek

Xilinx Zynq UltraScale+ RFSoc család:

- Négymagos ARM Cortex-A53 alkalmazás processzor
- Kétfmagos ARM Cortex-R5 real-time processzor
- DDR3/DDR4 memória vezérlő
- Multi-GSPS A/D és D/A konverterek, SD-FEC modul
- Nagysebességű perifériák
 - DisplayPort, USB 3.0, SATA 3.0, PCI Express
- Általános perifériák
 - Gbit Ethernet, CAN, I2C, SPI, UART, USB 2.0, SD/eMMC
- Felhasználási területek:
 - Nagysebességű tesztelés és mérés, 5G rádió, radar

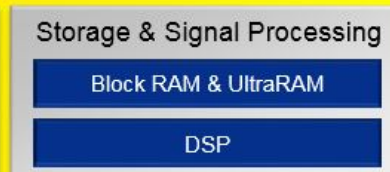
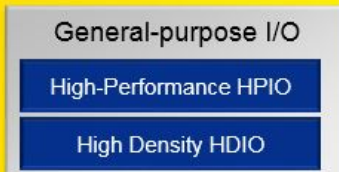
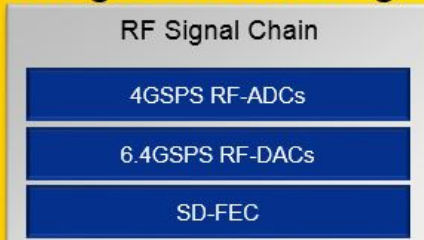
Zynq UltraScale+ RFSoc

Processing System



Programmable Logic

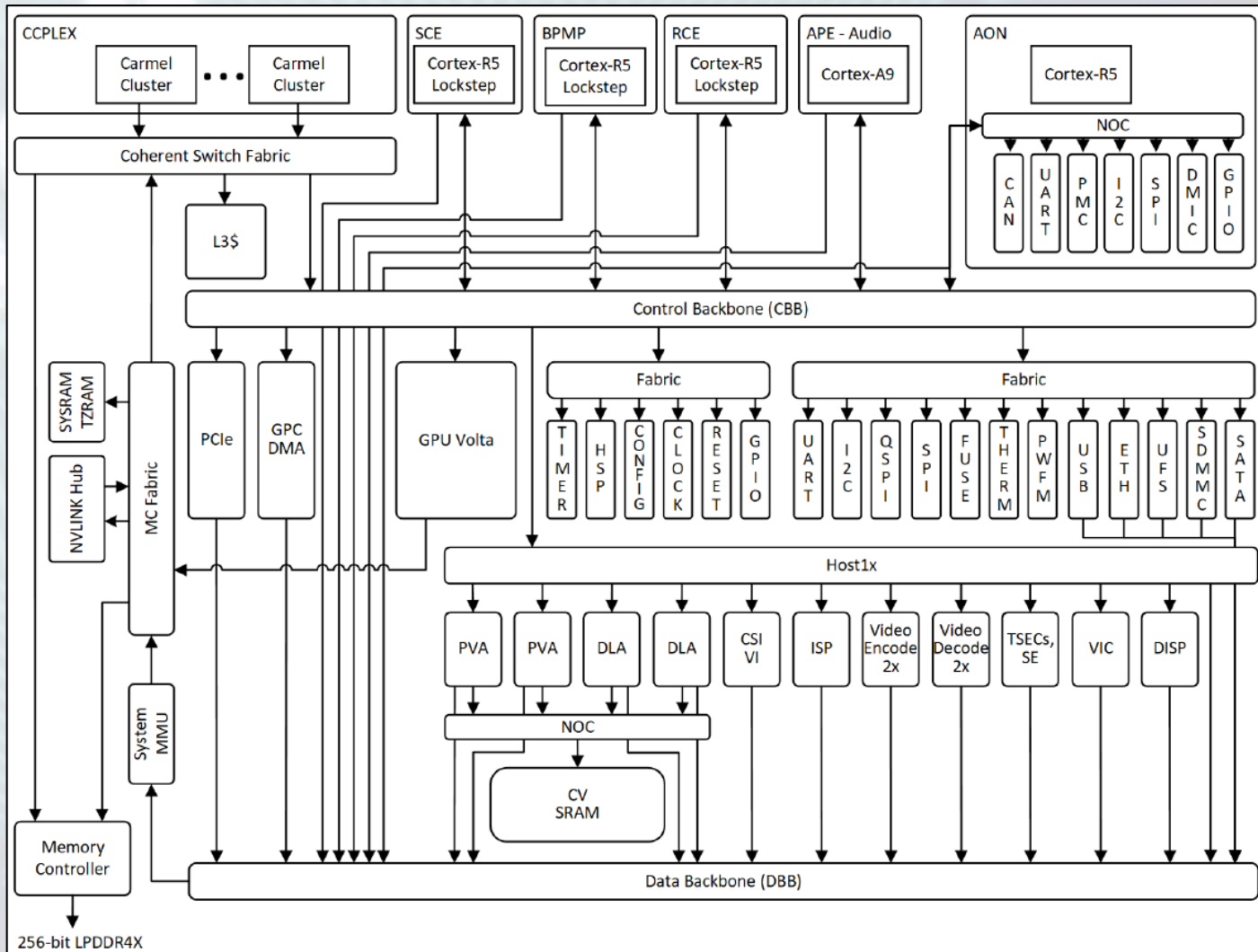
SysMon



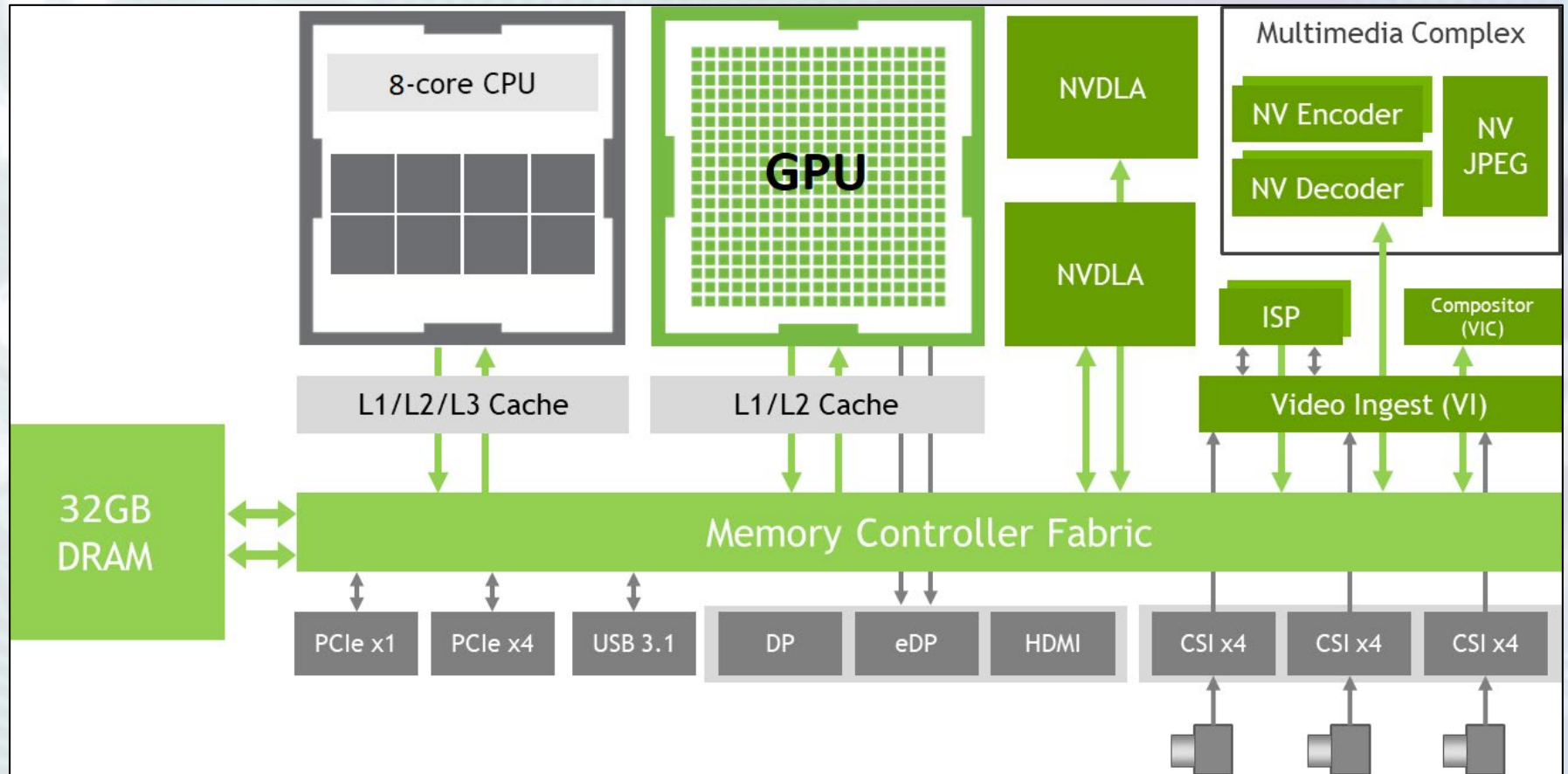
Beágyazott rendszerek építőelemei

- Példák
- **Heterogén eszközök: SoC + GPU/AI (+ FPGA)**
 - Nvidia Tegra: CPU + GPU (+ AI gyorsító)
 - Xilinx Versal: CPU + AI gyorsító + FPGA

Heterogén: Nvidia Tegra – Xavier

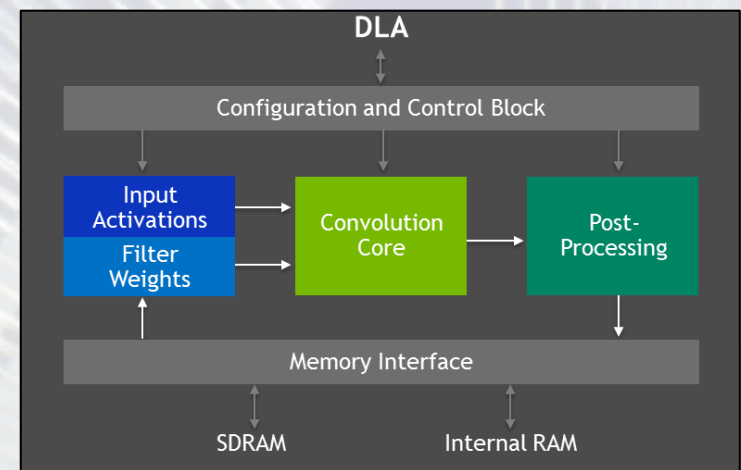
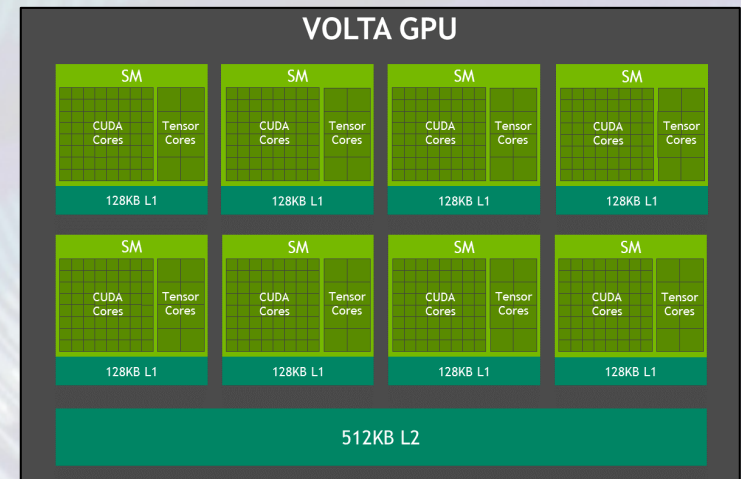
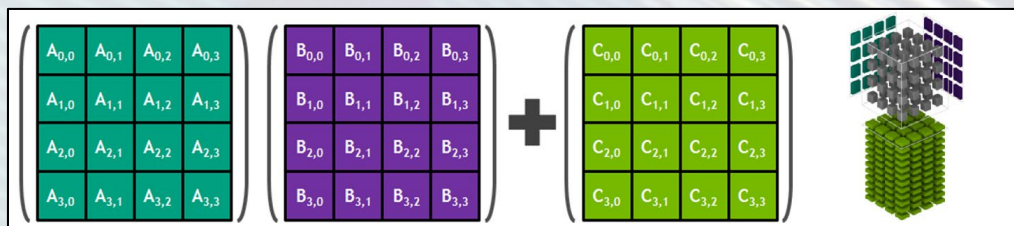


Heterogén: Nvidia Tegra – Xavier



Heterogén: Nvidia Tegra – Xavier

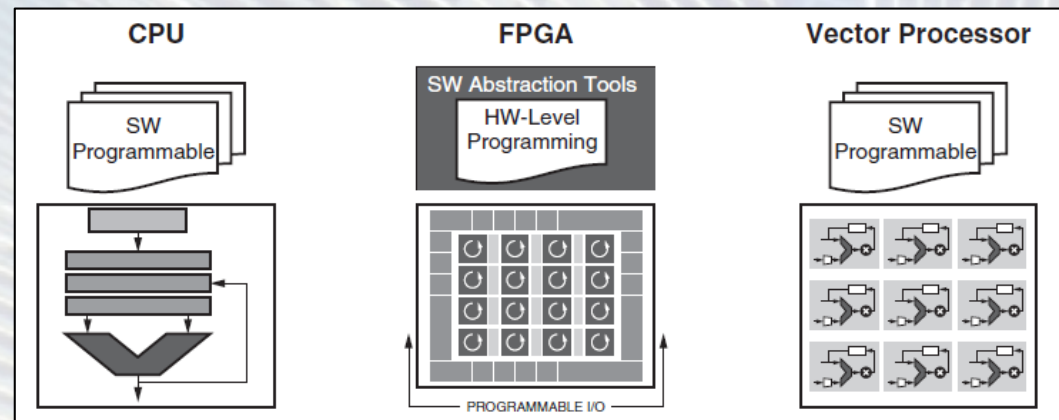
- **Nvidia Volta GPU**
 - 512 CUDA mag (FP32, FP16, INT)
 - 64 Tensor Core
 - 4 x 4 x 4 mátrix MAC
 - 128x INT8 OPs, 64x FP16 OPs
- **Nvidia Deep Learning Accelerator**
 - Neurális hálózatokhoz
 - 2 x 5 TOPS INT8
 - 2 x 2,5 TOPS FP16



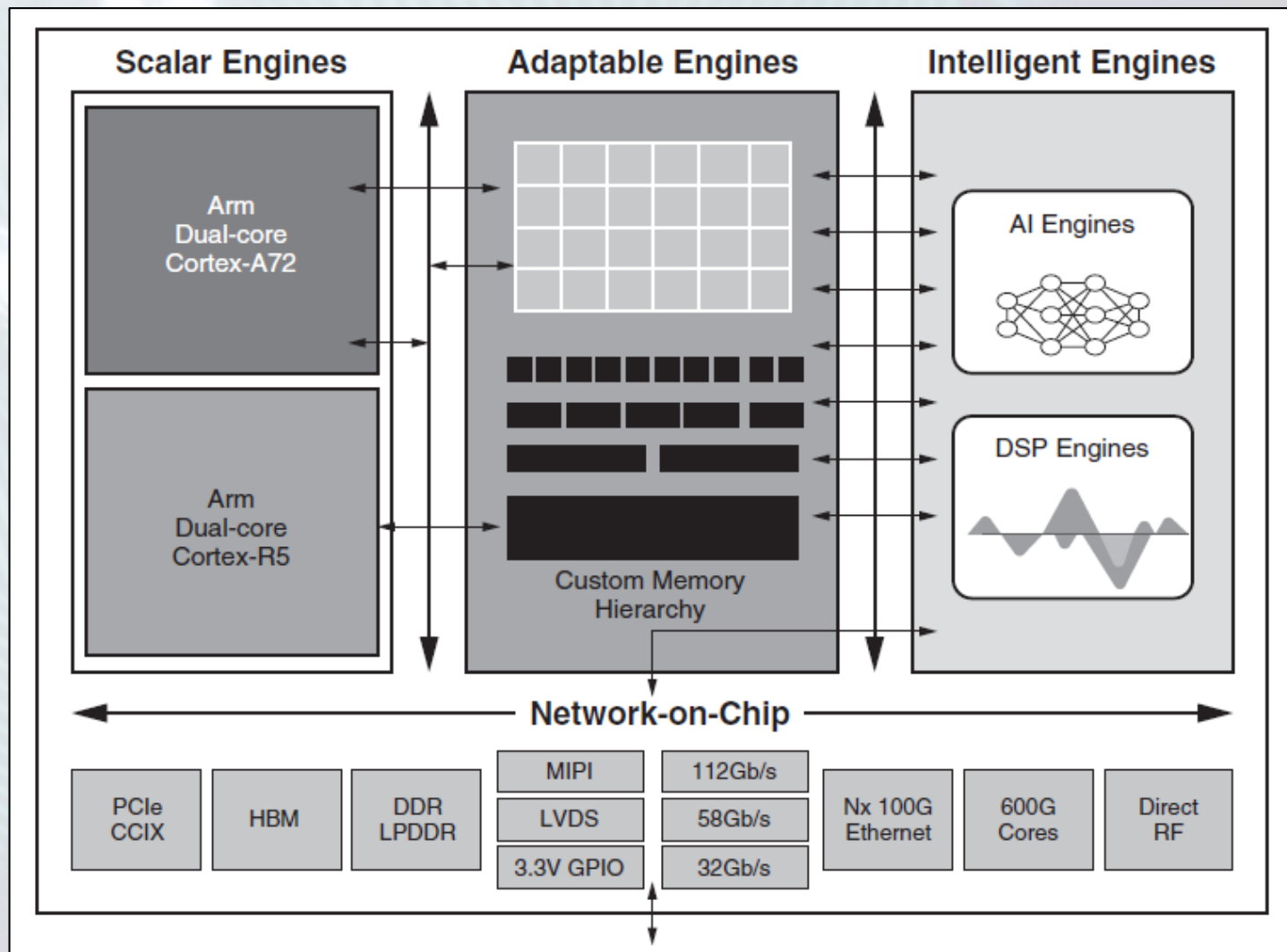
Heterogén: Xilinx Versal ACAP

Xilinx Versal ACAP (Adaptive Compute Acceleration Platform):

- **Heterogén rendszer**
- **Skalár processzor (CPU) – Scalar Engines**
 - Komplex algoritmusok futtatása, döntéshozás
- **Programozható logika (FPGA) – Adaptable Engines**
 - Rendhagyó adatstruktúrák feldolgozása, szenzorfúzió
 - Valós idejű feldolgozás, flexibilis párhuzamosítás, HW gyorsítás
- **Vektor processzor (GPU, DSP) – Intelligent Engines / AI Engines**
 - Alkalmazásspecifikus párhuzamosítás
 - Jelfeldolgozás
 - Képfeldolgozás
 - Videofeldolgozás



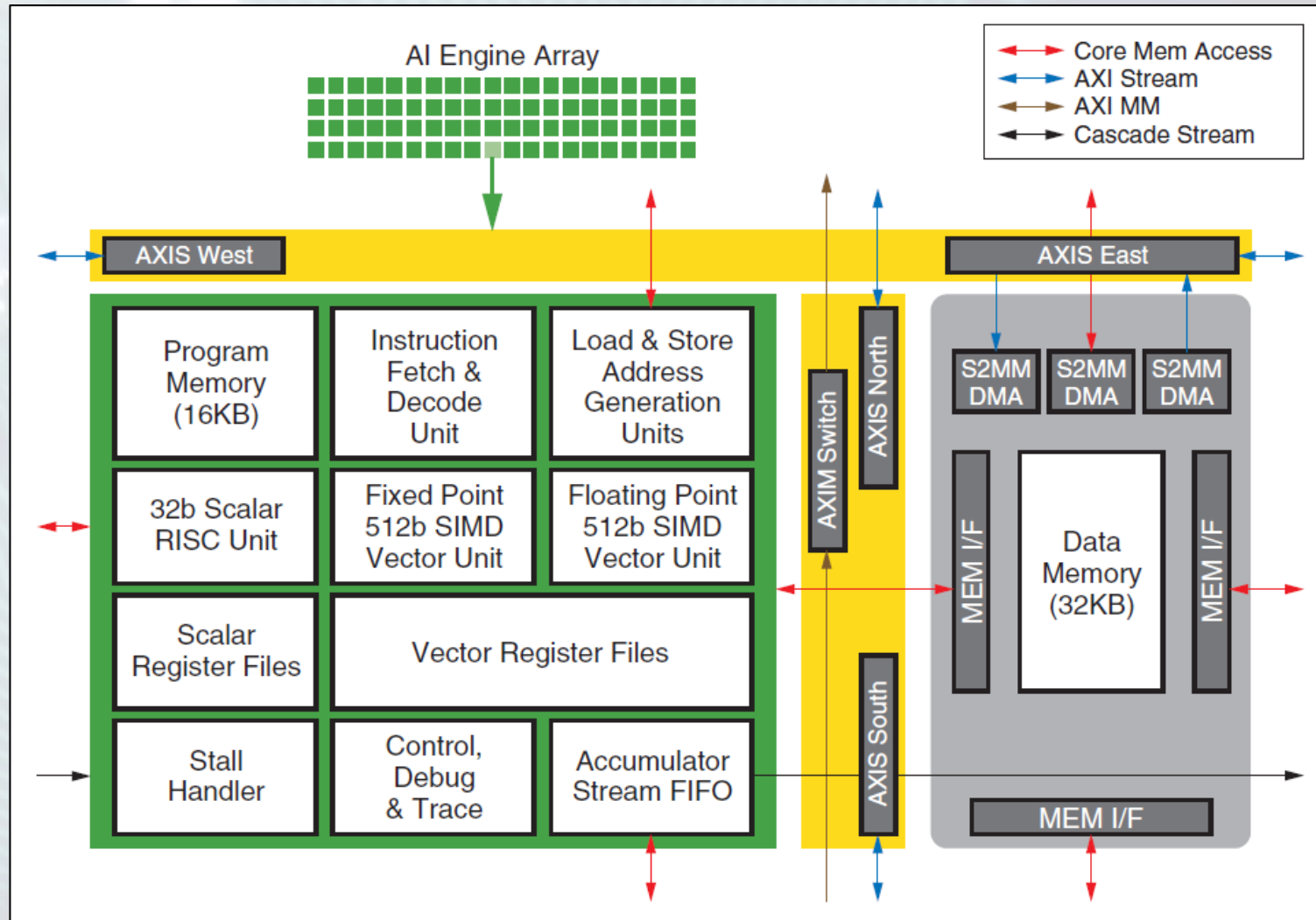
Heterogén: Xilinx Versal ACAP



Heterogén: Xilinx Versal ACAP

- **Scalar Engine**
 - Kétmagos ARM Cortex-A72 alkalmazás processzor
 - Kétmagos ARM Cortex-R5 real-time processzor
 - GPIO, UART, CAN, SPI, I²C, Gbit Ethernet, USB 2.0, timer
- **DDR4/LPDDR4 memória vezérlő**
- **High Bandwidth Memory (HBM) (egyes eszközökben)**
- **Nagysebességű kommunikációs interfészek**
 - GTY (32 Gb/s) és GTM (58 Gb/s) transceiver-ek
 - Gen4 PCI Express, CCIX (PCIE cache koherens kiterjesztése)
 - 10/25/40/50/100 Gbit Ethernet
- **Multi-GSPS A/D és D/A konverterek (egyes eszközökben)**
- **AXI-4 alapú Network-on-Chip kommunikáció (MM, stream)**

Heterogén: Xilinx Versal ACAP



Heterogén: Xilinx Versal ACAP

- A feldolgozó egységek (128 – 400 db) egy tömbben helyezkednek el, NoC kommunikáció
- Dedikált 16 kB program- és 32 kB adatmemória
- 32 bites skalár processzor
- 512 bites fix- és lebegőpontos vektor processzor
- MAC műveletek és komplex számok kezelése
- Szinkronizáció kezelése
- 6 utas VLIW utasítások (2x skalár, 2x LD, 1x MAC, 1x ST)

