



IP PARIS

# Introduction à la conception de systèmes sur puce

Systemes configurables sur FPGA

Tarik Graba

tarik.graba@telecom-paris.fr

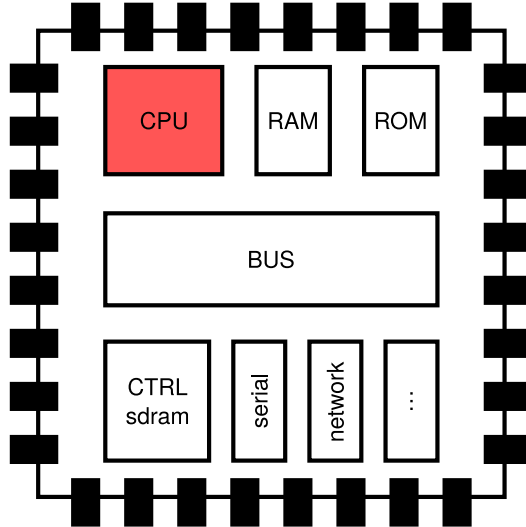
2022-2023

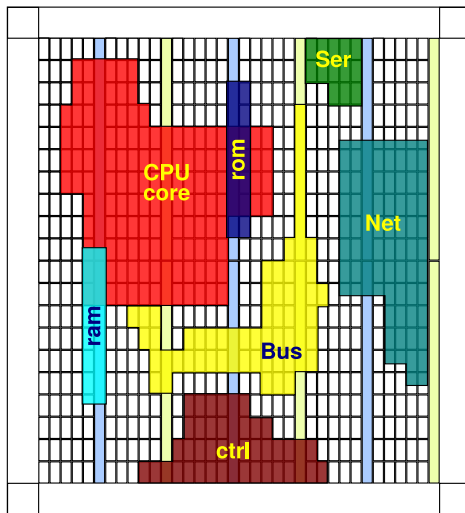


# Systemes sur FPGA

- Les FPGAs contiennent:
  - des cellules logiques programmables,
  - des mémoires,
  - ...
- Les FPGAs peuvent être utilisés pour implémenter matériellement des fonctions numériques:
  - des fonctions de traitement du signal,
  - des processeurs,
  - des accélérateurs
  - ...
- Les utiliser pour construire des systèmes à base de processeurs

- Développer rapidement une application autour d'un **cœur** de processeur:
  - le développement logiciel est plus simple,
  - plus facile de trouver des développeurs,
  - réutiliser les bibliothèques et les OS existants.
- Ajouter des périphériques spécialisés grâce au FPGA:
  - pour des questions de performance,
  - pour simplifier les cartes électroniques (beaucoup d'IO, glue logic,...)
- En deçà d'un certain volume, on n'a pas le choix.





# Softcore processor

## Softcore processor

Utiliser les ressources du FPGA pour implémenter le processeur

- faisable sur n'importe quel FPGA,
- le cœur est modifiable/configurable à volonté.

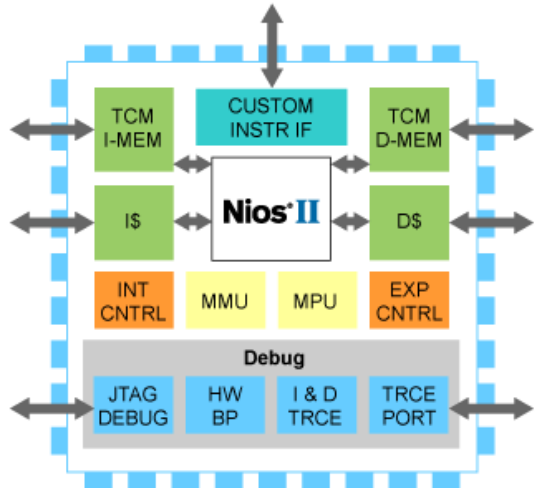
Par contre,

- le processeur *spécial* FPGA,
- ses performances sont limitées,
- et il utilise des ressources dans le FPGA.



## Altera Nios II

- exclusivement sur FPGA Altera
- processeur 32bits
- configurable (pipeline, instructions, cache,...)
  - supporté par Linux (MMU)
- les sources ne sont pas distribuées
- propriétaire/licence



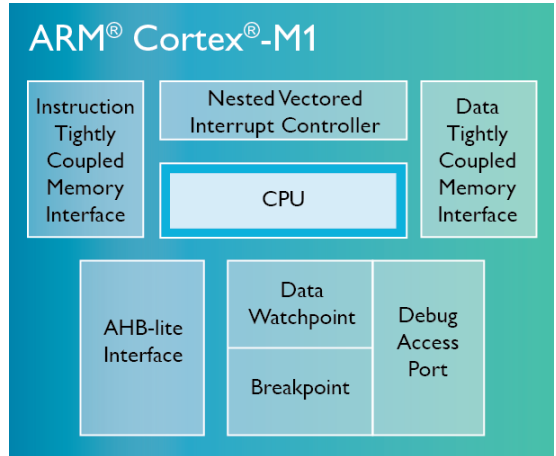
## Xilinx Microblaze

- exclusivement sur FPGA Xilinx
- processeur 32bits
- configurable (pipeline, instructions, cache,...)
  - supporté par Linux (MMU)
- les sources ne sont pas distribuées
- propriétaire/licence

**MicroBlaze**

# ARM Cortex-M1

- Microcontrôleur 32bits (proche des Cortex-M0)
- configurable
- Supporte plusieurs familles de FPGAs
- pas de support Linux
- licence



- ISA opensource gérée par une fondation
  - <https://riscv.org>
- Plusieurs déclinaisons
  - 32/64 bits
  - instructions 32bits ou compressées sur 16bits
  - profils embarqué ou applicatifs
- l'environnement (logiciel/matériel) maintenu activement
- support de la communauté
  - PME/grands groupes/recherche
  - Plusieurs implémentations opensources



## OpenCore/OpenRisc

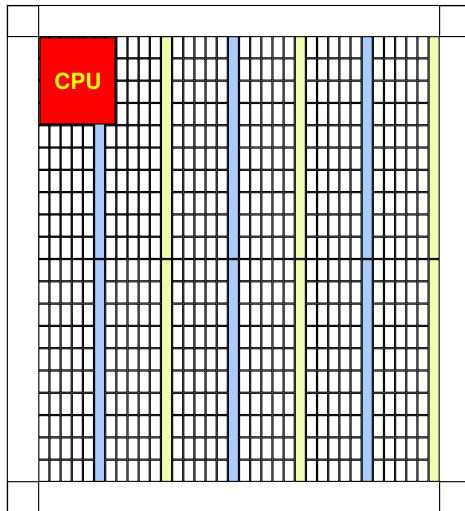
- des cœurs de processeurs opensources
- dans toutes les catégories (microcontrôleur, high-end,...)
- l'environnement (logiciel/matériel) n'est pas toujours de qualité
- support de la communauté?



**OpenCores**

[www.opencores.org](http://www.opencores.org)

## Hardcore processor

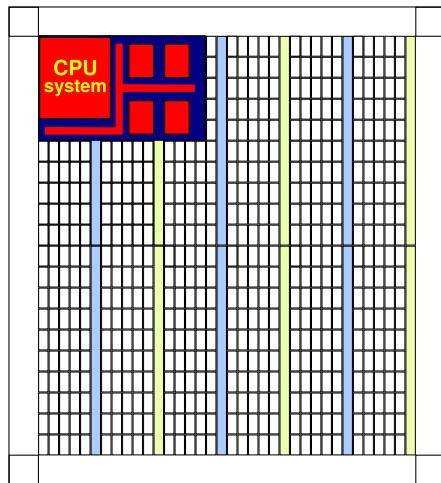


Un vrai processeur dans le FPGA

## hard core processor: un bloc en dur dans la puce du FPGA

- (-) restreint à certaines familles de FPGAs
- (-) le cœur est figé
- (+) performances élevée
- (+) processeurs *standard*
- (+) la FPGA peut servir à autre chose

## Hard System



Un système complet dans le FPGA



## Un système sur puce de base dans la puce du FPGA

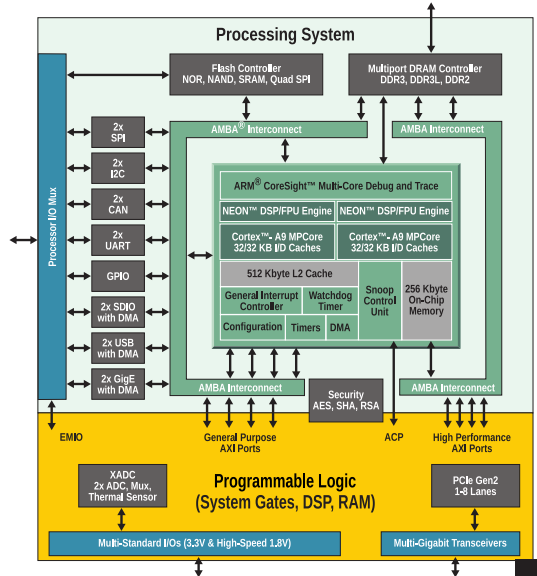
- (+) un soc de base facilite le développement logiciel:
  - (+) support des systèmes d'exploitation et bibliothèques
  - (+) mise en commun et réutilisation plus simple
- (+) on se concentre sur les ajouts
- (-) apprentissage un peu plus complexe

# Xilinx Zynq SoC

Système sur puce complet:

- processeur dual core ARM Cortex-A9 (32bits)
- contrôleur de mémoire DDR, flash
- interfaces série, réseau, ...

Zone FPGA connectée au bus du processeur

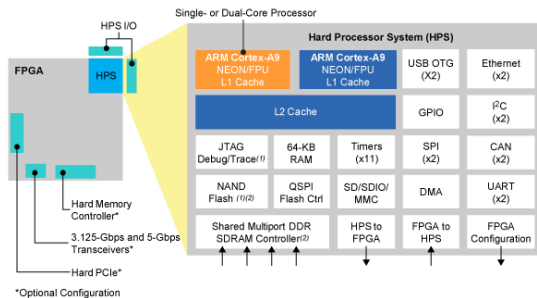


# Altera CycloneV SoC

Système sur puce complet:

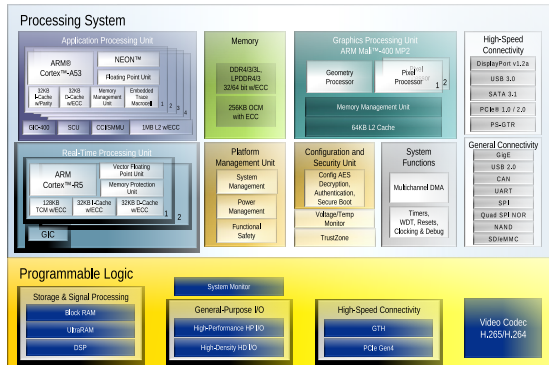
- processeur dual core ARM Cortex-A9 (32bits)
- contrôleur de mémoire DDR, flash
- interfaces série, réseau,...

Zone FPGA connectée au bus du processeur



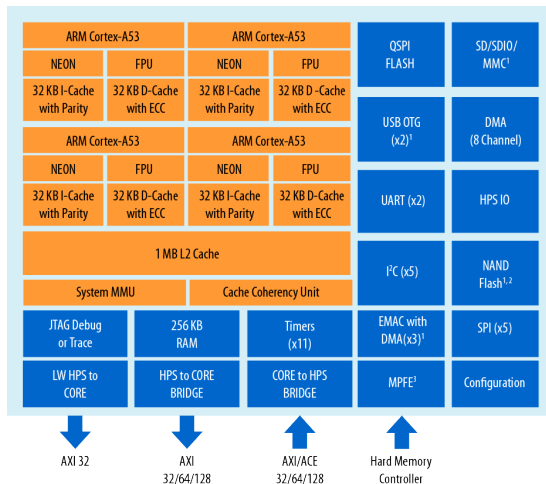
# Xilinx Zynq Ultrascale+ MPSoC

- processeur dual core ARM Cortex-A53 (64bis) et processeur temps réel dual core ARM Cortex-R5 (32bits)
- GPU Mali-400, processeur vidéo (optionnels)
- contrôleur de mémoire DDR, flash
- PCIe, SATA, DisplayPort,...
- interfaces série, réseau,...



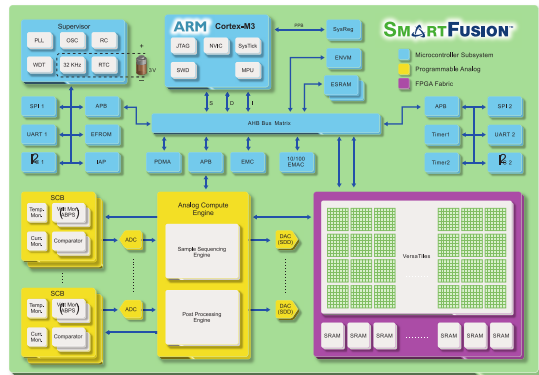
# Altera Stratix10-SoC

- processeur quad core ARM Cortex-A53 (64bis)
- contrôleur de mémoire DDR, flash
- interfaces série, réseau,...



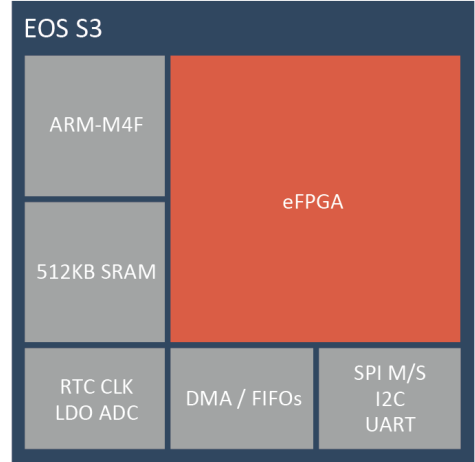
## Microsemi Smartfusion/2

- Microcontrôleur 32bits ARM Cortex-M3
- interfaces série, réseau,...
- ADC, DAC
- fonctions analogiques



## QuicLogic EOS-S3

- Microcontrôleur 32bits ARM Cortex-M4
- Interfaces capteurs...
- Petite (~1K cellules) configurable
- **Outils libres**

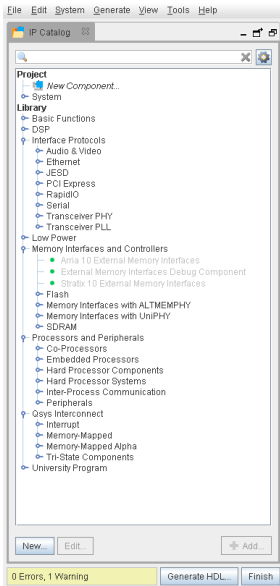


# Outils et méthodologie

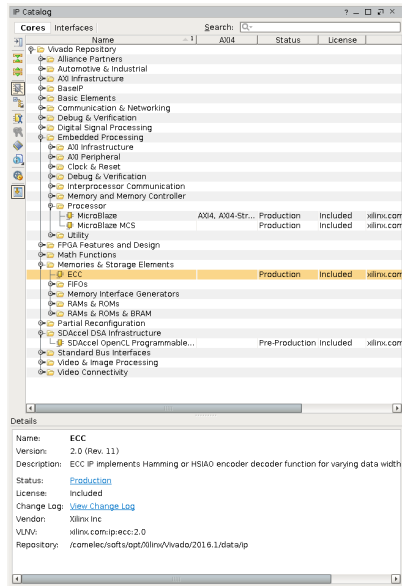


## Développement orienté IPs

- Outil d'intégration
  - Permettant d'assembler des IPs
- Utilisation d'un standard de communication sur puce
  - AXI, AMBA, Avalon, Wishbone...
- Bibliothèque d'IPs fournies avec les outils
  - fonctions courantes (interfaces, contrôleurs mémoire...)
  - payantes ou gratuites
- Possibilité d'ajouter d'autres IPs
  - un standard existe: IP-xact



Intel Platform Designer



Xilinx Vivado

- Drivers pour interagir avec le matériel
  - avec un système d'exploitation (OS)
  - sans système d'exploitation (bare-metal)
- Bibliothèques logicielles
- systèmes d'exploitation
  - temps réel (rtOS)
  - Linux

Comme le matériel peut changer:

- Des outils pour adapter/régénérer les drivers
  - BSP: Board Support Package
- Intégration dans des environnements connus des développeurs de logiciels
  - IDE: Integrated Development Environment
    - souvent basés sur Eclipse