



Institut
Mines-Télécom

SoC-ELEC342

Présentation

Tarik Graba

<tarik.graba@telecom-paristech.fr>

04 mai 2015





Plan

Les SoCs

Flot de développement

Objectifs de l'UE

Les outils utilisés

SocLib

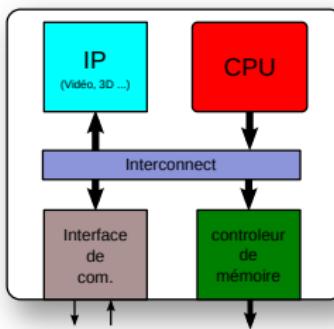
SoC de base

Organisation

Qu'est-ce qu'un SoC?

SoC

Un SoC (System on Chip) est un circuit électronique **intégré** qui contient au moins un processeur et des blocs spécifiques pour l'aider à réaliser des tâches particulière.

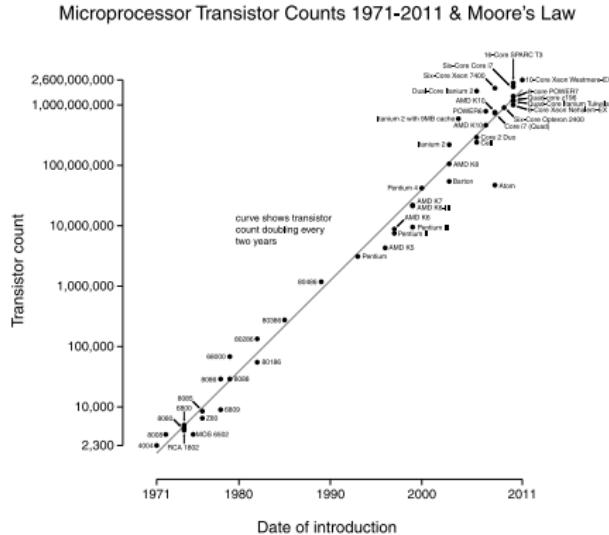


Qu'est-ce qu'un SoC?

Pourquoi intégrer?

Parce qu'on la loi Moore nous le permet!

⇒ Doublement des densités d'intégration tous les 18/24 mois!





Qu'est-ce qu'un SoC?

Pourquoi intégrer?

Parce que ça coute moins cher (en volume)

- Le prix est lié à la surface de la puce
- Moins de composants, PCB plus simple
- Couts d'assemblage

Parce que c'est plus performant

- Intégration
- Fréquences plus élevées
- Consommation réduite
- Moins de contraintes sur les PCB



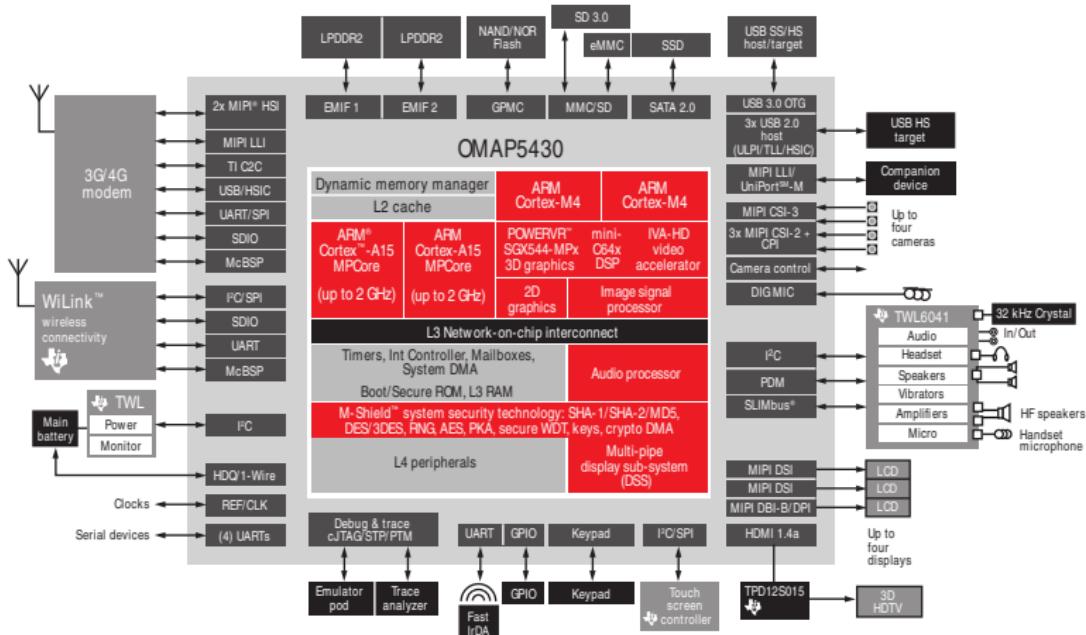
Qu'est-ce qu'un SoC?

Où trouve-t-on des SoC?

- Dans les téléphones/ tablets
- Dans les TV, set-top box
- Dans les appareils photo
- Dans les imprimantes
- ...

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple: OMAP5430 (Texas Instruments)

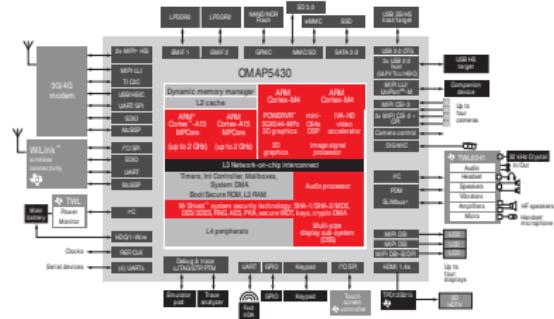


Source http://focus.ti.com/pdfs/wtbu/OMAP5_2011-7-13.pdf

Qu'est-ce qu'un SoC?

Application Platform

- 2 Processeurs doubles cœurs (2 GHz)
 - 1 DSP, Accélérateurs graphique, vidéo
 - Ctrl DDR, IOs
 - ...

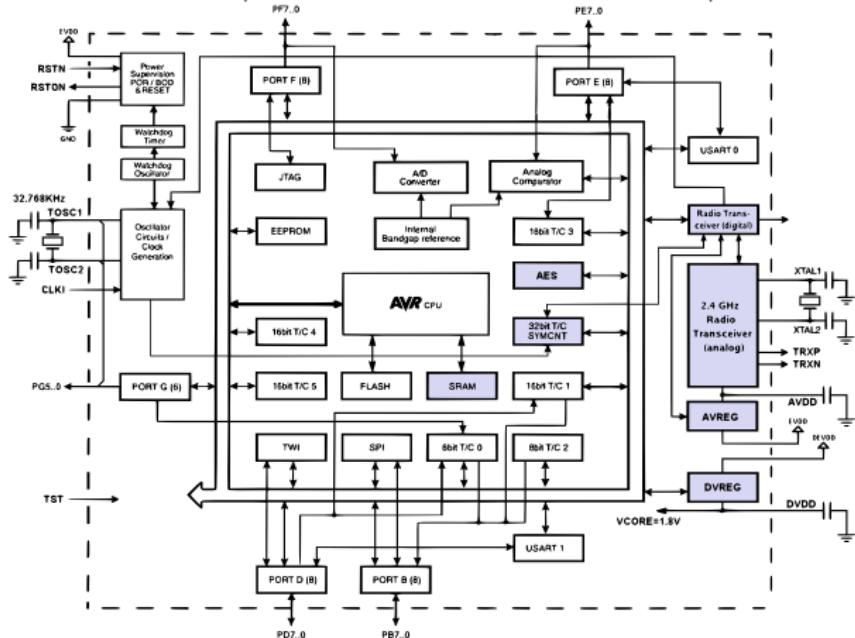


http://focus.ti.com/pdfs/wtbu/OMAP5_2011-7-13.pdf

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple: AT32UC3A0128AU (Atmel)

Source <http://www.atmel.com/devices/ATMEGA128RFA1.aspx>

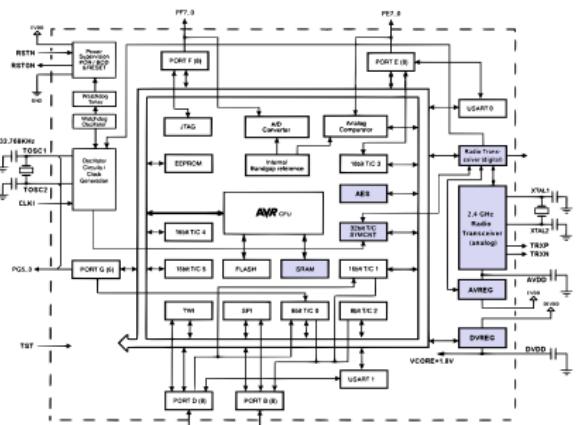


Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple: AT32UC3A0128AU (Atmel)

Interface ZigBee

- 1 microcontrôleur 8bit (16 MHz)
- Transducteur IEEE 802.15.4
- ...

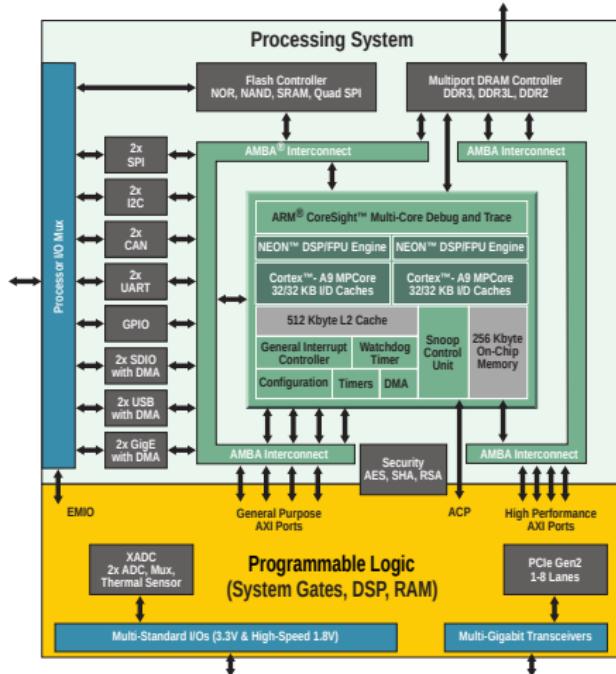


<http://www.atmel.com/devices/ATMEGA128RFA1.aspx>

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple: Zynq-7000 de Xilinx

Source <http://www.xilinx.com/content/xilinx/en/products/silicon-devices/soc/zynq-7000.html>

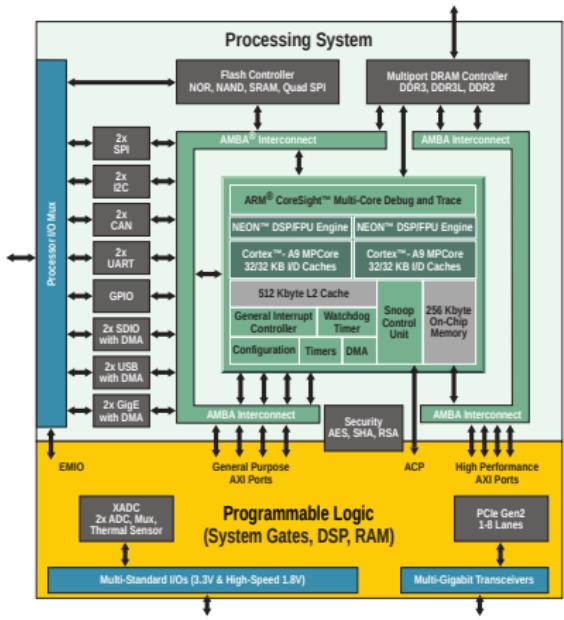


Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple: Zynq-7000 de Xilinx

SoC programmable

- Dual Cortex A9
- Matrice programmable (FPGA)



<http://www.xilinx.com/content/xilinx/en/products/silicon-devices/soc/zynq-7000.html>

Qu'est-ce qu'un SoC?

Du logiciel

- Ne pas réinventer la roue
 - Systèmes d'exploitation
 - Bibliothèques existantes
 - GUI ...
- Le logiciel permet une évolution/adaptation plus simple
 - On change le logiciel → on change l'application
 - Corriger/contourner des Bugs!



Qu'est-ce qu'un SoC?

Du logiciel

■ Le maximum en soft

- Si c'est faisable avec un processeur existant on s'arrête là
- Le développement logiciel est plus simple/moins risqué économiquement
- Les clients vous le demanderons



Qu'est-ce qu'un SoC?

Du matériel

■ Les blocs appelés IPs (Intellectual Property)

- Des cœurs de processeurs
- Contrôleur de périphériques
- Accélérateur, coprocesseur
- ...

■ Comment?

- Les acheter (rapide/cher?)
- Les développer (long)

■ Réutiliser l'existant



Qu'est-ce qu'un SoC?

Du matériel

■ Pourquoi les rajoute-t-on?

- Pour répondre à des contraintes
 - Le CPU va pas assez vite
 - Le CPU consomme trop
 - Le CPU est trop grand/coute trop cher
- On ne sais pas faire en logiciel
 - Interfaces particulières
 - Il faut aller vite
 - Analogique!

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple d'IPs

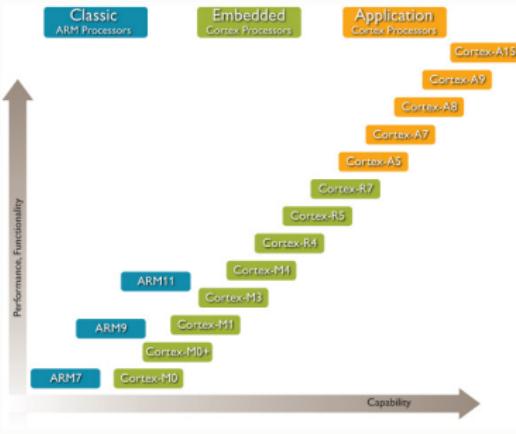
Quelles IPs sont disponibles?

- Des processeurs:
 - ARM, Mips, 8051 ...
- Accélérateurs:
 - OpenGL, vidéo, DSP ...
- Interfaces
 - mémoires, USB, PCI, ...
- Infrastructure
 - Bus, cache

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple de fournisseurs d'IPs: ARM

Cœurs de CPU:



Source (2012)
<http://arm.com/products/processors/index.php>

- Des coeurs de CPU allant du microcontrôleur basse consommation au processeur applicatif haute performance.
- Infrastructure autour de ces processeurs (bus, cache, smp...)
- Développement de logiciel associé
 - OS, compilateur, bibliothèques spécialisée

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple de fournisseurs d'IPs: Imagination Technologies

Coprocesseurs graphiques



Source <http://www.imgtec.com>

■ Coprocesseurs graphiques

- OpenGL/OpenGL ES
- Codec vidéo ...

■ Logiciel support

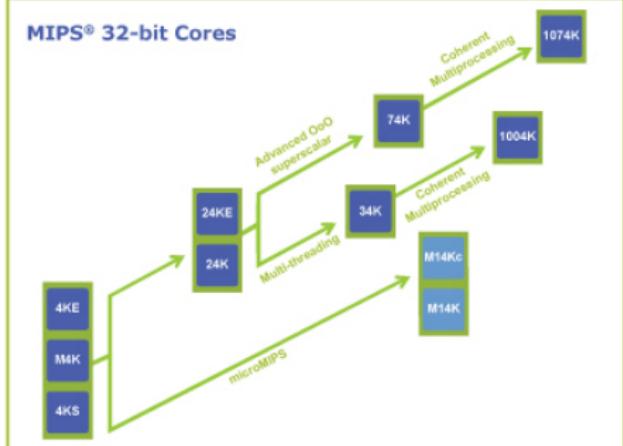
- Drivers
- Bibliothèques

Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple de fournisseurs d'IPs: MIPS

Cœurs de CPU:

- Des coeurs de CPU 32 et 64bit
- Développement de logiciel associé
 - OS, compilateur, bibliothèques spécialisée
- Maintenant propriété de Imagination Technologies



Source <http://mips.com/products/processor-cores>



Qu'est-ce qu'un SoC?

Exemple de fournisseurs d'IPs

Les fondeurs

- STMicroelectronics, Samsung, TSMC ...

Les vendeur d'outils de CAO

- Cadence, Mentor, Synopsis

Les autres

- Qui ne font que ça
...

Qu'est-ce qu'un SoC?

Résumons

Donc, pour concevoir un SoC il faut conjointement:

■ Concevoir du matériel

- Réutiliser des éléments existants (des IPs)
- Développer des éléments spécifiques nouveaux

■ Concevoir du logiciel

- Réutiliser des bibliothèques existantes
- Développer du code spécifique nouveau
- Interagir avec le matériel

■ Que l'ensemble respecte des contraintes de:

- temps réel, taille du circuit, consommation, délais, prix ...



Plan

Les SoCs

Flot de développement

Objectifs de l'UE

Les outils utilisés

SocLib

SoC de base

Organisation

Flot de développement

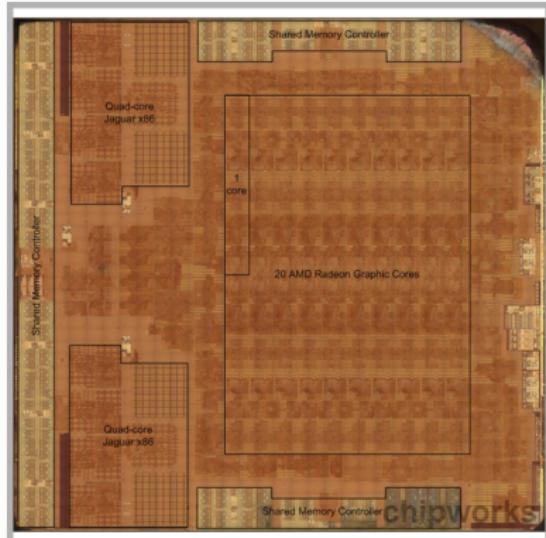
Passer de ça...

```
// 60 frames/s display
Thread1{
    every(16.66 ms)
        display(image)
}

// scene update
Thread2{
    if(ViewChanged)
        redraw(image)
}

// player interaction
Thread3{
    wait(player1)
    move(rabbit0)
}
```

...à ça!



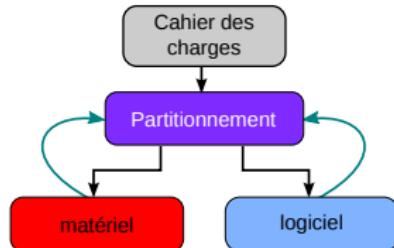
APU PS4 ($18 \times 19\text{mm}^2$) TSMC 28-nm,
image <http://www.chipworks.com>

Flot de développement

Le partitionnement

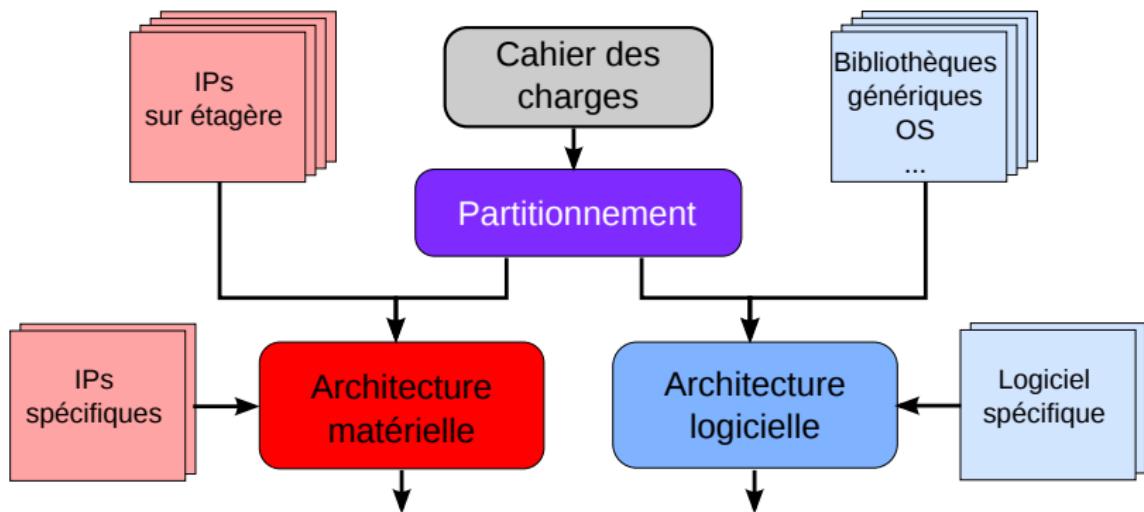
A partir du cahier des charges vous devrez définir:

- Ce Qu'il faut faire:
 - En logiciel
 - En Matériel



Flot de développement

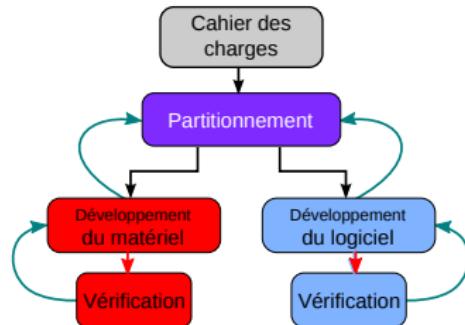
Le partitionnement



Flot de développement

Le développement

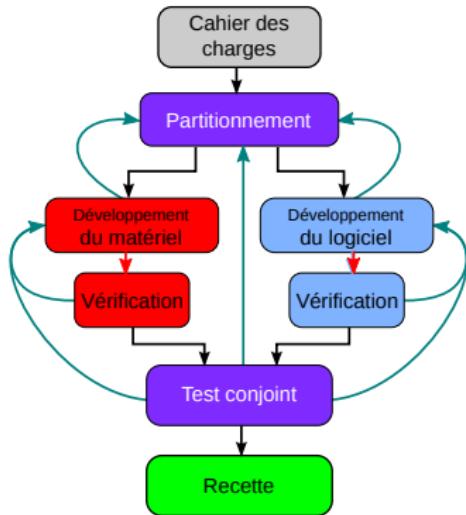
- Développement de logiciel/matériel
 - Équipes différentes
 - Rythmes différents
 - Vérifications différentes



Flot de développement

La validation

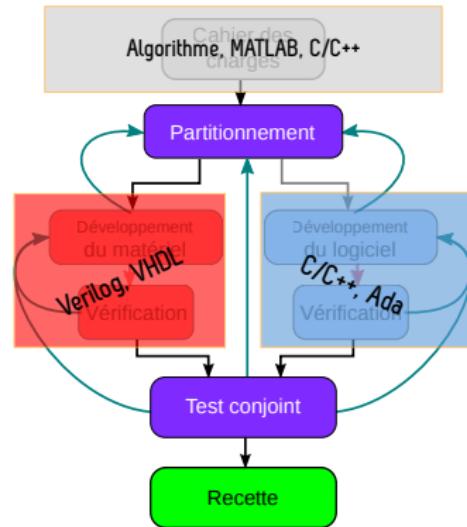
- Valider le résultat de chaque flot par rapport à l'autre



Flot de développement

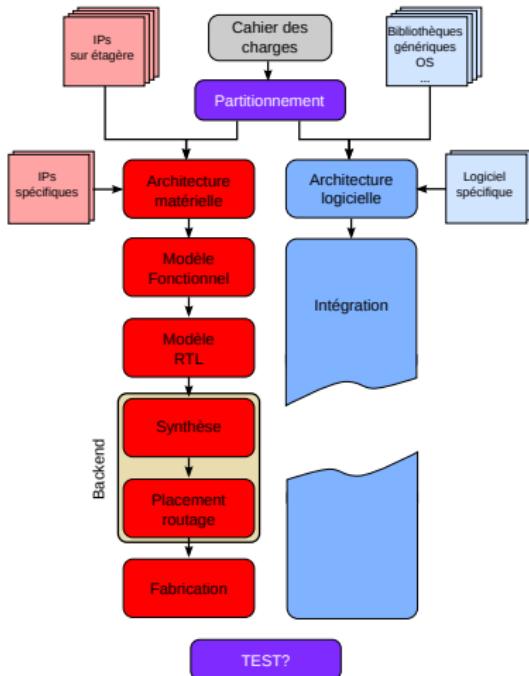
La complexité

- Dans la vie réelle
 - Équipes différentes
 - Langages informatiques différents
 - Philosophies différentes



Flot de développement

Les enjeux





Flot de développement

Les enjeux

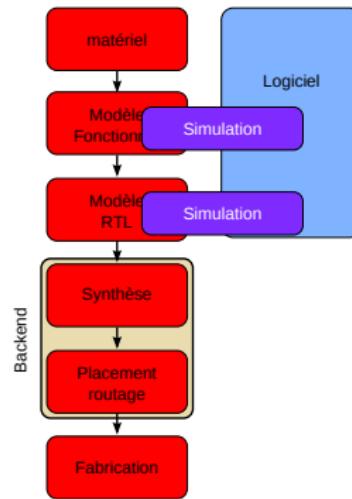
- Commencer le développement du logiciel le plus tôt possible
 - Comment faire avant que le matériel ne soit disponible?
- Garder un référentiel unique tout au long des phases de conception/vérification

Flot de développement

La simulation

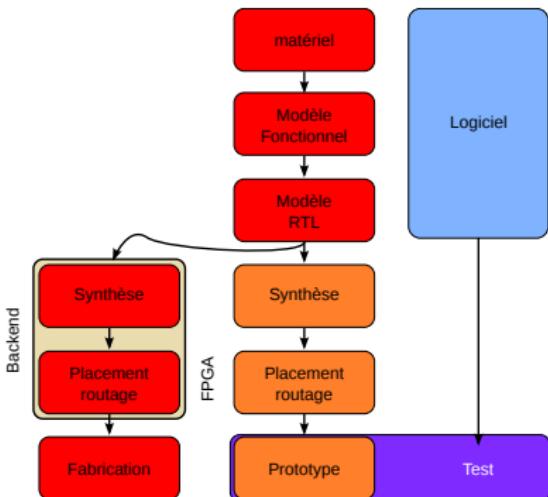
La simulation

- Utiliser un modèle du matériel
 - Quelle est la précision du modèle (cycle → transactionnel).
 - Quelle est la vitesse de simulation.
- Utiliser le RTL
 - En général très lent.
 - Est-il disponible pour toutes les IPs?
 - Il faut attendre qu'il soit prêt.



Flot de développement

Prototype FPGA



Le prototype FPGA

■ Le RTL doit être prêt

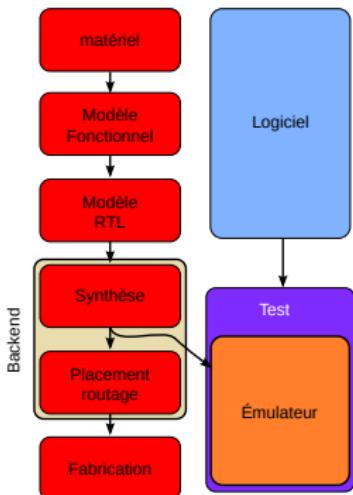
- Permet le test fonctionnel.
- Permet de valider le logiciel.
- Moins rapide que le circuit final.

■ Le “backend” n'est pas celui de l'ASIC

- Bugs introduits par les outils de synthèse.

Flot de développement

L'émulation



L'émulation

- Après la synthèse ASIC
- Utilise un émulateur
 - Émule le résultat de la synthèse
 - Utilise une batterie de FPGAs
 - Beaucoup plus lent que le circuit final
- Principalement pour les tests de non régression

Flot de développement

L'émulation



<http://www.mentor.com/products/fv/emulation-systems>

Exemple

■ Veloce Quattro (Mentor Graphics)

- 8 à 128 Millions de portes
- 16MB à 256MB de mémoire embarquée
- Émulation de 1 à 1.5MHz

Flot de développement

Les plateformes virtuelles

■ Des plateformes virtuelles

- Simulation rapide (de quoi démarrer un OS)
- Modèles suffisamment précis (registres, irqs, ...)
- Interopérabilité (des standards comme SystemC TLM-2)

■ Qui permettent

- d'explorer des solutions architecturales
- d'estimer les performances
- de commencer à développer le logiciel
- de servir de modèle de référence



Plan

Les SoCs

Flot de développement

Objectifs de l'UE

Les outils utilisés

SocLib

SoC de base

Organisation



Objectifs de l'UE

■ Vous transmettre un savoir opérationnel

- Mise en oeuvre d'outils et de principes actuels
 - Conception d'un SoC en utilisant des plateformes virtuelles
 - Raffinement vers du RTL
 - La synthèse et le placement routage (notions)
- Étude d'un cas réaliste (mais pas trop)
 - Conception conjointe Logiciel/matériel
 - Suffisamment simple pour finir (on l'espère)
 - Si on va au bout on tentera le prototype sur FPGA



Objectifs de l'UE

Important!!

- L'objectif principal est pédagogique
 - Vous n'obtiendrez pas un SoC industriel
 - Apprendre en étant confronté à une situation réaliste
- Nous n'avons de solution prête (encore)
 - Nous n'avons pas fait le SoC avant vous
 - Les outils que vous utiliserez ne sont pas magiques
 - Sont parfois expérimentaux
 - Ont parfois des bugs
 - Sont parfois mal documentés
 - Nous faisons partie de l'équipe comme vous...



Plan

Les SoCs

Flot de développement

Objectifs de l'UE

Les outils utilisés

SocLib

SoC de base

Organisation

■ Bibliothèque d'IP pour la simulation de SoC

- Libre (distribuée sous licence GPL/LGPL)
- en SystemC (pas besoin de simulateur propriétaire)
- Pour chaque IP il existe un chemin vers la synthèse

■ IP disponibles

- Processeurs (sparc, mips, ...)
- RAM/ROM
- Terminal virtuel + uart
- interconnect

- On utilise seulement les éléments dont on a besoin
- On peut dimensionner certains éléments
 - Taille des mémoires, des caches
 - Latences de certains éléments
 - etc ...
- On a accès au code (on peut éventuellement corriger des bugs!!)
- Certains utilitaires
 - Charger les mémoires directement à partir d'un fichier elf
 - Obtenir des statistiques sur le fonctionnement



Le Processeur

Le LM32

- LatticeMico32 (lattice Semiconductor)
- Processeur RISC 32bits, 6 étages de pipeline
- 32 registres généraux
- Configurable (destiné aux FPGAs)
 - multiplicateur, diviseur, registre à décalage
 - caches données et instructions séparées
- interface wishbone
- Description RTL disponible librement (Verilog)
- Modèle disponible dans SocLib



Le Processeur

Le LM32

■ Chaine de développement GNU:

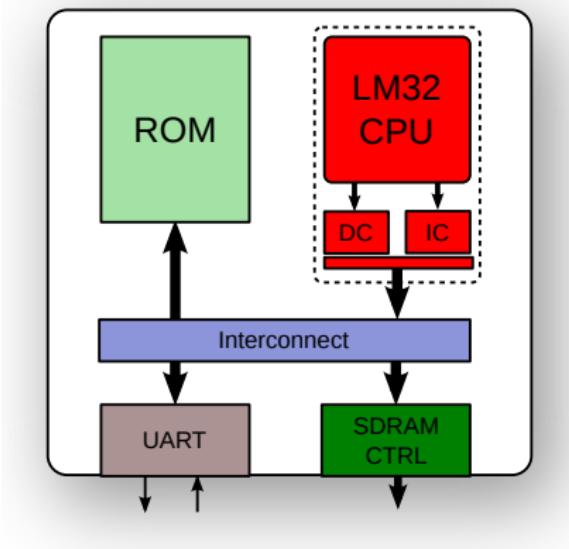
- gcc 4.5.4 (preprocesor, compiler ...)
- binutils 2.22 (assembler, linker, ...)
- gdb 7.7 (debugger)
- voir /comelec/softs/opt/gnu_tools_for_lm32

■ Ports d'OS existent:

- uCLinux (pas de mmu)
- uCosII, freeRTOS ...

System de Base

SoC à base de LM32

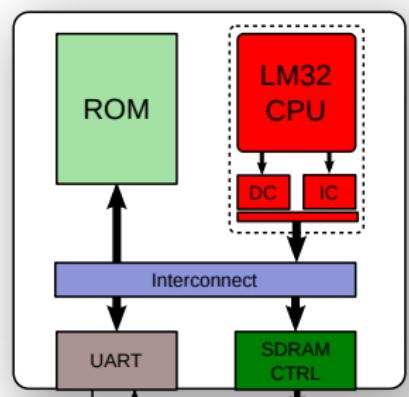


System de Base

SoC à base de LM32

On démarrera avec un SoC de base:

- Un processeur
 - LM32
 - Caches
 - données/instructions
- Un interconnect
 - Wishbone
 - Arbitre
- Des IPs
 - Une ROM
 - Un contrôleur pour SDRAM
 - Une UART



Les IPs

Autres

■ La ROM

- Contiendra le programme au démarrage du système

■ Contrôleur mémoire SDRAM

- Les SDRAM seront des éléments extérieurs au SoC
- La mémoire embarquée est limitée

■ UART

- Pour communiquer éventuellement avec l'extérieur

■ Un bus

- L'interface Wishbone
- Un arbitre permettant d'avoir plusieurs maîtres



Plan

Les SoCs

Flot de développement

Objectifs de l'UE

Les outils utilisés

SocLib

SoC de base

Organisation



Le planning

Introduction		Ce que l'on fait actuellement
Architecture	4 TH	Définition de l'architecture
Modélisation	16 TH	Modélisation haut niveau du SoC en SystemC
RTL	12 TH	Raffinement du modèle SystemC en modèle RTL synthétisable
Backend	3 TH	Synthèse ASIC et placement routage du SoC
Recette	1 TH	Présentation finale de vos travaux



Organisation du travail

- Tous les enseignements se feront en salle info.
- Encadrants:
 - Sumanta Chaudhuri
 - Tarik Graba
 - Yves Mathieu
- Vous travaillerez en équipes:
 - 3 personnes
 - Partage du travail



L'évaluation

- Vous tiendrez à jour un journal
 - Qu'est ce que nous avons fait?
 - Pourquoi?
 - Comment?
 - Quels résultats?
- Régulièrement vous présenterez brièvement l'état d'avancement de votre travail
- Vous serez notés par équipes
 - Si le produit n'est pas livré toute l'équipe est licenciée
 - Chaque responsable est noté sur la réalisation de sa tâche
- Vous serez aussi notés individuellement
 - Des exposés, peut-être