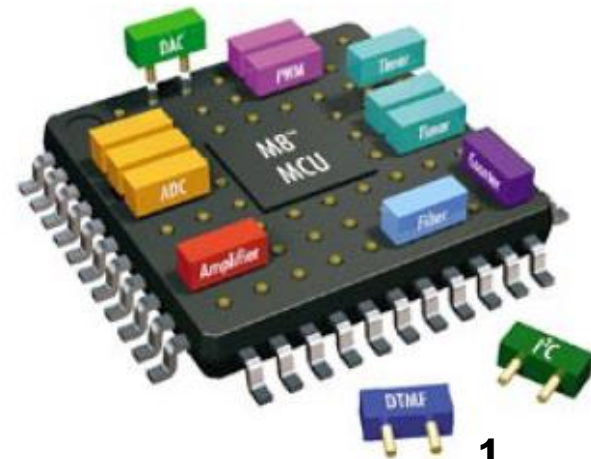


# Ressources matérielles des systèmes embarqués

**Informatique embarquée**

**1ère année master RSD**

**Dr: k.Barka**



# 1. Introduction

- Un système embarqué est construit autour de plusieurs composants matériels

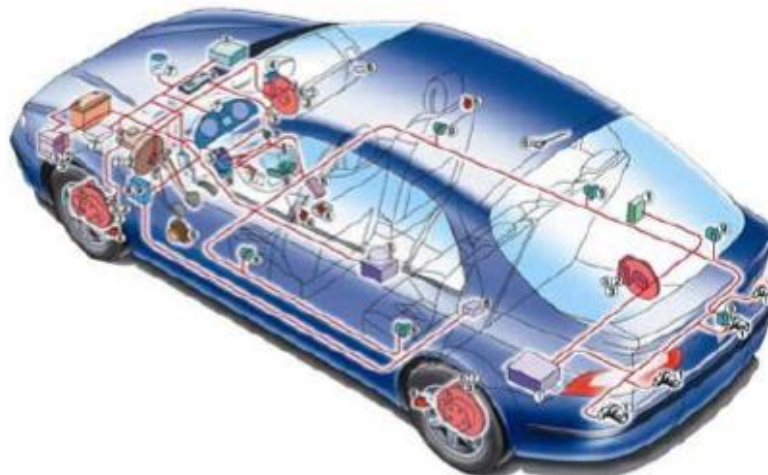
à savoir :

- ☐ Micro processeur;
- ☐ Micro contrôleur;
- ☐ Mémoire de mass ;
- ☐ Système sur puce.



## 2. Processeurs embarqués

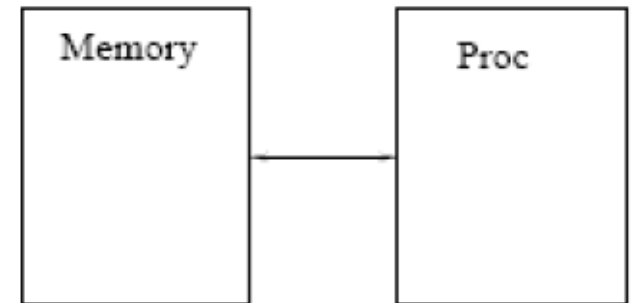
- Les applications des processeurs embarqués sont plus variées que pour les ordinateurs
- Beaucoup de processeurs embarqués sont des processeurs de bureau qui n'ont pas percés (MIPS, 68K, SPARC, ARM, PowerPC)
- Une automobile de classe haute contient une centaine de microprocesseurs (de 8 à 32 bits)



## 2.1. Architecture des processeurs embarqués (1)

### a. Architecture Von Neuman

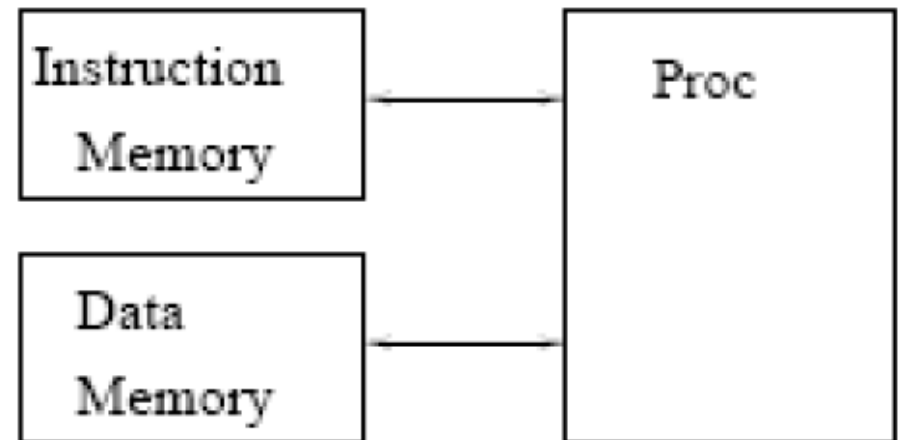
- La mémoire contient les données et les instructions
- L'unité centrale (CPU) charge les instructions depuis la mémoire.
- Un ensemble de registres aide le CPU:
  - Compteur d'instructions (Program counter: PC),
  - Registre d'instruction (Instruction register: IR)
  - Pointeur de pile (stack pointer: SP)
  - Registres à usage général (Accumulateur: A)



## 2.1. Architecture des processeurs embarqués (2)

### b. Architecture Harvard

- Données et instructions dans des mémoires séparées
- Autorise deux accès simultanés à la mémoire.
- Utilisé pour la plupart des DSP
- Meilleure bande passante
- Performances plus prédictibles



## 2.2 Gestion de la mémoire dans les processeurs embarqués

- Une caractéristique que partage beaucoup de CPU embarqués est **l'absence de MMU** (Memory Management Unit)
- **Avantages**
  - Simplicité du processeur : la surface du processeur est **30%** plus réduite.
  - Plus rapide : le changement de contexte n'inclut pas la protection mémoire.
  - Access complet au matériel sans restriction
- **Inconvénients**
  - Pas de protection de la mémoire : un processus user peut corrompre tout le système.
  - Pas de swap.
  - Consommation importante de la mémoire qui devient fragmentée (pas de mémoire auxiliaire).

## 2.3 Différents types de processeurs embarqués

- **Processeurs généraux**
  - **Fonctionnalités multiples**
  - **Surdimensionné**
  - **Architecture RISC et CISC**
- **Processeurs dédiés (ASIP: Application Specific Integrated Processor)**
  - **Bon pour l'application pour laquelle il a été conçu, pas forcément pour les autres**
- **Processeurs de traitement du signal (DSP : Digital Signal Processor)**
  - **Traitements intensifs (voix, image...)**
  - **Téléphones portables**

## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (1)

### a. Famille des Motorola 68000

- Un des plus vieux processeur embarqué.
- Architecture CISC.
- Beaucoup d'utilisateurs.

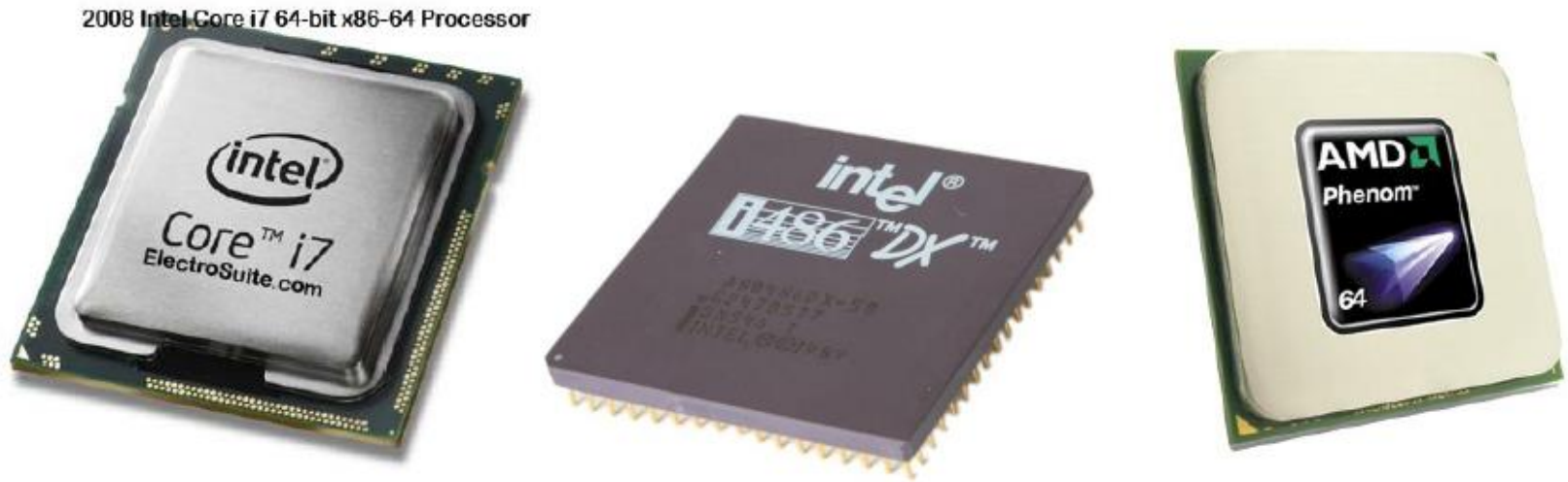




## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (2)

### b. Famille des x86

- Démarre au 8086 (Intel) puis 80286, 386, 486, Pentium, et Athlon (AMD)
- Utilisation en processeurs embarqués: 5 fois moins que MIPS, ARM ou 68000.



## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (3)

### c. Famille des SPARC

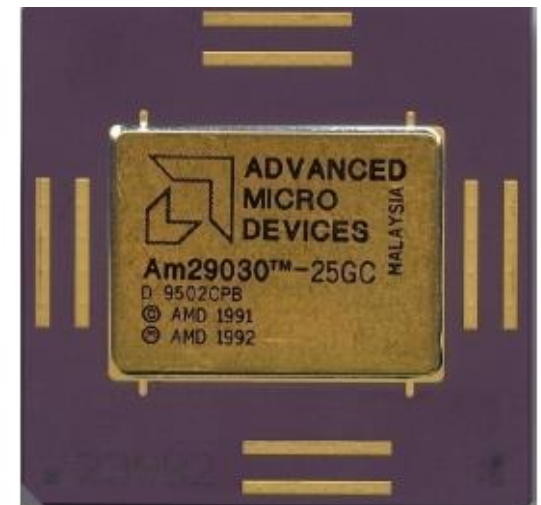
- Un des premier RISC à avoir été embarqué
- SPARC est une architecture brevetée, plusieurs compagnies fabriquent des SPARC



## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (4)

### d. Famille des 29000 (AMD)

- Le 29000 a eu beaucoup de succès (imprimante laser Apple) grâce à ces 192 registres.
- AMD a arrêté la production car le développement des outils coûtait trop cher.



## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (5)

### e. Famille des i960 (intel)

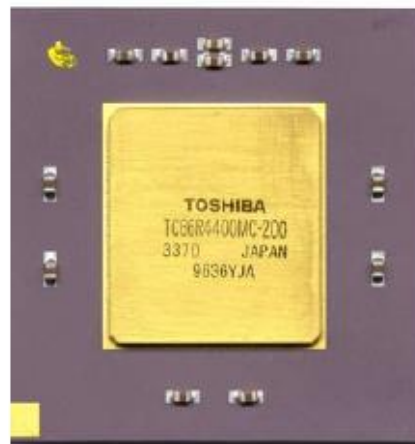
- Le i960 a été le plus vendu des processeurs embarqués au milieu des années 90 (router réseau et HP Laserjet).



## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (6)

### f. Famille des MIPS (microprocessor without interlocked pipeline stages)

- Originellement pour les stations puissantes
- Puis, marché des consoles de jeux (Nintendo N64)
- Famille très étendue: du plus gros (MIPS 20Kc, 64 bit) au plus petit (SmartMIPS, 32 bit pour carte à puce)





## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (7)

### f. Famille des ARM (Advanced RISC Machines, ex Acorn)

- Un des 32 bits embarqués les plus populaires : téléphones portables
- Faible consommation
- Le successeur: StrongArm est commercialisé par Intel sous le nom de XScale



## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (8)

### f. Famille des SuperH (ou SH: Hitachi)

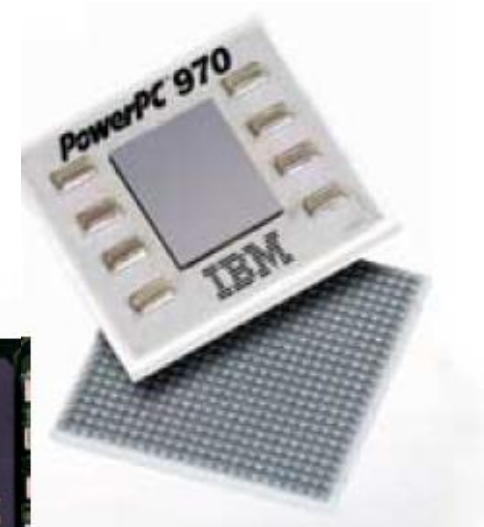
- Utilisé dans les stations Sega et les PDA



## 2.4 Les grandes familles des processeurs embarqués (9)

### f. Famille des PowerPC

- Autant utilisé en embarqué qu'en ordinateur





## 2.5 Etude du processeur DSP (1)

- Le DSP (Digital Signal Processor) est un microprocesseur spécialisé pour les calculs intenses, notamment en traitement de signaux analogiques.
- Exemple : Filtre numérique sur téléphone, TV numérique, synthétiseur de sons



## 2.5 Etude du processeur DSP (2)

### a. Architecture

- Souvent d'architecture CISC ;
- Multiprocessus; Pipeline;
- Architectures de type Harvard (Mémoire d'instruction et Mémoire de données) ou dédiées pour plus de bande passante
- Instructions dédiées pour les calculs de traitement du signal
- Registres dédiés pour certains opérateurs.
- Opérations arithmétiques et logiques intenses
- Plusieurs bus avec mémoires de données et d'instructions.
- Bande passante très élevée (deux bus).

## 2.5 Etude du processeur DSP (3)

### b. Types

- On distingue deux types de processeurs DSP :
  - Architecture dédiée à un algorithme spécifique.
  - Architecture dédiée à une application particulière.

### c. Domaines d'application

- Audio (téléphonie, modem, MP3, etc.)
- Image statique (JPEG, filtrage, reconnaissance, etc.)
- Vidéo (MPEG, compression, etc.)



## 2.5 Etude du processeur DSP (3)

### d. Comparaisons entre RISC et DSP

#### RISC généraux

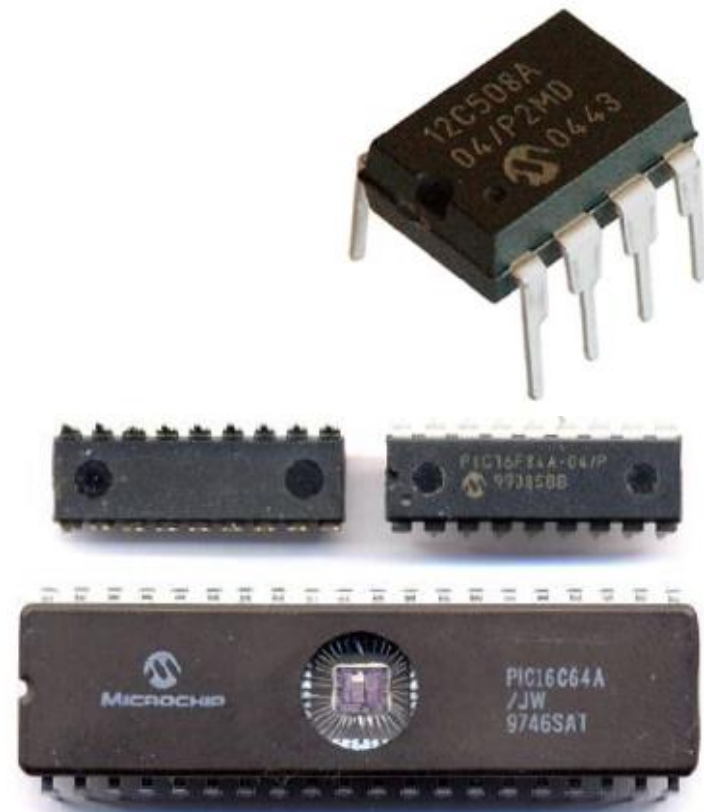
#### DSP

Orienté registre	Orienté mémoire (la plupart du temps)
Instructions générales	Jeu d'instructions dédié ou spécialisé
Beaucoup de registres généraux	Registres généraux et spécialisés
Mémoire cache sur la puce	RAM et ROM sur la puce

- Beaucoup de fabricants combinent maintenant RISC et DSP dans la même architecture : ARM7TDMI; Cortex-A8; Tensilica Xtensa; MicroBlaze, etc.

### 3. Les Microcontrôleurs (1)

- Utilisé pour le contrôle embarqué
- Manipule des événements, quelques données mais en faible quantité
- Exemple d'utilisations:
  - caméscope, disque dur,
  - appareil photo numérique,
  - machine à laver, four à micro-onde



### 3. Les Microcontrôleurs (2)

#### Quelques caractéristiques fréquentes:

- Périphériques présents sur le circuit: timer, convertisseur analogique numérique, interface de communication.
- Programme et données **intégrées** au circuit
- Accès direct du programmeur à de nombreuses broches du circuit
- Instructions **spécialisées** pour les manipulations de bits.
- Le MSP430 et MSC1210 appartient à cette catégorie

## 4. Mémoires embarqués (1)

- La partie logicielle des systèmes embarqués est en partie ou entièrement programmée dans le matériel.
- Généralement dans une mémoire morte (ROM): EPROM, EEPROM, FLASH, etc.

### 1. Mémoire EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

- Est un type de mémoire morte reprogrammable.
- Effaçable et programmable par l'utilisateur.

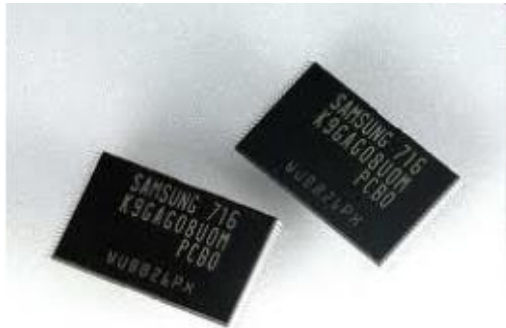
### 2. Mémoire EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)

- Effaçables et programmables par l'utilisateur.
- Elles sont plus faciles à effacer que les EPROM

## 4. Mémoires embarqués (2)

### 3. Mémoire Flash

- Le stockage est en générale non volatile
- possédant les caractéristiques d'une mémoire vive mais dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension.
- On distingue deux types de mémoire flash embarqués : NOR ou NAND





## 4. Mémoires embarqués (3)

### a. Mémoire NOR :

- Rapide en lecture, lent en écriture.
- Elle est adaptée à l'enregistrement de données informatiques destinées à être exécutées directement à partir de cette mémoire.
- Particulièrement bien adaptée à :
  - Contenir l'OS par exemple dans les téléphones portables (principal marché des Flash NOR),
  - Les décodeurs télés,
  - Les cartes mères ou leurs périphériques (imprimantes, appareils photos, etc.)



## 4. Mémoires embarqués (4)

### b. Mémoire NAND :

- Elle est plus rapide à l'effacement et à l'écriture
- Son prix est élevé.
- Quasiment toutes les mémoires de masse externes Carte MMC, Carte SD et Carte MS utilisent cette technologie.



## 5. Système sur puce (SoC)

- Un SoC constitue un circuit complexe qui intègre tous les éléments fonctionnels d'un produit sur une même puce.
- Par exemple, des processeurs, des mémoires, des périphériques, peuvent tous être mis sur un même dé.
- L'objectif est de **diminuer** au minimum le nombre de composants sur une carte pour mettre tout sur une seule puce.

## 5. Système sur puce (SoC) (2)

