

Introduction aux systèmes d'exploitation pour le temps-réel et l'embarqué

Informatique & contrôle des procédés

Jacques BOONAERT - 2020

Objectifs du cours

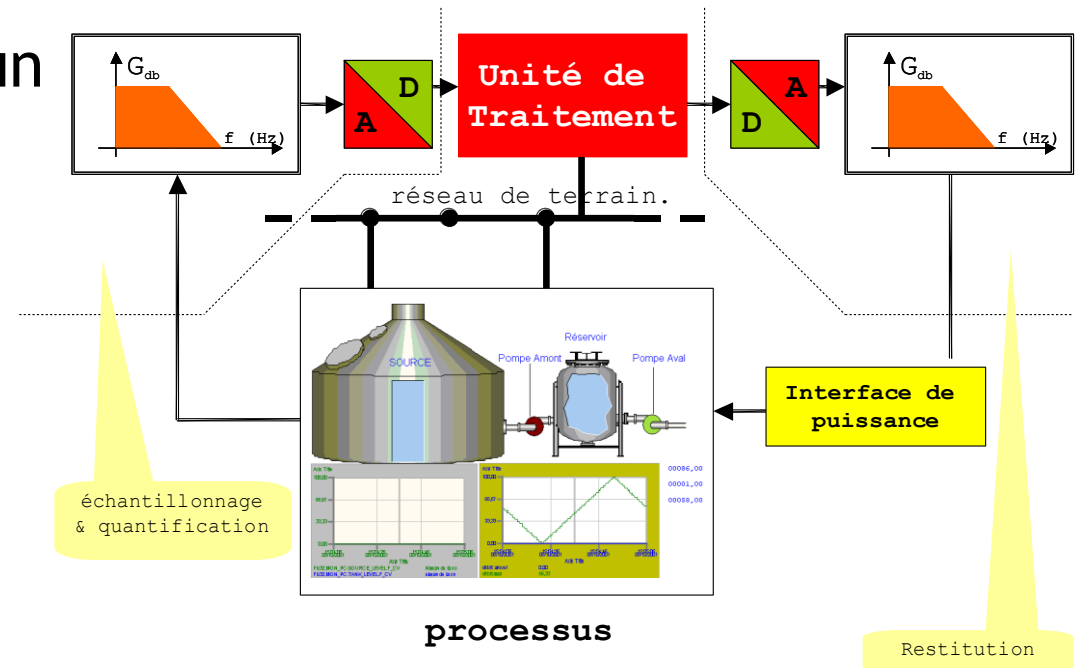
- Dresser des contours de « l'Informatique Industrielle ».
- Présenter les principes fondamentaux des systèmes d'exploitation.
- Illustrer les mécanismes utiles à l'écriture d'application de **contrôle / commande**.

Organisation

- Cours / TP.
- Projet.

L'Informatique Industrielle ?

- Implique le « pilotage » d'un procédé (ou « partie opérative »).
- Interfaces avec le monde extérieur :
 - Entrées / sorties
 - Canaux de communication.
- Gestion fine du temps (échantillonnage).
- Disponibilité et fiabilité de l'installation !



A propos du matériel :

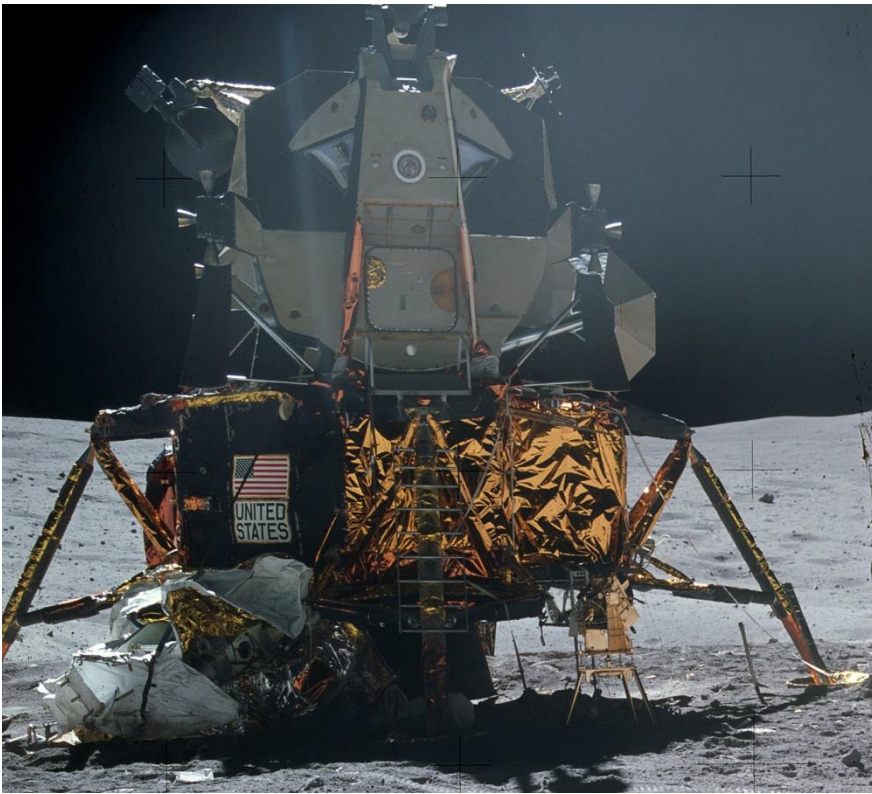
- « fiabilité » :
 - Minimiser les causes possibles de défaillance.
 - Usure mécanique.
 - Si possible, PAS de pièce mobile :
 - Pas de ventilateur (si possible) ou sinon des éléments « robustes » (€), pas de disque dur (si possible) ou sinon :
 - « robustes » (€).
 - Équipés de protection (« amortisseurs ») (€).
 - Tournant moins vite (< performances).
 - Échauffement.
 - Antagoniste de l'absence possible de ventilateurs...
 - Refroidissement par conduction (gros radiateur ou utilisation de la carcasse).
 - Abaissement de la cadence du processeur (nécessite des architectures efficaces).

A propos du matériel (suite):

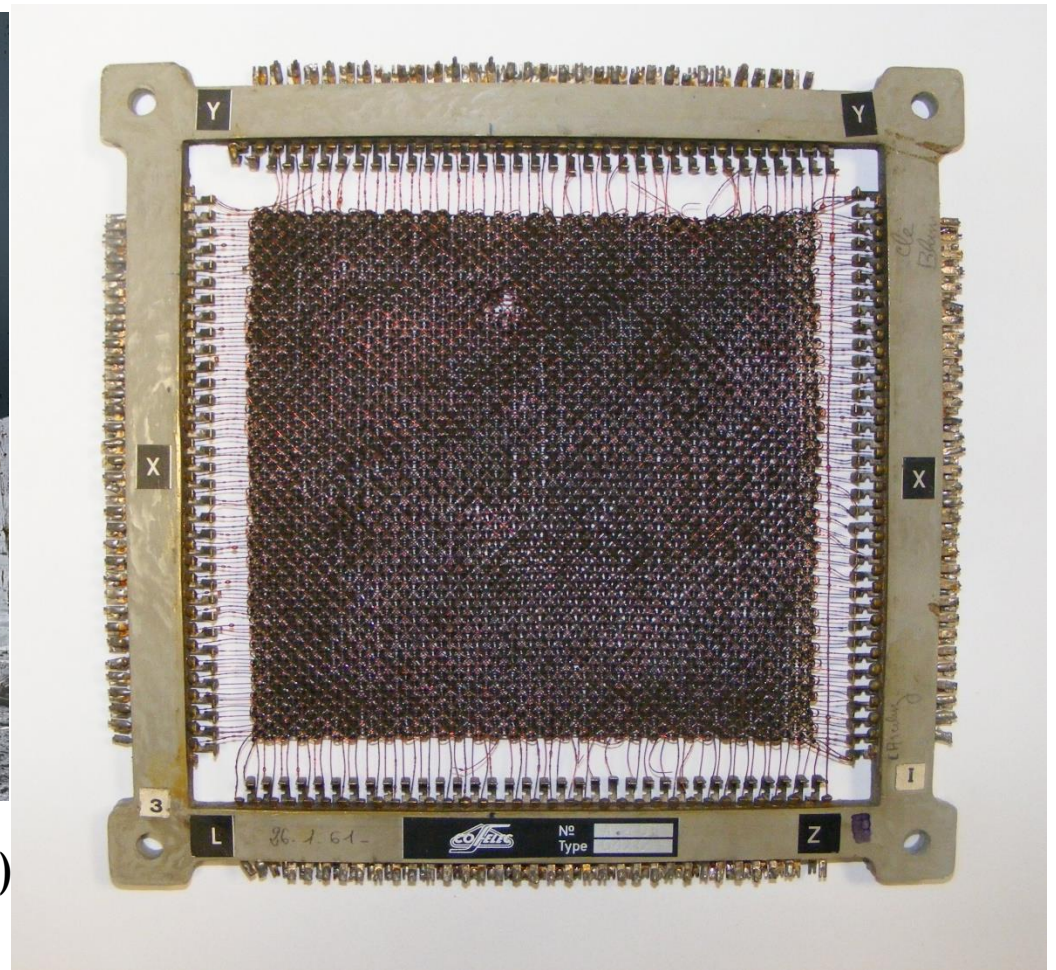
- Privilégier une conception matérielle facilitant la maintenance (applications industrielles) :
 - Blocs fonctionnels facile à échanger et à reconfigurer.
 - Simplifier autant que possible.
 - Intégrer les problématiques de « sourcing » des composants (délais de réappro, dépendance vis-à-vis des fournisseurs)

Panorama de l'évolution du matériel :

- De la tore de ferrite....

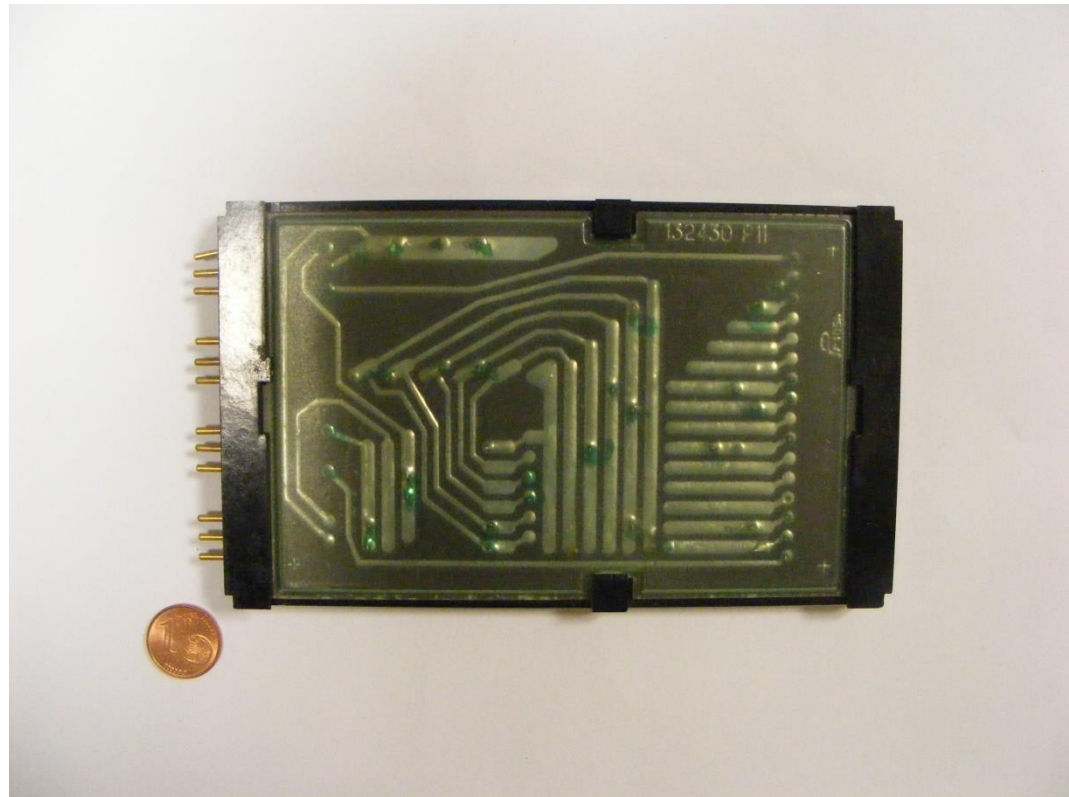


(utilisée dans l'ordinateur de bord du LEM)



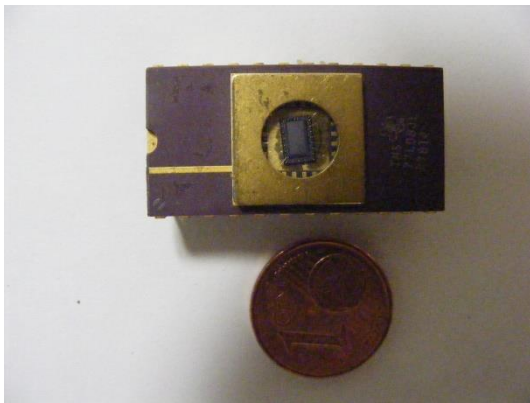
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- En passant par les composants « discrets » :

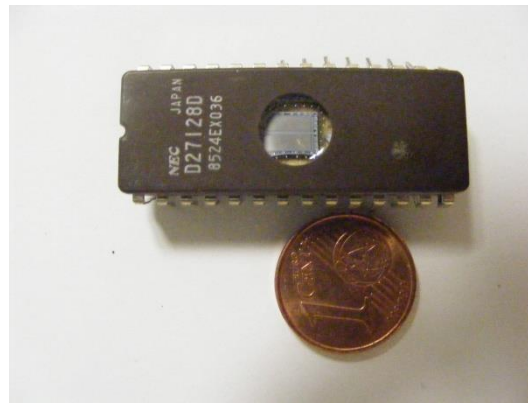


Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Puis les « circuits intégrés » :



EPROM



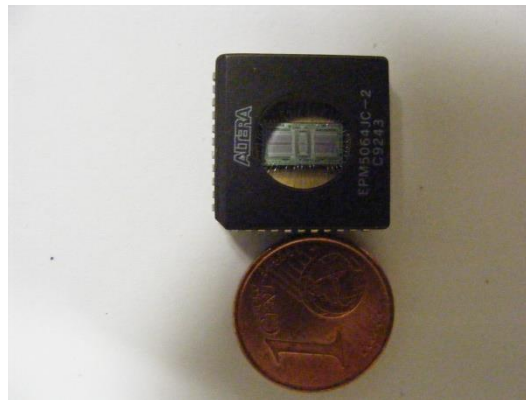
EPROM



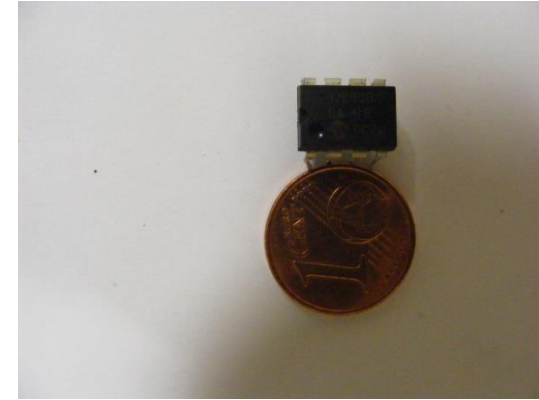
EPLD



CPLD



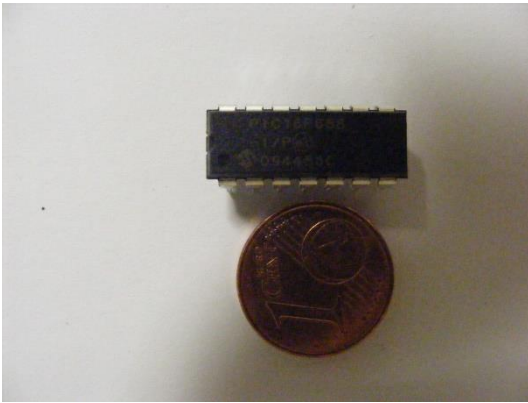
CPLD



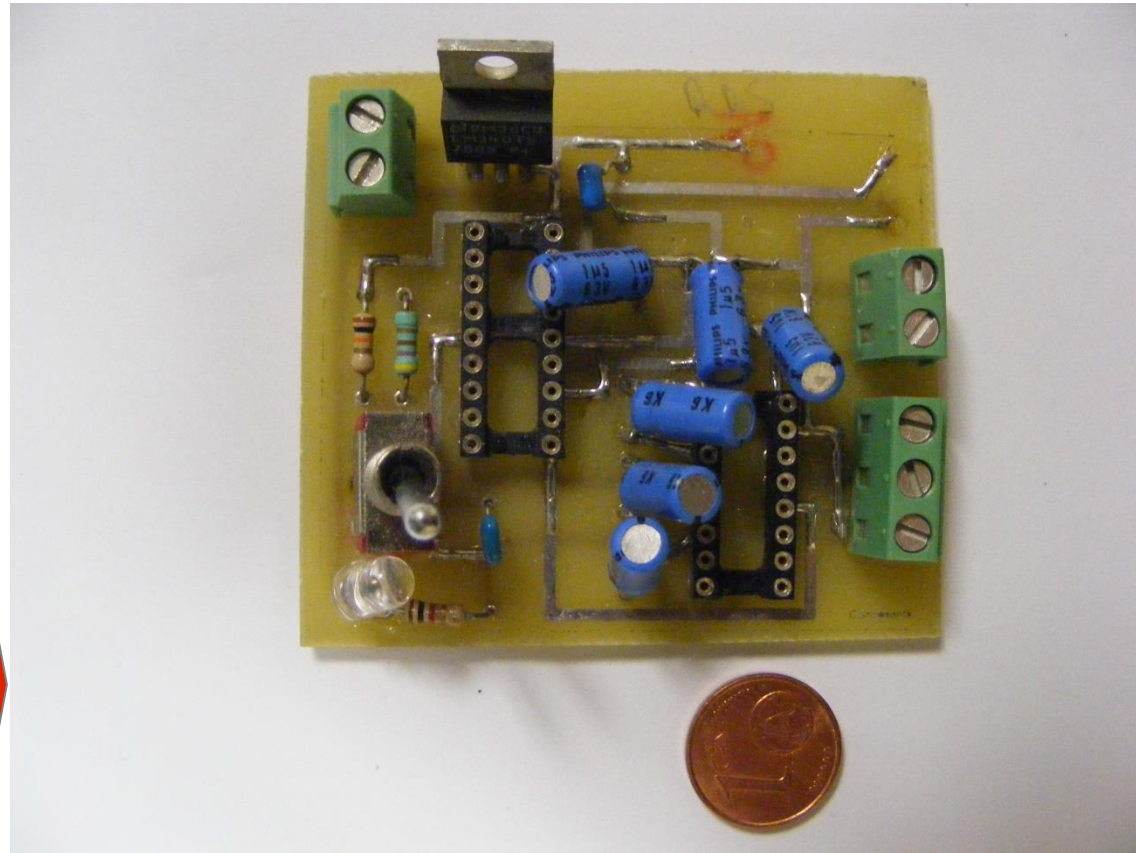
μ-contrôleur

Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- De plus en plus complexes....

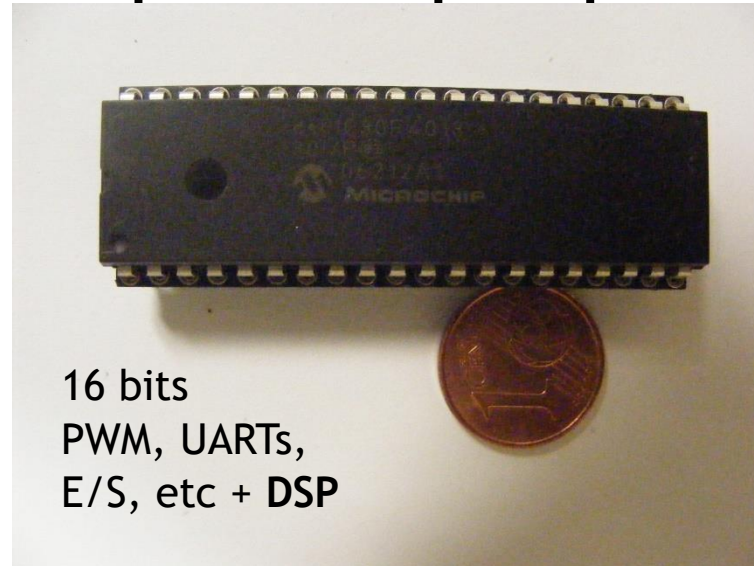
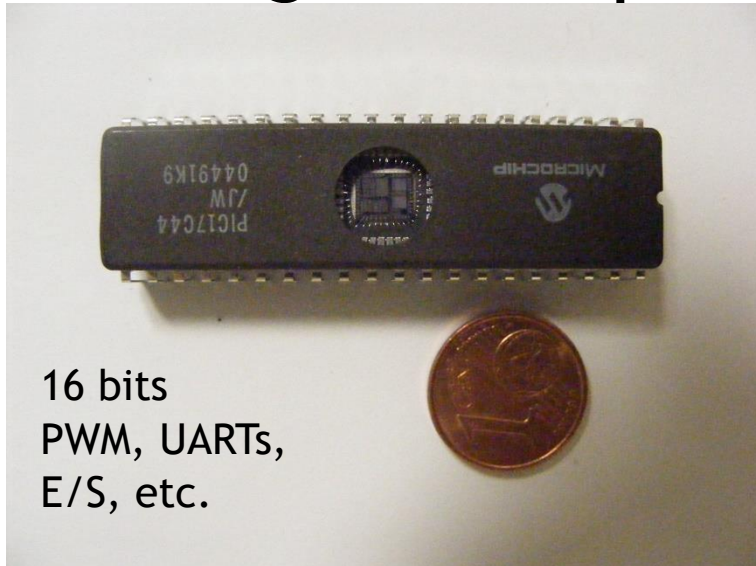


Ce simple composant intègre une interface de communication série, des entrées / sorties « parallèles » et des timers programmables. Il est facilement intégrable dans des montages « utilisateur » (prototypes ou petites séries)



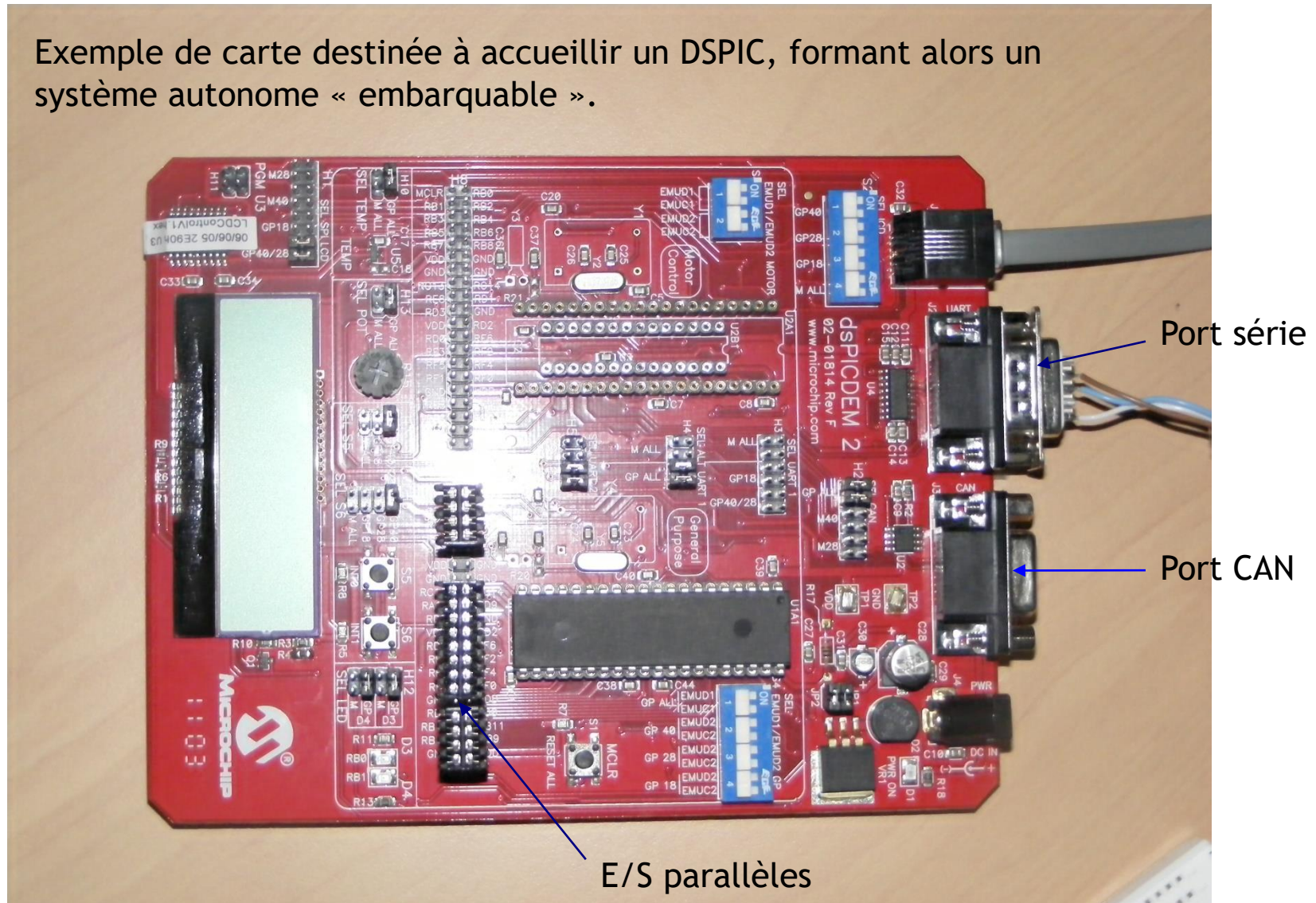
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Intégrant de plus en plus de périphériques :



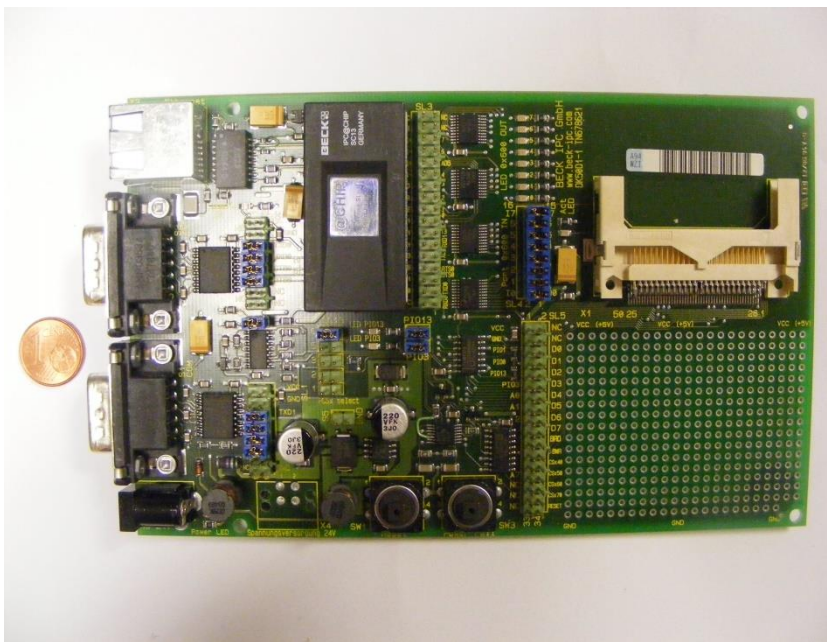
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

Exemple de carte destinée à accueillir un DSPIC, formant alors un système autonome « embarquable ».

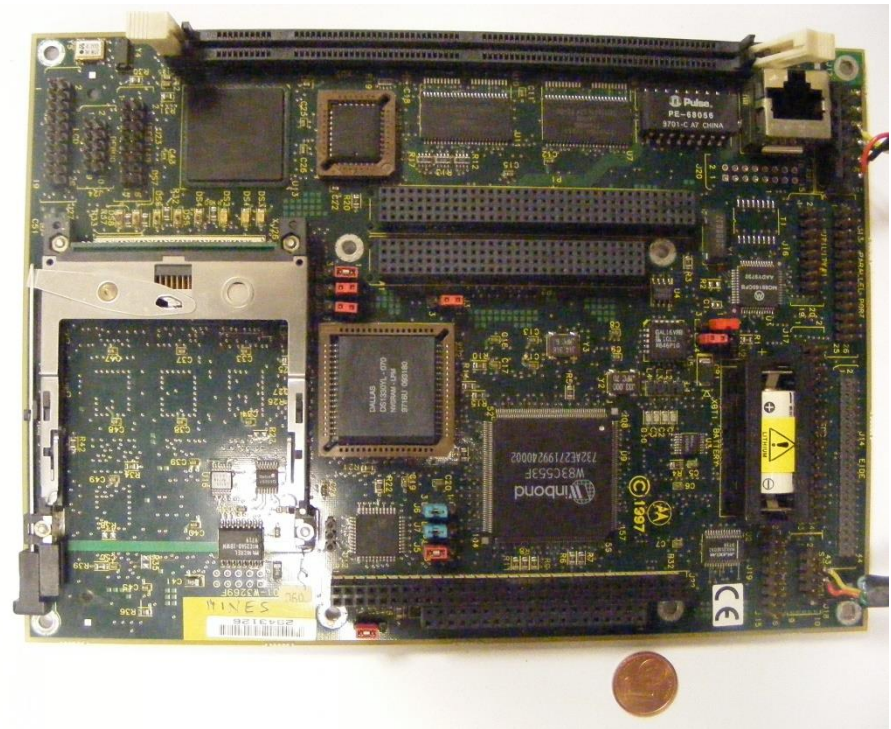


Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Autres systèmes dits « stand-alone » à vocation embarquée :



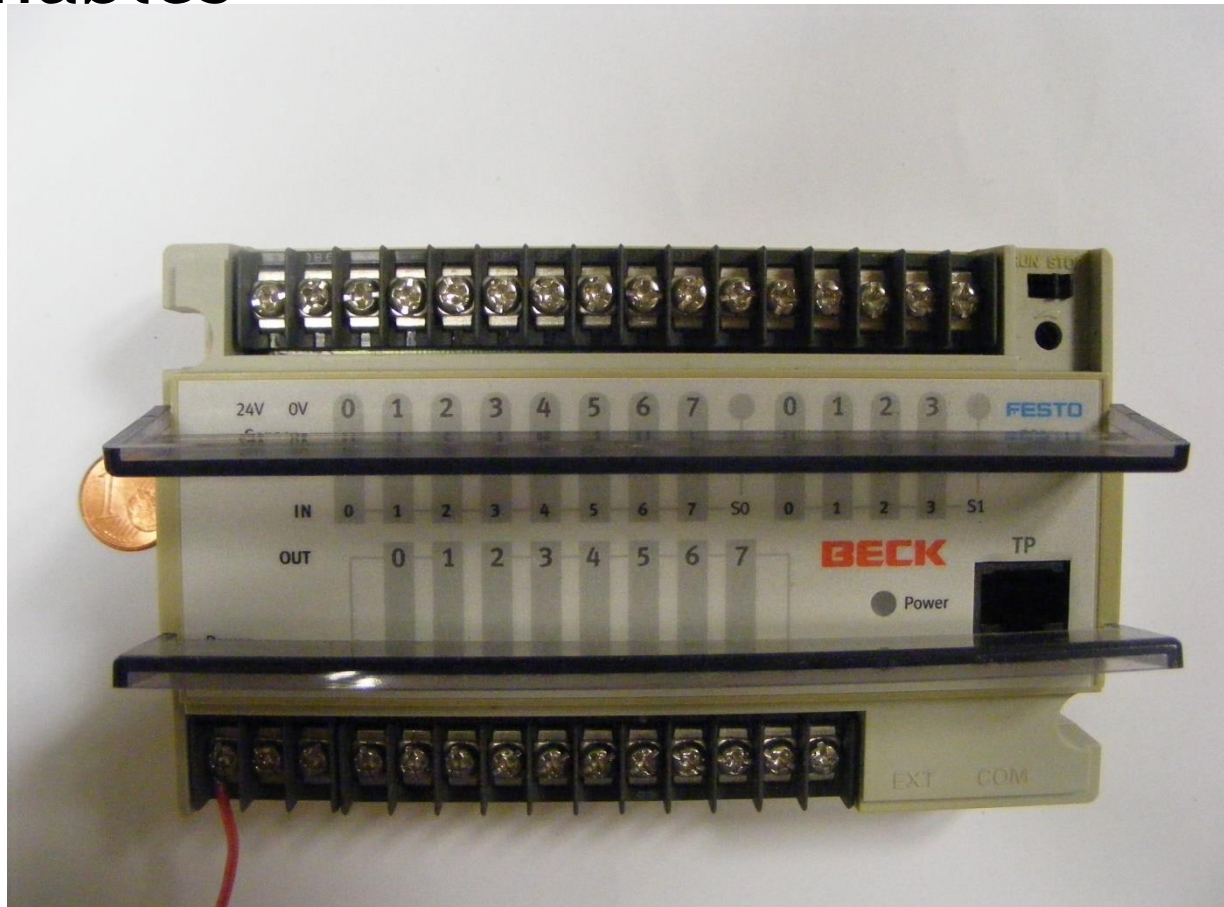
Prototypage (DK51)



Embarqué &
temps-réel

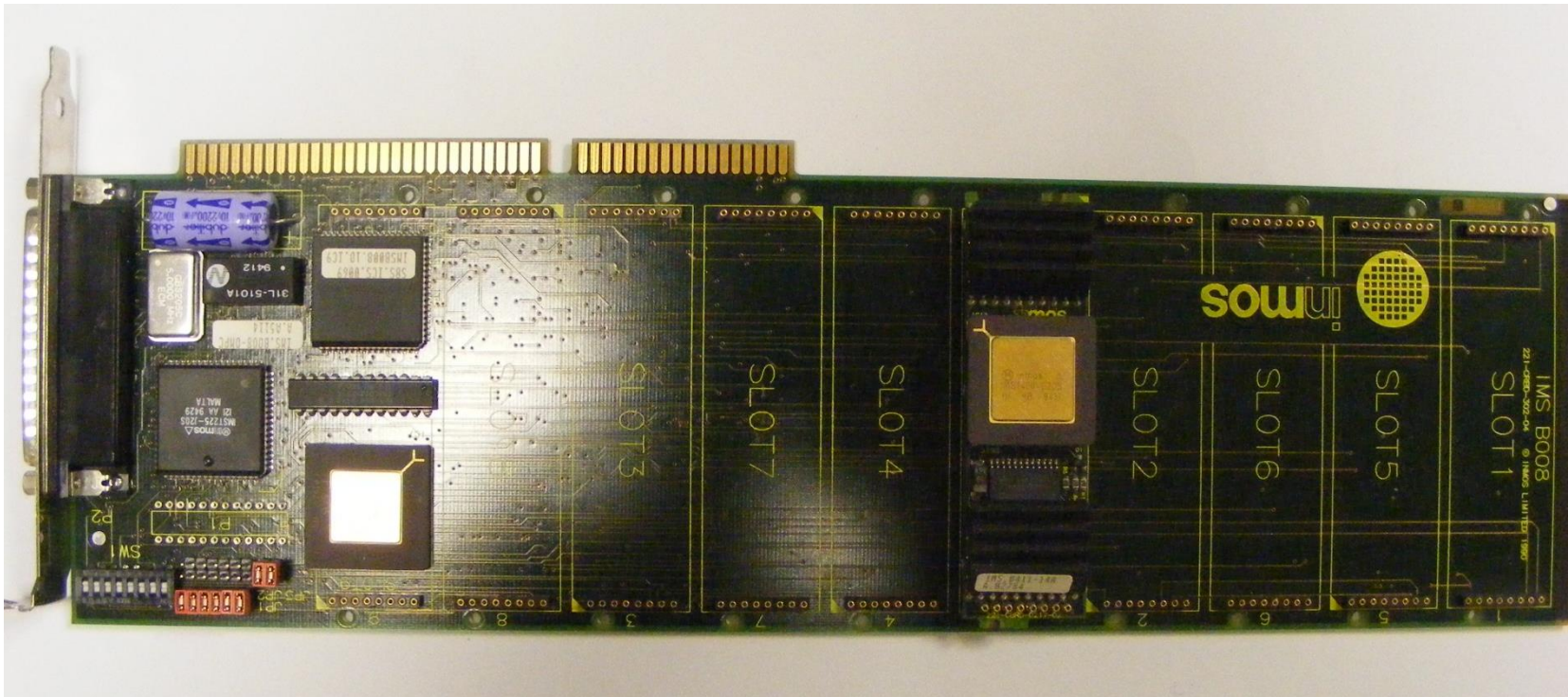
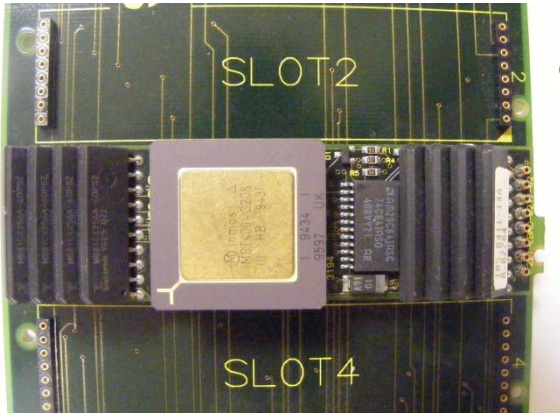
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Classe particulière : les automates programmables



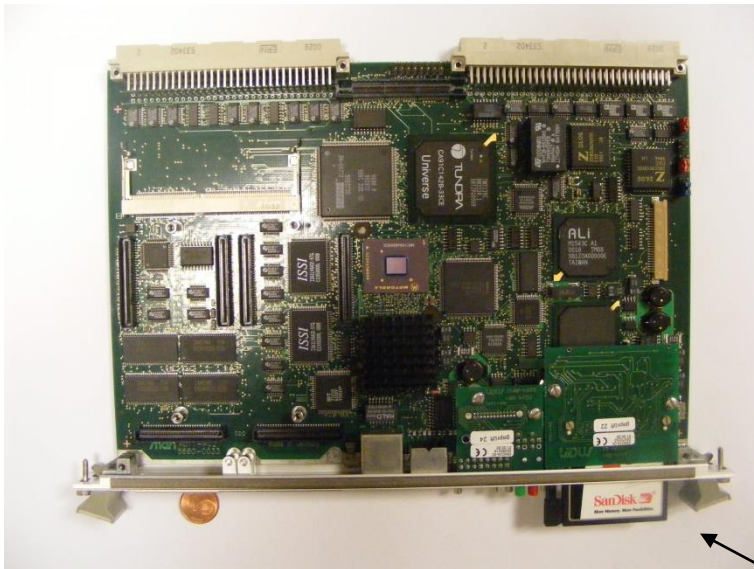
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Les architectures parallèles ont émergé depuis LONGTEMPS :
« transputers » inMOS en 1990



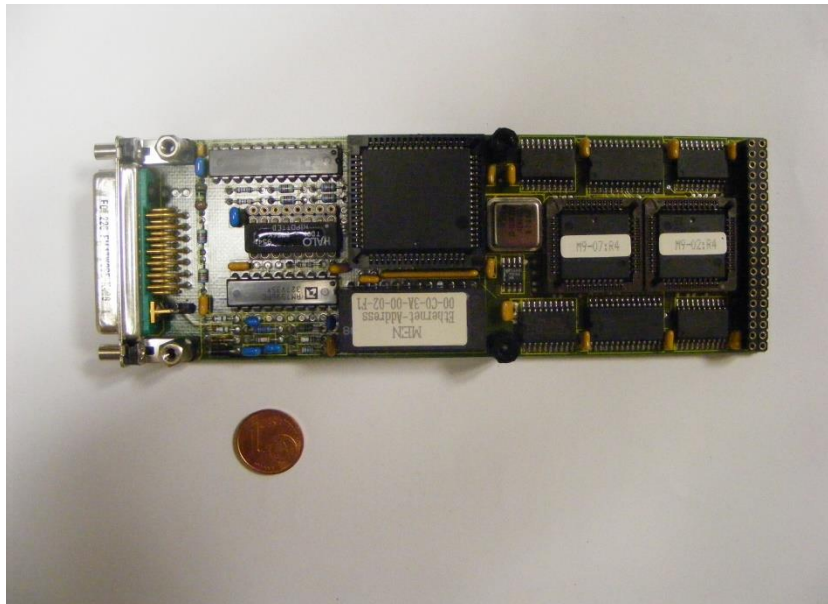
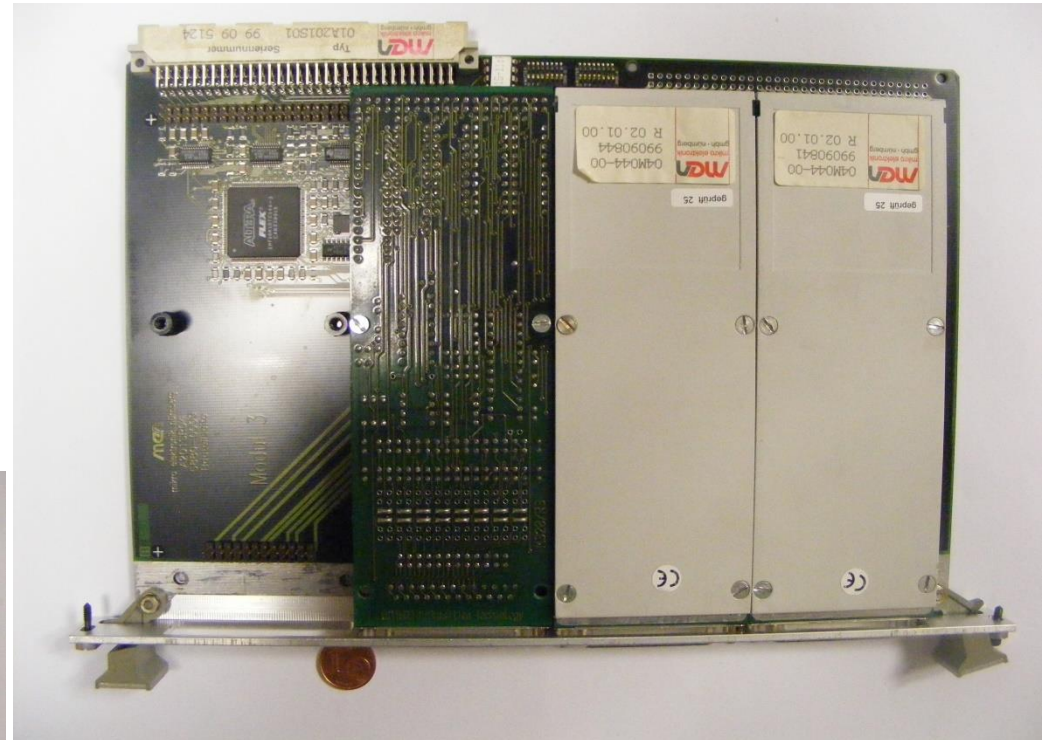
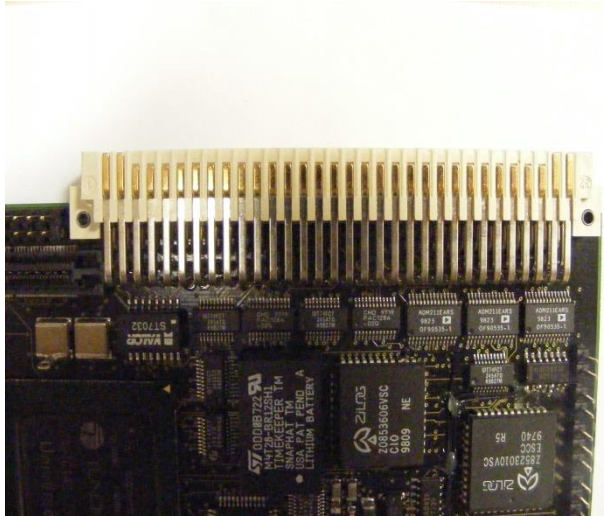
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- ...des réalisations concrètes depuis le milieu des années 80 (émergence du standard VME)



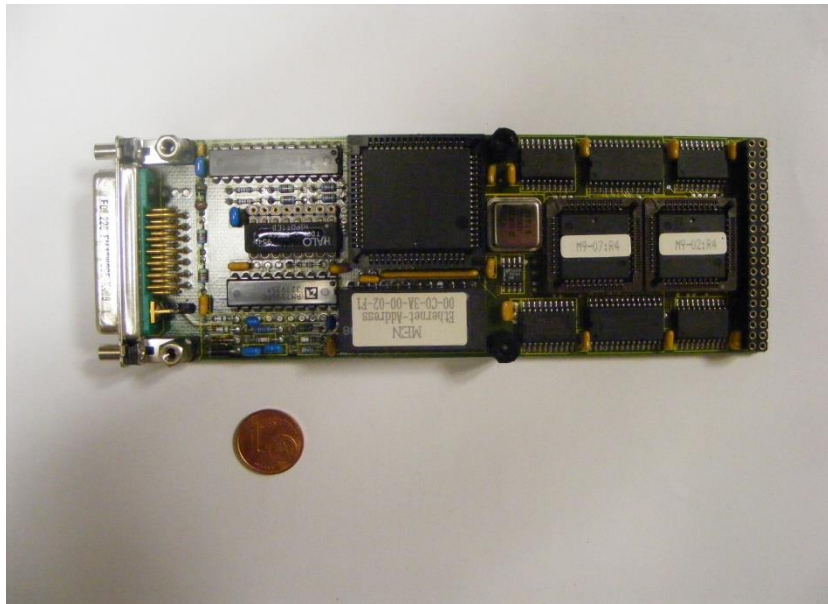
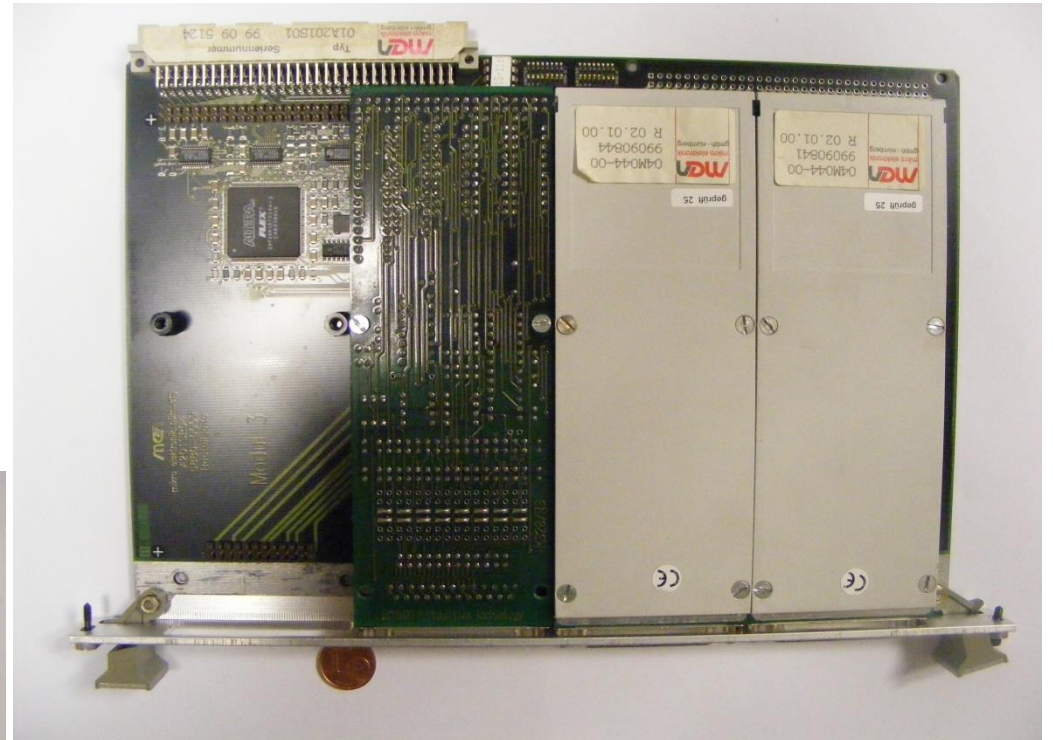
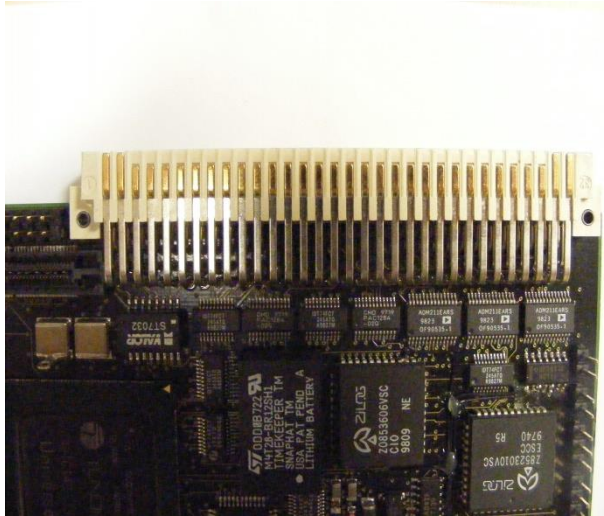
Des cartes performantes, avec de nombreuses E/S et une puissance de calcul embarquée plus que considérable (plusieurs « cartes » processeur peuvent par ailleurs cohabiter).

Panorama de l'évolution du matériel (suite) :



Les cartes processeurs peuvent être associées à des cartes d'entrées / sorties (en adéquation avec l'application), elles-mêmes « configurables » (nature des signaux traités).

Panorama de l'évolution du matériel (suite) :



Les cartes processeurs peuvent être associées à des cartes d'entrées / sorties (en adéquation avec l'application), elles-mêmes « configurables » (nature des signaux traités).

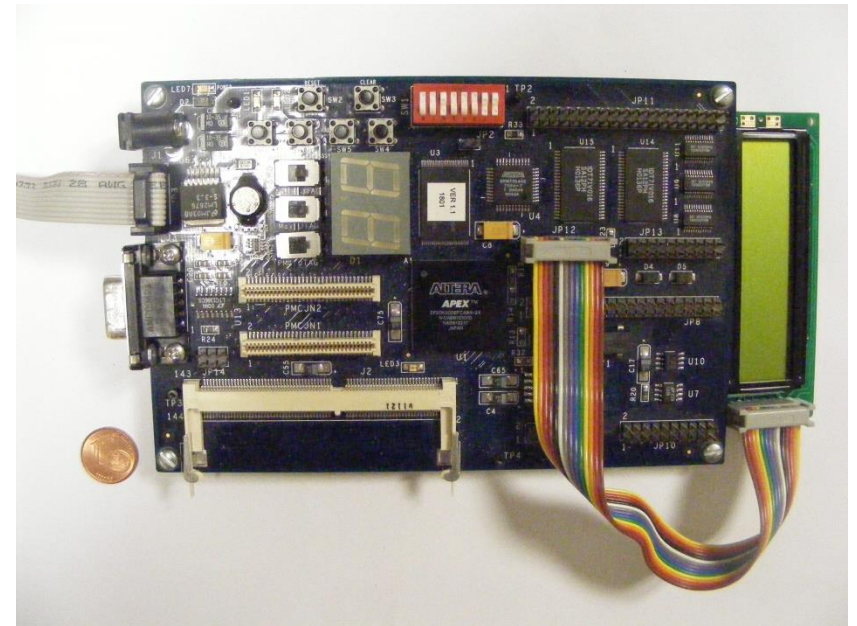
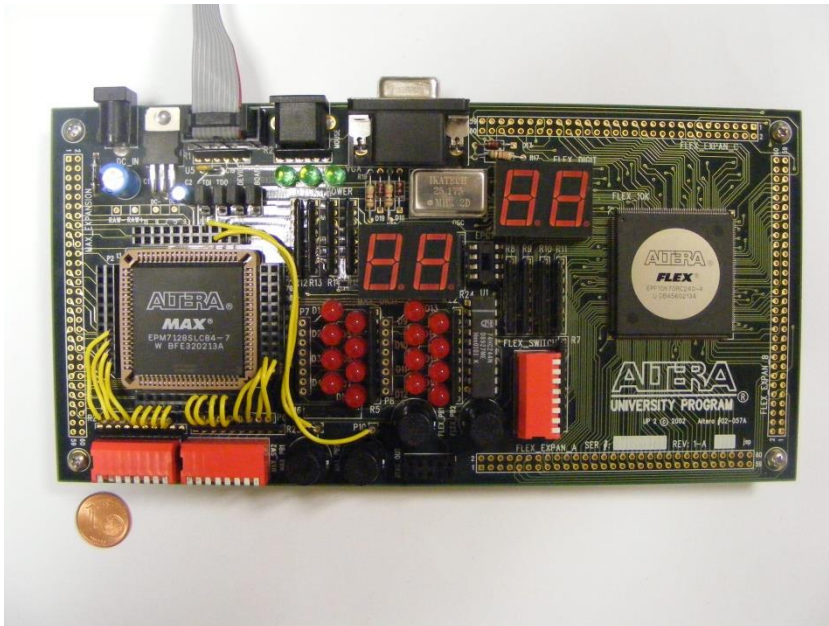
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :



Ces cartes nécessitent des « racks » souvent encombrants et lourds pour les gros systèmes (à droite, un rack « 19 emplacements ») . A gauche, un antique système VAX-VMS de Digital.

Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Une révolution en marche (déjà bien avancée...) : le FPGA (et les SoPC) :



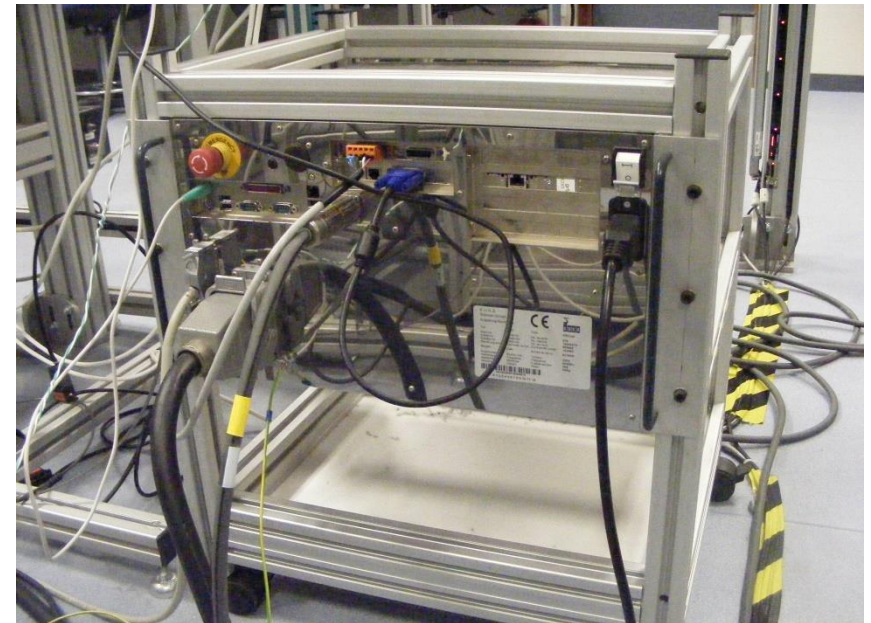
Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Exemple d'application des systèmes embarqués à très haut degré d'intégration : les caméras intelligentes (ici Matrox IRIS GT)



Panorama de l'évolution du matériel (suite) :

- Des grands classiques « industriels » :
Automates programmables en réseau et « baie de commande » de robots.



Caractéristiques d'un système embarqués

- Stockage (« persistance des données ») sur support **FLASH**.
- Architecture de **processeur efficace** (pour abaisser la fréquence d'horloge).
- Gestion fine de **l'énergie**.
- Aptitude **temps réel** si associé au contrôle d'une «partie opérative ».
- Ressources (relativement) **limitée**.
- Interface utilisateur souvent minimaliste (« **shell** » en ligne de commande).

L'Operating System (O.S)

dans tout ça...

- Qui attendrait 3 minutes à chaque démarrage de sa voiture ou de son téléphone ?
- Qui voudrait d'un téléphone avec un disque dur (quoique...) ?
- Qui monterait dans un avion dont les systèmes de bords pourraient générer des « écrans bleus » aléatoirement ?
- Etes vous prêts à ré-écrire toutes vos applications à chaque évolution de votre plateforme ?
- Etc : **IL FAUT LE BON « COUPLE » O.S /
PLATEFORME POUR LA BONNE APPLICATION**

Systèmes temps-réel

« Enfouis » dans notre environnement quotidien.

- téléphone, systèmes de bord des véhicules, lignes de production, robotique, etc.

Essentiellement, ce sont des systèmes :

- stimulés par des signaux extérieurs.
- doivent répondre (correctement !) dans un temps déterministe.
- temps réel « dur » (hard real-time) : temps de réponse minimal, pas de tolérance sur un dépassement de délai.
- temps réel « soft » : tolérance moins stricte sur le délai.