

Introduction aux microcontrôleurs

Définition wikipedia

Un microcontrôleur
(en notation abrégée μC , ou uc ou encore MCU en Anglais)

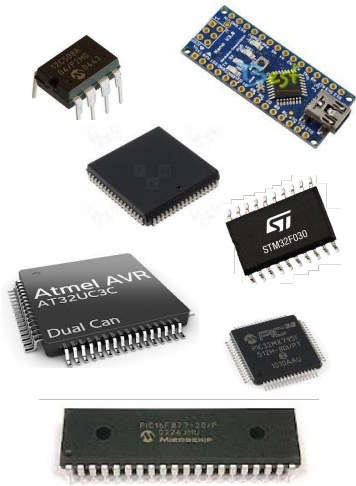
est un [circuit intégré](#) qui rassemble les éléments essentiels d'un [ordinateur](#) : [processeur](#), [mémoires](#) ([mémoire morte](#) pour le programme, [mémoire vive](#) pour les données), unités périphériques et interfaces d'[entrées-sorties](#).

Les microcontrôleurs se caractérisent par

- un plus haut degré d'intégration,
- une plus faible consommation électrique,
- une vitesse de fonctionnement faible (de quelques mHz à 1GHz)
- et un coût réduit par rapport aux [microprocesseurs](#) polyvalents utilisés dans les [ordinateurs personnels](#).

2

A quoi ressemble un μC ?



Il existe une grande diversité de modèles pour coller au plus près des applications embarquées.

Nombreux constructeurs

- Microchip
- Atmel
- Siemens/Infineon
- Intel
- Freescale
- STMicroelectronics
- Analog Devices
- Texas Instruments
- Cypress
- Philips
- ARM

Chacun dispose de plusieurs familles avec des dizaines de modèles

3

A quoi sert un μC ?

- Les micro-contrôleurs sont partout :
 - électroménager (machine à laver, four, ...)
 - multimédia (radio, HP, ...)
 - automobile (moteur, habitacle, ...)
 - équipement informatique (modem, souris, imprimante, ...)
 - industrie (robot, automate, ...)
 - bref partout où il y a un besoin "d'intelligence"
- Les alternatives sont :
 - Logique câblée avec des portes discrètes ↴
 - Logique câblée dans un circuit reprogrammable (FPGA) ↴
 - Circuiterie analogique ou électromécanique ↴

La tendance est au tout programmable
et dans un avenir proche au tout connecté !

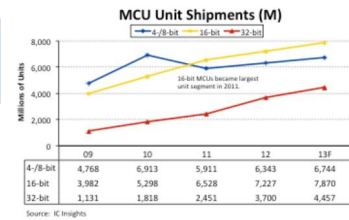
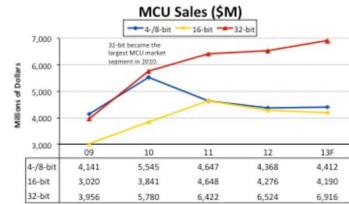
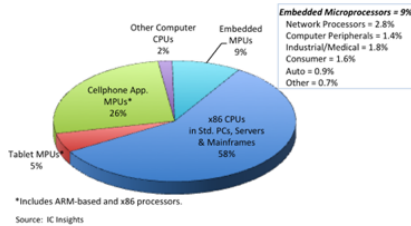
4

Marché : quelques données

La part des microcontrôleurs 32 bits devient prédominante en raison principalement de l'usage en informatique mobile.

Mais attention, en nombre de pièces donc d'usage c'est encore les 4/8/16 qui dominent.

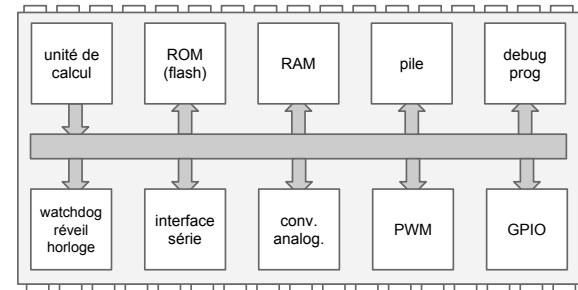
2013 MPU Sales by Applications (Fcst, \$65.3B)



source IC Insights

5

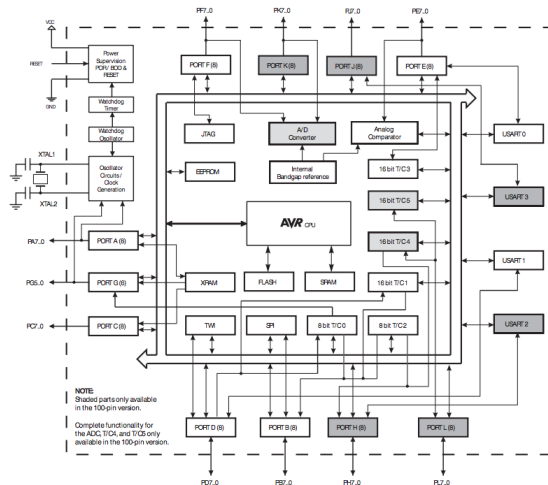
Que contient un µC ?



La dimension et le nombre des composants varient de manière continue entre le microcontrôleur 4 bits et le système intégré multicœurs utilisés dans les équipements nécessitant beaucoup de calcul et d'entrée sortie (équipement réseau par exemple)

6

AVR Atmel ATmega 2560



7

Que contient un µC ?

(src: wikipedia)

- de la mémoire vive (RAM) pour stocker les données et variables ;
- de la mémoire morte (ROM) pour stocker le programme. Différentes technologies peuvent être employées : EPROM, EEPROM, mémoire flash (la plus récente) ;
- souvent un oscillateur pour le cadencement. (quartz, circuit RC ou encore une PLL)
- des périphériques, capables d'effectuer des tâches spécifiques:
 - les convertisseurs analogiques-numériques (CAN) (donnent un nombre binaire à partir d'une tension électrique),
 - les convertisseurs numériques-analogiques (CNA) (effectuent l'opération inverse),
 - les générateurs de signaux à modulation de largeur d'impulsion (MLI, ou en anglais, PWM pour Pulse Width Modulation),
 - les timers/compteurs (compteurs d'impulsions d'horloge interne ou d'événements externes),
 - les chiens de garde (watchdog),
 - les comparateurs (comparent deux tensions électriques),
 - les contrôleurs de ports de communication (UART, I²C, SPI, CAN, USB, Ethernet, etc.).

8

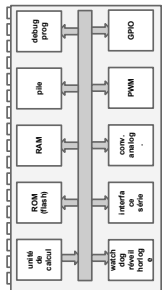
Que connecte-on à un μC ?

Entrées capteurs

lumière, micro, hygromètre, mouvement, détecteur de gaz, proximité, torsion, pression, thermomètre, accéléromètre, GPS, ...

IHM

clavier, télécommande, surface tactile, voix, ...



Sorties actionneurs

moteurs CC ou PàP, relais, HP, leds, ...

IHM

écran LCD, buzzer, voix, ...

- Il existe une très grande variété de capteur et d'actionneurs mais le nombre d'interface est plus réduit en passant par des protocoles de communication standard : rs232, CAN, I2C, USB, ...
- Les capteurs et actionneurs contiennent souvent des μC pour simplifier le travail de l'application ou réduire la quantité d'information à échanger.
- Les microcontrôleurs peuvent aussi être liés en réseau pour fabriquer des systèmes embarqués complexes : domotique, automotive, ...

9

Quel langage utilise-t-on pour les μC ?

Les langages de programmation dépendent de la taille et de l'usage. Lorsque les systèmes sont petits,

- la taille des programmes est importante car elle influence le prix,
- la performance influence la consommation donc l'autonomie.
 - Assembleur de moins en moins.
 - C ou C-like.
 - Basic.
 - Langages ad-hoc dérivés des langages d'automate.

Pour les systèmes 32bits, on trouve aussi des langages interprétés

- Java (Androïd)
- Lua

10

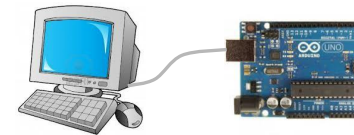
Spécificité de la programmation ?

- Les programmes gèrent des événements du monde réel
 - La plupart des tâches sont périodiques, il faut régulièrement
 - lire les capteurs
 - commander les actionneurs
 - Les contrôleurs de périphériques reçoivent des données et envoient des interruptions.
- Les programmes sont contraints en place et en temps.
- Les programmes sont souvent statiques mais doivent pouvoir évoluer.
- Les programmes peuvent planter mais doivent redémarrer automatiquement.
- L'assembleur n'est jamais très loin.

11

Comment programme-t-on un μC ?

Le programme est écrit, compilé, mis-au-point sur une machine de développement puis chargé dans le micro-contrôleur.



Le programme peut être exécuté

- sur un simulateur (ex: gpsim sur le PIC)
- sur le matériel avec la possibilité d'interrompre l'exécution sur une condition (événement, état d'un registre, ...) et de lire l'état de la mémoire depuis la machine de programmation (ex: jtag, icd)

12

Le module LI326

- L'objectif est de comprendre les principes de bases de la conception de système à base de microcontrôleurs. Nous avons choisi la plateforme Arduino.
- La programmation se fera en C avec des abstractions pour l'accès aux contrôleurs de périphériques.
- Nous regarderons comment sont vraiment programmés ces contrôleurs (écriture dans les registres)
- Vous allez concevoir 2 ou 3 projets et les présenter devant le groupe.

13

La carte ATmega 2560

Arduino

- 54 (!) broches numériques d'entrées/sorties dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM
- 16 entrées analogiques (utilisables en entrées/sorties numériques),
- 4 UART (port série matériel),
- quartz 16Mhz,
- connexion USB,
- un connecteur d'alimentation jack,
- un connecteur ICSP (programmation "in-circuit"),
- un bouton de réinitialisation (reset).

ATmega2560/V

- 256Kbytes Self-Programmable Flash
- 4Kbytes EEPROM
- 8Kbytes Internal SRAM



14