

Figure 3. Répartition de différents processeurs utilisés dans l'embarqué (source : www.linuxdevices.com)

Elles proposent bien souvent un nombre réduit de périphériques (RS232, USB, Ethernet, ...) mais tout de même des possibilités d'extension soit aux travers de modules additionnels soit au travers des connexions déjà proposées (Ethernet, USB).

Les cartes intégrables PC104

Le format de cartes le plus répandu est probablement le format PC104 qui doit son nom au fait qu'il propose 104 points de connexion sur des connecteurs en bord de cartes.

À l'aide de ces 104 signaux vous pourrez connecter vos propres modules d'extension ou ceux disponibles dans le commerce. Les industriels sont très friands de ce type de cartes, car elles sont compactes et permettent d'être assemblées en mezzanine telles un LEGO.



Ce qu'il faut savoir

L'informatique embarquée se distingue fortement des autres domaines de l'informatique, notamment en ce qui concerne les contraintes et les objectifs. En effet, un système embarqué devra tenir compte du prix de revient, mais aussi de la puissance consommée, de l'encombrement, du poids, des performances, de la stabilité et de robustesse du système ainsi que des possibilités de maintenance et d'évolution. Cette vision très industrielle de l'informatique embarquée se retrouve tout aussi bien dans la conception d'une machine à café que de celle d'un drone.

Pour ce qui concerne le coût de tels systèmes embarqués, il est très variable, mais on peut dire sans se tromper qu'il varie entre 100 euros HT et 1000 euros HT pour les plus grosses configurations. De façon générale vous trouverez des kits de développement pour le grand public entre 150 euros HT et 500 euros HT.

Les périphériques

Les architectures PC nous ont habitués à trouver tout type de périphériques connectés au bus ISA, PCI ou USB (entre autres). Les systèmes embarqués intègrent généralement des périphériques équivalents mais sur d'autres types de bus, ou en tous les cas agencés différemment (multi-CS, SPI, MMC, IIC, IIS, USB, ...).

Par exemple sur un PC conventionnel le lecteur SD card est entièrement géré par un contrôleur USB en charge de ce périphérique. Pour certains processeurs dédiés à l'embarqué il existe directement un périphérique SD/MMC sur la puce, pour les autres, l'accès à une SD card se fait au travers du bus SPI™. Ce bus permet de transférer des octets de façon bidirectionnelle à l'aide de 4 fils : SCLK (horloge de cadencement), SDO (sortie série des données), SDI (entrée série des données) et CS (sélection de la cible). Vous l'aurez compris : il s'agit d'un protocole série, compact et facile à mettre en œuvre mais plus lent qu'un protocole sur bus parallèle (comme l'IDE).

Un autre périphérique fort utile pour concevoir vos propres périphériques d'extension est le bus I2C™. Inventé par Philips, il est encore plus compact que le bus SPI™ car il n'a besoin que de 2 fils : SCL (horloge), SDA

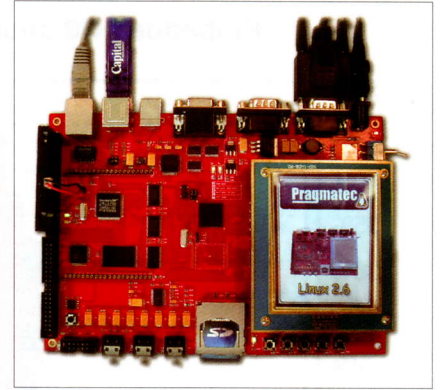


Figure 4. Carte de développement DEV2410 de Pragmatec

(données séries bidirectionnelle). La sélection du périphérique distant se fait à l'aide d'une adresse passée dans le protocole, comme le fait Ethernet avec les adresses MAC et IP.

De nombreux développeurs utilisent l'I2C pour ajouter des périphériques simples à leur système embarqué : carte d'entrées opto-isolées, sorties relais, capteur de température, carte custom, ... On peut même utiliser le bus I2C™ pour connecter plusieurs processeurs ou connecter un microcontrôleur (un PIC ou un AVR par exemple en charge de l'asservissement en vitesse d'un moteur).

Organisation mémoire de la cible

Sur PC nous avons l'habitude de voir notre Linux favori lancé via un bootloader tel que LILO ou GRUB. Ces derniers permettent même de choisir parmi différents noyaux stockés sur le disque dur. Sur un système embarqué, le BIOS est chargé de l'initialisation des principaux périphériques (mémoires, Ethernet, ...) puis exécute un code logé en mémoire, en l'occurrence le noyau auto extractible uClinux ou Linux.

Une des principales caractéristiques d'un système embarqué est sa grande robustesse. En d'autres termes, le système doit pouvoir redémarrer à l'identique en cas de problème.

Dans un système embarqué, le système de fichiers est construit au démarrage à l'aide d'un *romfs*, c'est-à-dire un système de fichiers en lecture seule. On stocke donc le BIOS, le noyau auto extractible et le *romfs* dans une

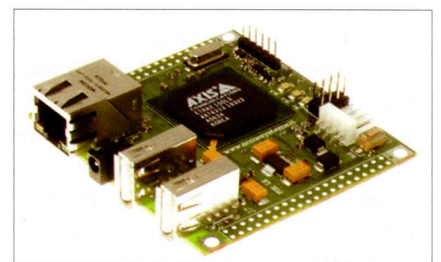


Figure 5. Carte ultra-compacte FOX de ACME