Processeurs ARM

Présentation

Les processeurs ARM (Advanced RISC Machine) sont une famille de processeurs qui reposent sur une architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer). Les architectures ARM représentent une approche différente de la conception du matériel d'un système par rapport aux architectures de serveur plus familières comme x86.

Cette architecture de processeur a été utilisée pour la première fois dans les ordinateurs personnels dès les années 1980. Cependant, il est peu probable de voir un appareil étiqueté comme ayant un processeur ARM tel que c'est le cas pour les machines propulsées par AMD et Intel, car Arm Limited concède l'architecture à des sociétés tierces afin qu'elles puissent développer leurs propres processeurs.

ARM et x86

Les architectures de serveur courantes (notamment la très utilisée x86) ont une approche modulaire basée sur une carte mère qui accueille différents composants interchangeables. Le processeur et les autres composants, tels que les cartes graphiques et les processeurs graphiques, les contrôleurs de mémoire, le stockage ou les cœurs de traitement, sont optimisés pour des fonctions spécifiques et peuvent être facilement remplacés ou étendus. Cette simplicité a toutefois un prix : ces composants matériels constituent généralement des architectures de système plus homogènes, moins résistantes aux attaques et aux exploits du type « Rédiger une fois, exécuter partout ».

Les processeurs ARM s'appuient sur une autre approche. Plutôt que de séparer le processeur du reste du matériel, les cœurs du processeur sont intégrés au support physique du circuit intégré. D'autres fonctions matérielles (comme les contrôleurs de bus d'E/S tels que l'interconnexion des composants périphériques) se trouvent sur le même support, et les différentes fonctions sont toutes intégrées ensemble par le biais d'un bus interne. Lorsque ces composants sont placés sur le même circuit intégré, on parle de « système sur puce », ou SoC.

Cette capacité d'adaptation et d'intégration représente un atout non négligeable des processeurs ARM. De plus, les processeurs ARM ne dépendent pas d'un fabricant unique, contrairement aux processeurs AMD ou Intel pour les architectures x86. Arm Holdings propose des conceptions de processeurs ARM sous licence (en série pour différents objectifs spécialisés et optimisations) avec certains critères de performances, que les fabricants de matériel peuvent adapter à leurs appareils.

En un sens, il est donc difficile de définir exactement ce qu'est un processeur ARM. Ces processeurs ARM représentent une architecture système différente, avec un ensemble

différent de priorités sous-jacentes en matière de performances et de connectivité du système.

Atouts de l'architecture ARM

L'architecture ARM est la conception électronique la plus répandue dans le monde, même si l'architecture x86 est plus courante sur le marché des serveurs. On retrouve ces processeurs dans la majorité des smartphones, ainsi que dans d'autres petits appareils mobiles et ordinateurs portables.

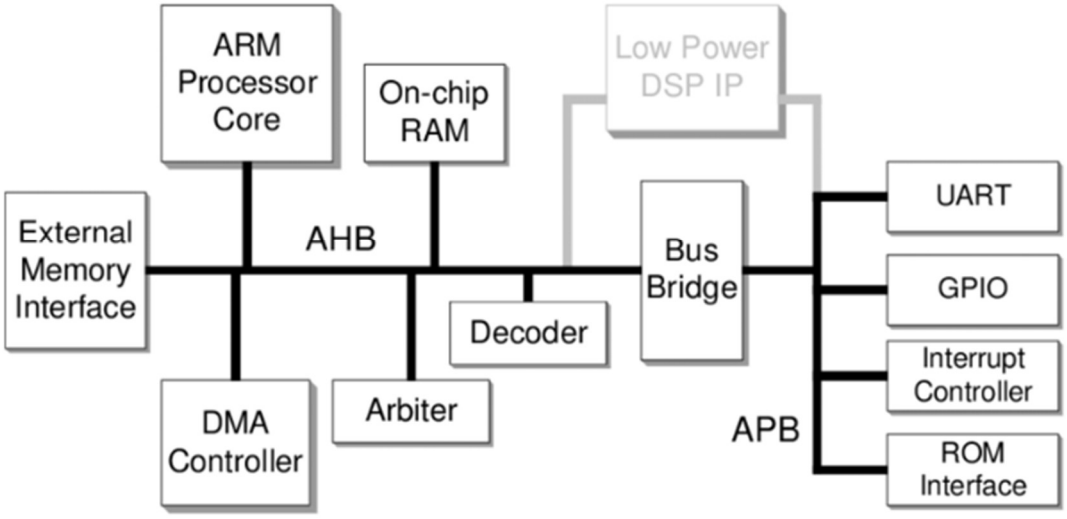
Les puces x86 sont conçues pour optimiser les performances, tandis que les processeurs ARM sont conçus pour offrir le meilleur équilibre possible entre le coût, le format, la consommation d'énergie, la production de chaleur, la vitesse et la durée de vie de la batterie.

Puisque Arm Holdings vend des conceptions, et non du matériel, les fabricants peuvent personnaliser la microarchitecture en fonction de leurs besoins spécifiques, tout en conservant un format compact, des performances élevées et une grande efficacité énergétique. Cette approche présente à la fois des avantages et des inconvénients, car elle implique que les systèmes d'exploitation tels que Linux, Windows et Android doivent prendre en charge un plus large éventail d'équipements matériels.

Cela ne signifie toutefois pas que l'utilisation des architectures ARM se limite aux petits appareils mobiles. En effet, l'un des superordinateurs les plus rapides du monde, Fugaku, conçu par Fujitsu et Riken, utilise un processeur ARM. Dans ce cas précis, Fujitsu a conçu sa propre puce ARM pour son superordinateur, mais ARM fournit également un profil de conception pour les architectures HPC. Intéressées par leur taille compacte, leur faible consommation d'énergie et leur faible dégagement de chaleur (pas besoin de refroidissement supplémentaire), de plus en plus d'entreprises commencent à utiliser des systèmes ARM pour créer des nœuds ou des clusters pour leur matériel HPC et dans le cloud (comme Amazon Web Services Graviton et Microsoft Azure). La chaîne d'outils Arm Compiler for Linux est conçue pour le développement d'applications HPC. Il est important d'évaluer la compatibilité entre vos applications, vos cas d'utilisation et les processeurs ARM au fur et à mesure que vous les intégrez.

L'utilisation d'une architecture ARM permet aux concepteurs de matériel d'avoir un meilleur contrôle sur leurs conceptions et leurs performances, ainsi que sur leurs chaînes d'approvisionnement. Le contrôle et les performances sont deux atouts intéressants aussi bien pour les petits appareils grand public que pour les environnements informatiques à grande échelle.

SoC ARM



ARM based SoC architecture

Aujourd'hui, ARM est surtout connu pour ses systèmes sur une puce (SoC), intégrant sur une seule puce : microprocesseur, processeur graphique (GPU), DSP, FPU, SIMD, et contrôleur de périphériques. Ceux-ci sont présents dans la majorité des smartphones et tablettes. ARM propose des architectures qui sont vendues sous licence de propriété intellectuelle aux concepteurs. Ils proposent différentes options dans lesquelles les constructeurs peuvent prendre ce qui les intéresse pour compléter avec leurs options propres ou de concepteurs tiers. ARM propose ainsi pour les SoC les plus récents les microprocesseurs Cortex (Cortex-A pour les dispositifs portables de type smartphones et tablettes, Cortex-M pour le couplage à un microcontrôleur, Cortex-R pour les microprocesseurs temps réel), des processeurs graphiques (Mali), des bus AMBA sous licence libre, ainsi que les divers autres composants nécessaires à la composition du SoC complet. Certains constructeurs, tels que Nvidia, préfèrent produire leur propre processeur graphique, d'autres, comme Samsung, préfèrent prendre dans certains cas un processeur graphique de prestataire tiers ou d'ARM selon les modèles, et d'autres, comme Apple, modifient certains composants du microprocesseur en mélangeant plusieurs architectures processeur ARM (l'Apple A6 par exemple, mixe les technologies de microprocesseur Cortex-A9 et Cortex-A15).

Architecture et jeu d'instruction

L'architecture ARM est fortement inspirée des principes de conception RISC. Elle dispose de 16 registres généraux de 32 bits. Les instructions, codées sur 32 bits jusqu'à l'ARMv7 peuvent toutes disposer d'exécution conditionnelle ; sur l'architecture 64 bits

(ARMv8), quelques instructions seulement peuvent disposer d'exécution conditionnelle.

Le jeu d'instructions a reçu des extensions au fil du temps, telles que *Thumb*, permettant d'améliorer la densité du code, *NEON*, apportant des instructions SIMD, ou *Jazelle*, améliorant l'exécution de code Java.

Processeurs graphiques ARM Mali

ARM propose également des processeurs graphiques (GPU) appelés Mali qui peuvent être intégrés aux architectures des SoC ARM. La première série, Mali 200, utilisée dans des processeurs tels que le SoC Telechips TCC890x.

La seconde série, Mali 300 ne semble pas avoir été utilisée par les constructeurs.

La troisième série, Mali 400 MP est proposée sur des processeurs plus haut de gamme, généralement, Cortex A9, comme le ST-Ericsson U8500, les Samsung Exynos 4 ou l'Amlogic 8726-M, mais aussi sur les Cortex A8 AllWinner A1X.

La série Mali 600 est à destination des Cortex A15. Elle équipe notamment la série de Samsung Exynos 5. Le premier modèle a été le Mali T604.

L'API générique d'accès au GPU MALI compatible EXA/DRI2 libres à sources ouvertes (licences Apache et MIT) est disponible pour les Mali 200, 300, 400 et 600 sur la plateforme Linux, mais la partie la plus basse d'accès au processeur, dépendant du constructeur reste fermée.

Le projet Lima driver a été créé pour développer un pilote libre permettant d'utiliser pleinement ces processeurs. En septembre 2013, il dépasse déjà les performances des pilotes propriétaires sur les séries Mali 400.

De nombreux SoC ARM comportent cependant un GPU PowerVR ou plus rarement d'autres processeurs graphiques (Qualcomm Adreno, Vivante, Nvidia), qui possèdent tous des pilotes pour Linux, mais dont la partie 3d est propriétaire et à sources fermées. Le projet Freedreno a les mêmes visées pour les Adreno que le projet Lima driver pour la série des Mali.