

Les SoC personnalisés : une option pratique pour la conception des systèmes électroniques

De nombreuses craintes et légendes urbaines entourent la conception de silicium personnalisé, mais elles apparaissent aujourd'hui infondées. En outre, les avantages de ce choix de conception ne sont pas encore bien compris par tous. Dans cet article, ARM expose les intérêts à mettre au point une puce personnalisée, même pour des projets à faible volume, avant de déconstruire les nombreux mythes qui subsistent dans ce domaine.

Parmi les avantages des SoC (System on Chip - système sur une puce) personnalisés, également appelés ASIC (Application Specific Integrated Circuit - circuit intégré propre à une application) de façon souvent interchangeable, on trouve notamment la réduction des coûts, la simplification de la chaîne d'approvisionnement, la résistance à la copie et au clonage, une meilleure fiabilité du système, une performance accrue et plus de flexibilité pour l'ajout de nouvelles fonctionnalités, le tout à un facteur de forme réduit. Or la conception d'un SoC personnalisé n'est plus synonyme d'investissement majeur. En effet, l'existence de composants IP disponibles sur le marché (IP, pour Propriété Intellectuelle), d'entreprises offrant d'excellents services de conception et de procédés de fabrication des puces éprouvés permet de concevoir des SoC à coûts réduits accessibles à la plupart des fabricants d'équipements.

Le présent article explore les avantages économiques à concevoir des SoC personnalisés en s'appuyant sur l'étude d'un système de contrôle industriel utilisant de véritables données de coût, de taille et de consommation d'énergie.

Technologies à puce : baisse des coûts grâce aux nouveaux produits

Ces dernières décennies ont été marquées par une forte croissance du nombre de dispositifs numériques expédiés chaque année, comme le montre la figure 1 représentant le

AUTEUR



Michele Riga, spécialiste des produits de la branche Intégration et Automatisation d'Arm.

nombre de puces expédiées par les partenaires d'Arm depuis 1998. Sont ainsi apparus de nouveaux types de produits, tels que les premiers téléphones portables, les smartphones, les accessoires intelligents, et ainsi de suite. Dans le même temps, les produits existants comme les voitures, les appareils électroménagers ou les équipements industriels ont également évolué et se sont mis à intégrer de plus en plus de technologies numériques.

La plupart des produits fabriqués dans des volumes faibles à moyens, quels qu'ils soient, sont construits à partir d'un large choix de composants semi-conducteurs standardisés. Les composants standardisés, néanmoins, peuvent se révéler insuffisants au vu des objectifs de performance, d'efficacité énergétique et de coût des systèmes électroniques. Dans ce

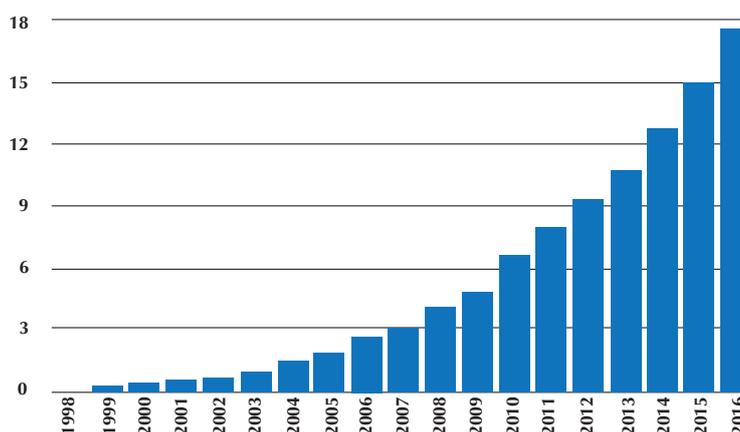
cadre, l'utilisation des SoC personnalisés permet de créer des produits attractifs et différenciés grâce à de grandes améliorations en termes de performance, de consommation, de taille et de coût. Les entreprises sont de plus en plus nombreuses à faire ce choix, mais beaucoup d'entre elles peinent encore à comprendre les avantages dont elles pourraient bénéficier et comment les obtenir.

Des technologies silicium accessibles

Presque tous les professionnels du domaine du silicium ont un jour été confrontés à la loi de Moore, selon laquelle le nombre de transistors disponibles double tous les deux ans tandis que leur taille diminue. Les toutes nouvelles technologies en 7 nm sont des merveilles de miniaturisation et des moteurs de la révolution numé-

1 NOMBRE DE PROCESSEURS À ARCHITECTURE ARM COMMERCIALISÉS ANNUELLEMENT (EN MILLIARDS D'UNITÉS)

Ces dernières décennies ont été marquées par une forte croissance du nombre de dispositifs numériques expédiés chaque année.



rique qui transforment téléphones, serveurs, télévisions et infrastructures de réseaux. Mais on oublie souvent, derrière l'annonce des avancées récentes, les progrès tout aussi importants réalisés sur les anciens « nœuds » de semi-conducteurs (autrefois à la pointe de l'innovation). Ce qui, dans le passé, coûtait des millions à utiliser à des fins de conception est maintenant accessible à une fraction de son prix d'origine. Dans le même temps, les possibilités en matière de faible courant de fuite, de faible puissance ou de haute tension se sont multipliées; l'innovation ne s'est pas arrêtée avec les technologies avancées, elle a accéléré.

Les anciens nœuds peuvent donc être utilisés pour toutes ces applications dont la valeur ajoutée provient de l'intégration de fonctionnalités qui n'évoluent pas forcément selon la loi de Moore, comme les capteurs et les actionneurs. Cette approche est appelée « More than Moore » (littéralement, plus que Moore) (figure 2).

Aujourd'hui, la construction d'un prototype de puce 0,18µm ne coûte plus que 18000\$ (c'est bien cela, moins de 20000\$) et même les puces 65 nm, qui alimentaient autrefois nos smartphones, ne coûtent plus que 48000\$ (figure 3). Les usines sont pleinement amorties et affichent de très hauts niveaux de rendement. La disponibilité des anciens nœuds de traitement pour la conception sur mesure de SoC alliant circuits mixtes, microcontrôleurs, dispositifs d'entrée et de sortie, conducteurs, gestion de l'alimentation, etc. n'a jamais été si grande.

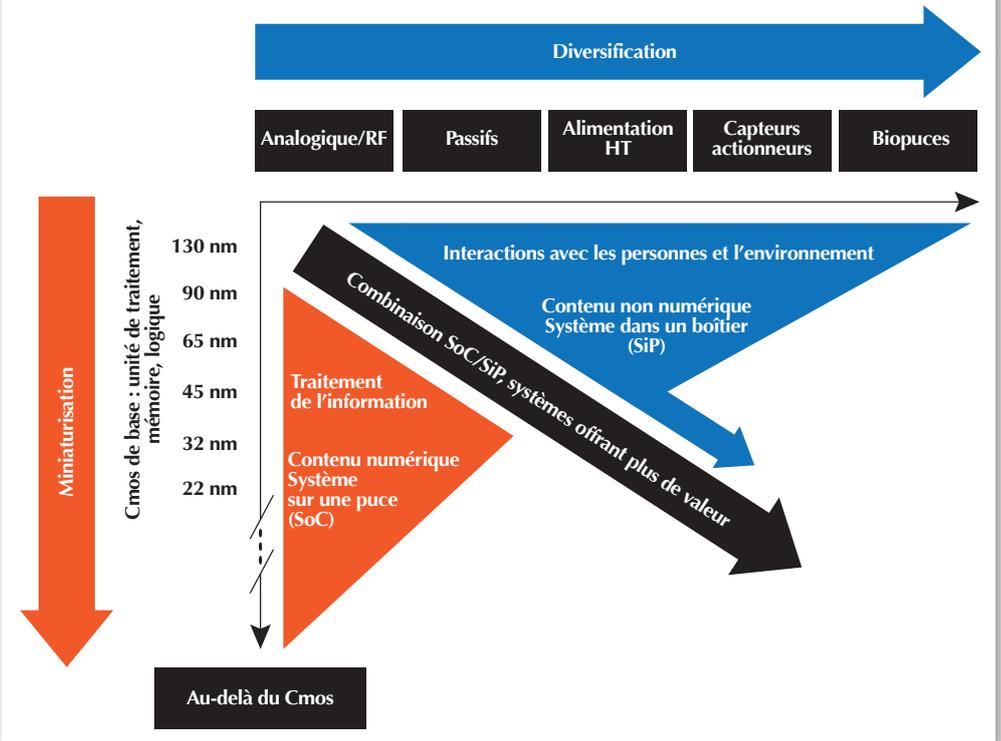
Avantages des SoC personnalisés

De nombreuses raisons peuvent pousser une entreprise à concevoir un SoC personnalisé:

- Réduire le coût d'un produit en remplaçant plusieurs composants distincts par une puce unique;
- Réduire le nombre de composants, leur complexité et la taille du circuit imprimé;
- Améliorer la fiabilité du circuit (un circuit imprimé ordinaire avec des centaines de composants individuels présente de nombreux points de défaillance que le silicium personnalisé peut supprimer);
- Protéger le produit, le rendre plus difficile (voire impossible) à rétro-concevoir ou à copier;

2 L'APPROCHE MORE THAN MOORE

On oublie souvent, derrière l'annonce des avancées récentes, les progrès tout aussi importants réalisés sur les anciens « nœuds » de semi-conducteurs (autrefois à la pointe de l'innovation). Ce qui, dans le passé, coûtait des millions à utiliser à des fins de conception est maintenant accessible à une fraction de son prix d'origine.



- Simplifier la chaîne d'approvisionnement en devenant le propriétaire exclusif de la puce et en assurant l'approvisionnement sur le long terme (grâce aux produits de fonderie et nœuds de traitement existants);
- Rendre un produit plus attractif ou différencié, ajouter facilement de nouvelles fonctionnalités non proposées par les produits standard;
- Ou encore répondre aux exigences

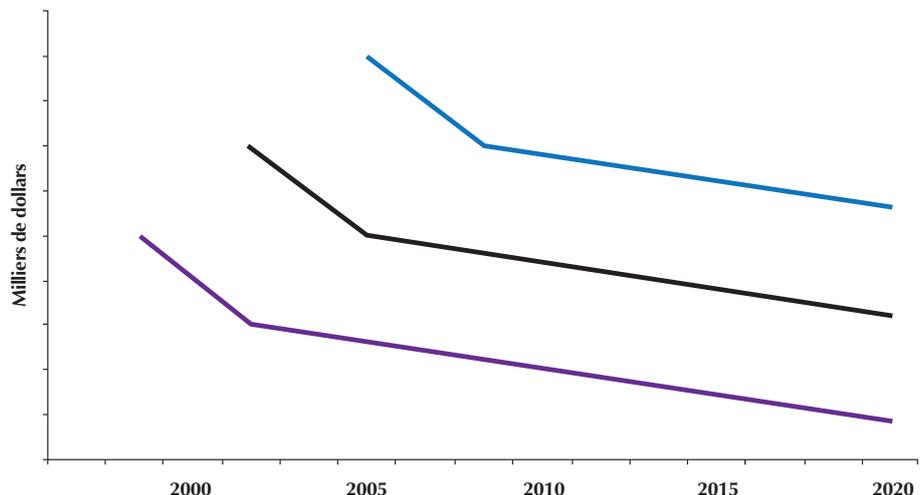
de performance ou de coût d'une application ou d'un produit en particulier que les circuits imprimés ne peuvent pas satisfaire.

La sécurité de la chaîne d'approvisionnement est un avantage majeur. Les tranches de silicium obtenues n'entraînent aucuns frais relatifs aux essais ou à l'emballage. Elles peuvent être stockées de façon sécurisée et utilisées au fil du temps. Le coût de l'approvi-

3 ÉVOLUTION DU COÛT DE TRAITEMENT POUR LES TECHNOLOGIES 180NM, 130NM ET 65NM

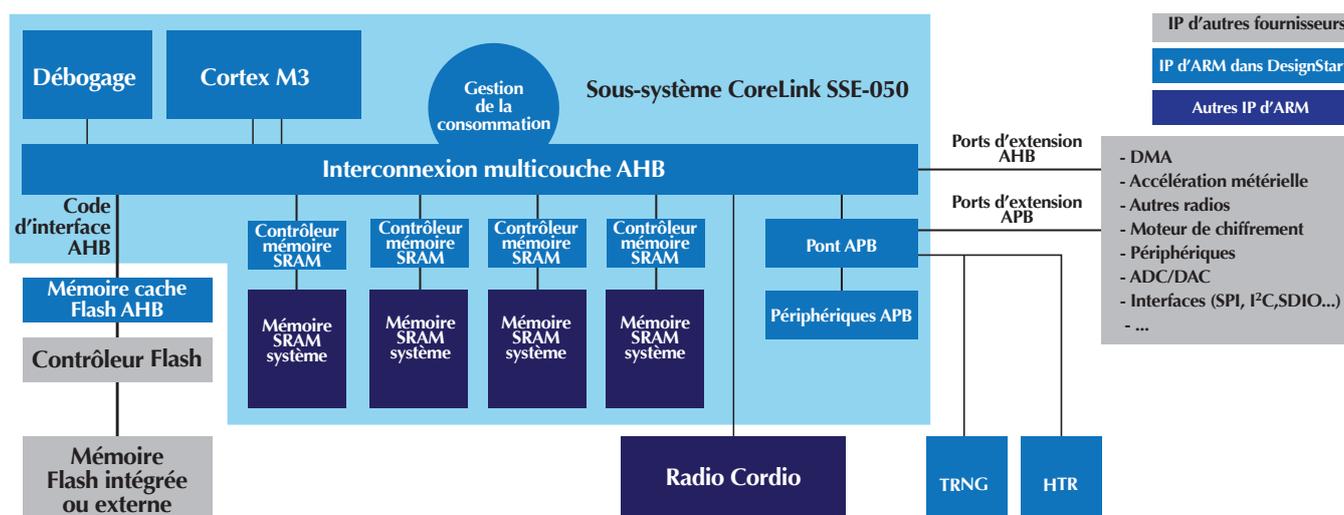
Aujourd'hui, la construction d'un prototype de puce 0,18µm ne coûte plus que 18000\$ (c'est bien cela, moins de 20000\$) et même les puces 65 nm, qui alimentaient autrefois nos smartphones, ne coûtent plus que 48000\$.

(Source : IMEC ic-link).



4 SCHÉMA FONCTIONNEL DU SYSTÈME CORELINK SSE-050

Les packs DesignStart proposés par Arm contiennent chacun un sous-système et de nombreux blocs fonctionnels et périphériques à partir desquels développer et personnaliser un système.



sionnement en dispositifs peut ainsi rester minime pendant des années, car il n'est plus nécessaire de se fournir en divers composants achetés au prix fort et à l'avance.

Les avantages du silicium personnalisé peuvent se révéler d'une très grande valeur pour les équipes responsables des achats et de la chaîne d'approvisionnement au sein d'une entreprise.

Disponibilité des blocs d'IP fonctionnels

Lorsque l'on conçoit une puce, tous les composants nécessaires peuvent très facilement être achetés auprès de fournisseurs tiers ou choisis dans la bibliothèque d'un partenaire de services de conception.

Arm est un grand fournisseur d'IP. De nombreux dispositifs standardisés, déjà largement utilisés, sont bâtis sur les processeurs Arm Cortex. Le programme Arm DesignStart permet d'aider les entreprises qui souhaitent concevoir leurs SoC personnalisés. Grâce à cet ajout récent à l'offre, elles peuvent désormais accéder rapidement aux processeurs Cortex-M0 et Cortex-M3 grâce à un simple contrat, sans frais initiaux, reposant sur un modèle de redevances pondérées sur la réussite. Les deux packs DesignStart contiennent chacun un sous-système et de nombreux blocs fonctionnels et périphériques à partir desquels développer et personnaliser un système.

Les sous-systèmes contiennent l'ensemble des éléments de base nécessaires comme points de départ ou

pouvant servir de points de référence à partir duquel travailler (figure 4) :

- processeur Cortex-M3 et système de mémoire configurable ;
- connectivité à la mémoire flash prête à l'emploi et mémoire cache flash intégrée ;
- connectivité avec les périphériques tiers ;
- horloge temps réel (HTR) ;
- générateur de nombres aléatoires (TRNG) à la base des protocoles de sécurité ;
- port spécifique pour l'intégration avec les radios Cordio d'Arm

Aide à la conception

Il est très facile de sous-traiter la phase de mise en service auprès d'une des nombreuses entreprises de services de conception, comme le montre l'étude de cas proposée ci-après. Ces entreprises proposent des services à tous les niveaux du processus de conception d'un SoC personnalisé, ce qui vous permet de sous-traiter n'importe quelle partie d'un projet, que ce soit la définition, la conception en elle-même, l'intégration ou la vérification. Certaines se chargent même de la fabrication et de l'approvisionnement de la puce.

Afin d'aider les fabricants qui n'ont jamais produit de silicium auparavant, Arm a mis en place un programme de « Partenaires de conception approuvés » qui met en relation des entreprises et des professionnels de la conception évalués, choisis pour la qualité de leurs services, et

qui ont prouvé leur capacité à utiliser les IP d'Arm avec succès.

Etude de cas réel

Prenons un exemple de cas réel fourni par S3 Semiconductor. Ce fournisseur a mis au point une solution personnalisée pour une entreprise de l'industrie du pétrole et du gaz qui conçoit des commandes de soupapes capables de mesurer la pression et la température. La solution utilisée jusque-là reposait sur un circuit imprimé comportant un grand nombre de composants standardisés, certains numériques et d'autres analogiques.

Pour ses produits de nouvelle génération, ce client de S3 souhaitait donc remplacer cet ensemble de composants standardisés par une unique solution intégrée. Ses principaux objectifs étaient de réduire les coûts, d'améliorer la fiabilité et de simplifier la gestion de l'inventaire et de l'approvisionnement, certains de ses fournisseurs ayant prévu de cesser la fabrication des composants de sa solution actuelle. En outre, l'entreprise souhaitait ajouter des fonctions de connectivité pour pouvoir contrôler à distance les soupapes déployées sur le terrain. Comme la plupart des fabricants d'équipements, le client ne possédait pas en interne les connaissances nécessaires pour concevoir son silicium. Il a donc choisi de sous-traiter l'intégralité du projet à S3.

S3 a conçu pour eux une puce faible consommation en 180nm, bâtie sur un nœud de traitement rentable, avec des convertisseurs numérique-analo-

gique et analogique-numérique (DAC et ADC) intégrés et de nombreuses interfaces de communication (I²C, UART, SPI...), le tout selon un modèle à faible consommation d'énergie (160 µW/MHz). Le projet a donné des résultats impressionnants avec une amélioration importante en matière de coûts, de consommation et d'espace (réduction de 80% du coût des composants, réduction de 70% de la consommation d'énergie, réduction de 75% de la taille du circuit imprimé).

La nouvelle solution a aussi considérablement simplifié la gestion de l'inventaire et de l'approvisionnement. En effet, la baisse du nombre de fournisseurs et de composants à stocker et à gérer a permis de limiter sensiblement les risques associés à la production.

Options de fabrication

La conception d'un SoC personnalisé implique plusieurs phases, dont chacune exige un savoir-faire particulier et entraîne des coûts spécifiques : définition du SoC, choix des IP, conception et intégration, vérification et mise en service. Pour un fabricant d'équipement, les phases dont il aura à s'occuper personnellement seront sûrement peu nombreuses. Le partenaire de conception en réalisera la majeure partie, en fonction des besoins, des compétences et des capacités de l'équipementier. Il peut être utile, néanmoins, de comprendre les différentes options de fabrication qui s'offrent à une entreprise pour la conception de ses prototypes, puis de ses puces :

- Procédé MPW (Multi-Project Wafer) : cette méthode associe plusieurs projets de différents clients et permet de répartir les coûts entre tous. Elle peut être utilisée pour les premiers prototypes ou pour toute la production lorsque le volume est extrêmement réduit.

- Procédé MLM (Multi-Layer Mask) : ce procédé regroupe plusieurs masques en un seul et permet de réduire le coût total. Toutefois, le coût de revient (coût de la tranche) est ensuite plus élevé dans la mesure où l'obtention des produits de fonderie nécessaires à la production demande plus de temps.

- Ensemble de masques complet : le propre ensemble de masques de l'entreprise pour une production complète. Cette solution est idéale pour les

projets à des volumes de production moyens à grands.

Presque tous les projets commencent par un prototype obtenu par un procédé MPW. Pour les productions dans des volumes faibles à moyens avec des puces de petite taille, les procédés MPW et MLM constituent des solutions efficaces. La quasi-totalité des fonderies incluent les procédés MPW et MLM qui permettent d'obtenir des « nœuds » de technologie rentables, dans leurs services courants à des prix abordables.

La conception de SoC personnalisés est devenue rentable et abordable pour les petites entreprises ou les projets à des volumes de production modestes. Une analyse réalisée par IMEC ic-link montre qu'en 180 nm, la

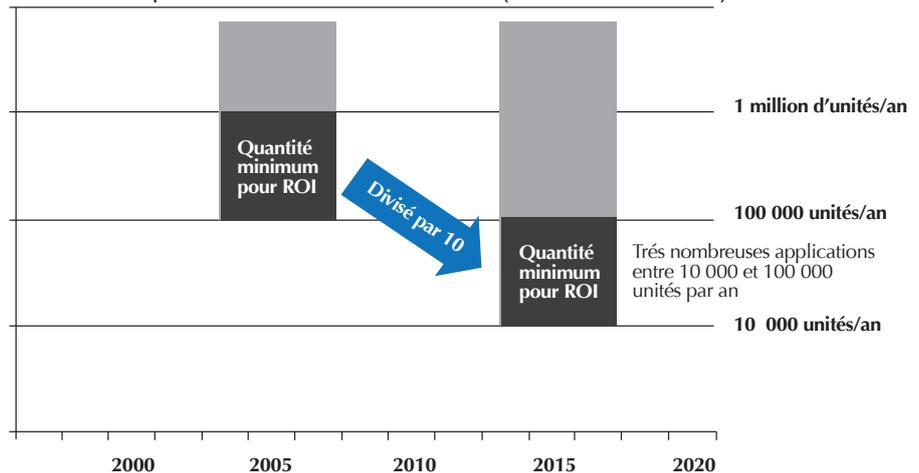
Et n'oubliez pas que, pour une entreprise qui utilise des microcontrôleurs ou des unités de traitement standard, les intégrer à un SoC personnalisé, réutiliser les logiciels existants et partager du nouveau code avec de futurs projets est non seulement possible, mais facile.

Conclusion

A un fabricant d'équipement, Arm conseille vivement, pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, de réfléchir aux éventuelles applications d'un SoC personnalisé dans son environnement. Une grande variété d'IP sont disponibles, des microprocesseurs éprouvés comme Cortex-M3 aux périphériques, en passant par les accélérateurs. Certaines entreprises, comme

5 NOMBRE MINIMAL D'UNITÉS NÉCESSAIRES LORS D'UN INVESTISSEMENT DANS UN SOC PERSONNALISÉ

En 180 nm, au coût actuel de la technologie, quelques milliers d'unités par an au minimum sont nécessaires pour un retour sur investissement (source : IMEC ic-link).



production peut s'avérer rentable dès quelques milliers d'unités, en plus des nombreux autres avantages (figure 5).

Au-delà du silicium : la réutilisation des composants logiciels

Un projet ne s'achève pas avec la conception et la fabrication d'une puce. En effet, sans les logiciels qui activent et permettent d'utiliser ses fonctions intégrées, un matériel n'a que peu de valeur. Les ingénieurs logiciels d'une entreprise n'ont donc aucun souci à se faire vis-à-vis du passage à des composants personnalisés : les exigences en matière de débogage et de réutilisation de logiciels restent les mêmes. Par ailleurs, s'ils utilisent d'anciens microcontrôleurs 8 ou 16 bits, leur vie est sur le point de devenir nettement plus simple !

Arm par l'intermédiaire de son programme DesignStart, donnent accès à des IP sans frais initiaux, via un modèle de redevances pondérées sur la réussite, et transforment l'utilisation des IP en un coût proportionnel à la taille du projet.

La perspective de travailler avec un partenaire de conception compétent et expérimenté afin d'intégrer une longue liste de composants distincts dans une seule puce à prix réduit, en simplifiant au passage la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise et en protégeant son produit, est attractive. Les obstacles à la conception des puces se sont effondrés et, en conséquence, le nombre de solutions disponibles pour des SoC personnalisés a explosé, démultipliant les perspectives futures des applications de l'IoT et de l'intégration. ■