Le secret de l'éco-conception

Par Rasmus Christian Larsen, Directeur Support et Formation, Energy Micro

Les applications « sensibles » d'un point de vue énergétique doivent se satisfaire de l'énergie fournie par une simple pile pendant plusieurs années. Les systèmes de sécurité des bâtiments et les compteurs d'eau, ou de gaz sont deux exemples – parmi bien d'autres – de ces produits qui doivent impérativement fonctionner sans alimentation externe et sans intervention humaine. De fait, pour des raisons de coût et de difficulté d'accès à ce type d'équipements, remplacer les piles n'est pas envisageable.

Ces applications sont en général alimentées par des piles-boutons 3V de type CR2032 au lithium/dioxyde de manganèse (Li/MnO_2). Aptes à fonctionner sous une tension de 2V et une charge de 5.6kΩ, elles offrent une capacité typique de 230mAh, soit, pour un courant de décharge de 0.5mA, une durée de vie d'environ 400 heures. Ces piles affichent néanmoins des taux d'autodécharge de seulement 0.25µA, ce qui équivaut à une durée de conservation de plus de 20 ans. Tel est donc l'objectif des concepteurs d'équipements « éco-énergétiques »: caler la consommation moyenne sur une valeur aussi proche que possible de 0.25µA afin que la durée de vie active du produit frôle les deux décennies !

Dans ce cadre, les designs sont typiquement architecturés autour d'un microcontrôleur (MCU) basse consommation, sachant que la durée de la vie de la pile est d'autant plus longue que le MCU passe le plus clair de son temps en mode sommeil. Mais ce critère n'est pas le seul à prendre en compte. Il est également nécessaire d'optimiser tous les aspects du fonctionnement du microcontrôleur afin de minimiser la consommation. La durée de vie de la pile ne pourra être maximisée qu'à la condition expresse de raisonner en termes d'unités de charge électrique (le produit du courant électrique par la durée). C'est une notion absolument essentielle.

Les applications sensibles d'un point de vue énergétique utilisent habituellement des MCU 8 bits (ou 16 bits) : ces cœurs sont compacts, intègrent un nombre de portes relativement limité et affichent de faibles niveaux de courant de fuite. Mais de nombreuses applications ne peuvent se satisfaire des capacités de calcul des cœurs 8 bits ou 16 bits. Quand il s'agit de raisonner en termes d'efficacité énergétique, on a jusqu'ici considéré que la consommation d'un cœur 32 bits en mode veille était de toute façon trop élevée. Mais les concepteurs de circuits intégrés disposent désormais de tout un éventail de techniques de conception basse consommation. Et il est maintenant parfaitement possible d'implanter un cœur ARM 32 bits pourvu d'une variété de modes "sommeil" à basse consommation et aussi efficace (sinon meilleur) que les alternatives 8 bits.

Figure 1: Kit de développement pour le microcontrôleur « éco-énergétique » EFM32 Gecko avec système de gestion évoluée de la consommation AEM (Advanced Energy Monitoring).

Evidemment, la puissance de calcul plus importante des processeurs 32 bits garantit un traitement plus rapide des tâches par le MCU qui peut dès lors séjourner plus longtemps dans des modes de fonctionnement à basse consommation. Avec, à la clé, un abaissement supplémentaire de la consommation moyenne de l'équipement. Basé sur l'architecture ARM Cortex-M3, le microcontrôleur EFM32 Gecko d'Energy Micro a été spécifiquement élaboré pour satisfaire les contraintes des applications éco-énergétiques : le circuit peut ne consommer que 25% de l'énergie qu'exigent les autres solutions 8 bits, 16 bits et 32 bits.
Parmi les nombreuses innovations qui différencient cette nouvelle race de microcontrôleurs de ses concurrents, on citera notamment l'existence de plusieurs modes d'alimentation, une gestion évoluée de la consommation énergétique, des périphériques à basse consommation ainsi qu'un système innovant d'interconnexion de périphériques (Peripheral Reflex System).

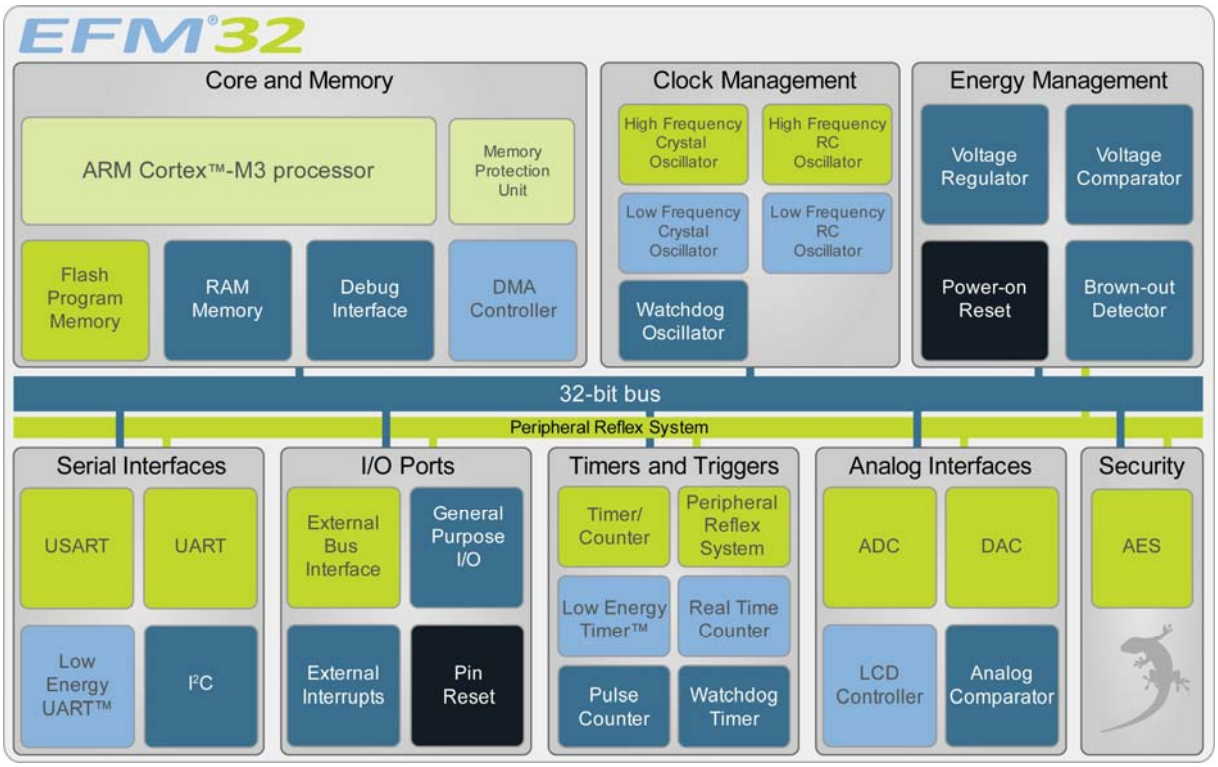

Figure 2: Architecture du microcontrôleur EFM32 Gecko à architecture ARM Cortex-M3 d'Energy Micro.

Afin d'optimiser la consommation du MCU en mode sommeil (pour la consommation de courant la plus faible possible), une approche holistique de la conception est indispensable. A l'instar du cœur, d'autres éléments du MCU consomment en effet de l'énergie lorsque l'équipement est inactif. Dans pratiquement tous les cas, un compromis devra être trouvé. Plus l'état de sommeil du microcontrôleur sera profond et plus le nombre de fonctions périphériques désactivées sera important, plus le temps nécessaire au réveil du circuit pour revenir à l'état actif, et effectuer les tâches à traiter, sera long.
Pour répondre aux besoins d'une variété d'applications, il est essentiel que le concepteur du MCU garantisse une certaine flexibilité en proposant un jeu étendu de modes veille. Le développeur de l'équipement doit pouvoir trouver le meilleur compromis entre consommation en veille et réactivité. Le microcontrôleur EFM32 fournit aux concepteurs cinq modes de fonctionnement distincts avec des niveaux de consommation graduels : EM0 'Run' (180µA/MHz), EM1 'Sleep' (45µA/MHz), EM2 'Deep sleep' (0.9µA), EM3 'Stop' (0.6µA) et EM4 'Shutoff' (20nA). En termes de réactivité, le temps de réveil à partir des modes EM1, EM2 et EM3 est de seulement 2µs.
Afin d'aider les concepteurs à utiliser au mieux ces modes de fonctionnement, le kit de développement associé à l'EFM32 est livré avec un système de Gestion évoluée de la consommation AEM (Advanced Energy Monitoring), outil qui mesure en continu le courant électrique sur le rail d'alimentation. Ces mesures sont mises à profit pour décrire avec précision la consommation au cours du temps, en vue de spécifier des cas d'usage pratiques en fonctionnement basse consommation.
Pour limiter la consommation, l'intégration reste aussi un facteur important à prendre en compte. Les MCU Gecko constitue le cœur de systèmes dotés d'un minimum de circuits

externes grâce à l'implantation dans la puce d'un jeu complet de périphériques, dont un contrôleur LCD à 4x40 segments ne consommant que 550nA, et un CAN 12 bits à huit canaux ne consommant que 350µA à pleine résolution et pour une fréquence d'échantillonnage de 1Méch./s.
Malgré la présence d'un cœur de processeur 32 bits particulièrement efficace, de nombreuses fonctions applicatives ne nécessitent pas la pleine mobilisation des capacités de calcul… Et même le moins gourmand des cœurs consomme encore moins lorsqu'il est inactif ! C'est la raison pour laquelle l'EFM32 intègre une structure d'interconnexion, baptisée Peripheral Reflex System, qui permet une communication entre périphériques sans intervention du cœur ARM. Grâce à des microcontrôleurs capables de réduire leur consommation à une fraction de ce qui était envisageable jusqu'ici, les applications éco-énergétiques seront enfin dignes de leur appellation.