

# Résoudre les problèmes de mémoire des systèmes embarqués à interface graphique

La course aux systèmes embarqués dotés d'interfaces graphiques attrayantes, donc complexes, ne fait que s'accélérer. Pour résoudre l'une des difficultés d'intégration d'une interface graphique, à savoir le stockage mémoire, diverses architectures sont envisageables, soit à base de processeur soit à base de microcontrôleur. Cet article présente les points forts et les points faibles de chacune d'entre elles.

L'un des éléments les plus problématiques sur les systèmes graphiques embarqués est la mémoire, essentiellement en raison des frame buffers (tampon de trame ou mémoire d'image). En effet, ce composant de mémoire doit être à la fois de grande capacité, très rapide et peu onéreux. Malheureusement, il faut souvent faire des compromis pour incorporer la mémoire dans les systèmes graphiques embarqués. Au mieux, ces compromis se traduisent par des augmentations notables des coûts de conception, et au pire par le recours à de la sous-traitance ou à la nécessité de former des ingénieurs aux subtilités de la gestion des graphiques pour des IHM dans des systèmes embarqués (photo). Une des décisions à prendre lors de l'incorporation des mémoires à haute densité dans un design est de choisir entre une architecture à base de processeur classique ou à base de microcontrôleur.

S'il existe de nombreux avantages à l'utilisation des microcontrôleurs par rapport à l'architecture MPU (modules processeurs), cette dernière approche est cependant indispensable pour atteindre un certain niveau d'interface graphique. Mais à l'inverse, de nombreuses applications peuvent bénéficier de graphismes efficaces et visuellement attractifs, sans pour autant devoir supporter le surcoût et la formation nécessaires vis-à-vis d'un processeur. Au-delà, un des avantages importants offerts par les microcontrôleurs standard est leur niveau d'intégration

## AUTEUR



Kurt Parker,  
responsable  
marketing  
produit,  
Microchip.

et de gestion de diverses configurations. Ce qui inclut le choix de la taille des mémoires volatiles (SRam) et non volatiles (flash), la vitesse d'horloge, le type de noyau, les interfaces de communication et les ports d'E/S, ainsi que les périphériques analogiques. Cependant, lorsqu'une interface graphique s'avère indispensable pour une application embarquée fondée sur un microcontrôleur, l'espace mémoire disponible, la complexité de la programmation et les coûts associés peuvent devenir problématiques. Et lorsque le besoin d'affichage apparaît, de nombreux concepteurs de systèmes embarqués se demandent alors s'il existe un microcontrôleur pouvant répondre à leurs besoins, ou s'ils doivent utiliser

un module processeur, potentiellement plus coûteux.

### ● Question n°1 : Comment sera piloté le module graphique ?

La première chose à prendre en compte concernant les systèmes graphiques est la manière dont les images vont être pilotées. En règle générale, il existe trois fonctions sur un système graphique embarqué : le rendu, le pilotage et le stockage. Le rendu se réfère à la façon dont l'image est créée et manipulée. Dans les systèmes d'entrée de gamme, il est possible d'utiliser le cœur de calcul du microcontrôleur pour réaliser cette fonction. Pour des systèmes plus sophistiqués, les microcontrôleurs sont dotés d'une unité

● Les utilisateurs finaux de systèmes embarqués veulent bénéficier, sur l'interface de leur appareil électronique, de la même expérience qu'avec leurs applications sur smartphone.



### 1 EXEMPLES D'APPLICATIONS D'INTERFACES GRAPHIQUES

L'application de gauche est une démonstration de distorsion d'image photoréaliste qui a une empreinte mémoire non volatile en cours d'exécution d'environ 12 Mo. La seconde à droite est l'interface graphique d'une machine à café, avec quelques petites icônes graphiques seulement, mais avec de multiples superpositions et mouvements. Son empreinte en cours d'exécution est d'environ 3 Mo.



*Image Stretch ~12 MB*



*Coffee Maker GUI ~3 MB*

Typical MCU = ~500 KB

Typical Graphics Application = 3 MB – 15+ MB  
(External DRAM = higher PCB costs)

intégrée de gestion de graphiques, en d'autres termes de leur propre processeur graphique (GPU). Ces derniers prennent en charge des fonctions de rendu, comme le tracé/remplissage de lignes et de rectangles ou les opérations de déplacement et de superposition de formes, connues sous le terme de « blit » (transfert de bits). De son côté, la fonction de pilotage renvoie à la façon dont l'image est envoyée vers l'écran. Le pilotage peut être réalisé par une technologie d'accès mémoire direct (DMA, Direct Memory Access) via un port parallèle externe sur le microcontrôleur, ou à l'aide d'un contrôleur graphique intégré à cet effet. Le contrôleur graphique ajoutera des fonctions comme la superposition de formes ou la rotation, permettant d'obtenir un système amélioré.

#### ● Question n°2: Où stocker le système d'interface graphique?

De nos jours, la mémoire SRam disponible pour la plupart des microcontrôleurs haut de gamme du marché de masse atteint au maximum 512 Ko. Cette capacité peut être suffisante pour piloter des interfaces graphiques statiques simples qui ne requièrent qu'un seul frame buffer, ou des interfaces graphiques qui n'utilisent que huit bits par pixel de

couleur et des écrans de taille réduite. Cependant, la tendance observée actuellement est que les utilisateurs finaux veulent bénéficier, sur l'interface de leur appareil électronique embarqué, de la même expérience qu'avec leurs applications sur smartphone. De plus, les entreprises veulent que les interfaces graphiques affichent leurs logos et marques avec précision, d'une manière qui permette l'identification et la fidélité à une marque commerciale. Le pilotage d'une interface graphique complexe peut donc impliquer l'utilisation de plusieurs frame buffers, de plusieurs couches superposées et de couleurs avec différents niveaux de profondeur. Cette dernière exigence se révèle particulièrement importante si les graphismes de l'application doivent être réalistes.

#### ● Question n°3: Faut-il utiliser une mémoire externe pour stocker une interface graphique?

Il faut d'abord se rappeler que les mémoires SRam intégrées des microcontrôleurs haut de gamme typiques plafonnent à environ 512 Ko. Dans les exemples décrits dans la figure 1 ci-dessus, les deux applications dépassent nettement la capacité des mémoires intégrées haute vitesse de quasiment tous les microcontrôleurs

du marché. Une mémoire externe supplémentaire doit donc être ajoutée. Ce type de mémoire doit être à haute densité, performante et extrêmement disponible. L'une des options en matière de mémoire externe sur les applications graphiques de microcontrôleurs consiste à utiliser une SRam asynchrone. Ces mémoires offrent un surplus de capacité, avec des densités de 8 Mo, et sont relativement faciles à intégrer au système, avec des lignes d'adresse non multiplexées et des brochages de sortie compatibles avec les ports parallèles externes de nombreux microcontrôleurs. Le compromis, lorsqu'on utilise une SRam externe, se joue sur la densité (8 Mo, c'est beaucoup, mais pas assez pour de nombreuses applications ayant beaucoup recours aux graphismes), le coût (le prix unitaire chez les distributeurs en ligne est souvent plus élevé que le prix du microcontrôleur lui-même), et l'encombrement sur la carte.

De nombreux microcontrôleurs du marché sont dotés d'une interface SDRam qui peut être utilisée pour le stockage des graphismes. Le meilleur choix de densité pour ce type de mémoire externe se situe ainsi entre 8 Mo et 16 Mo. Il est relativement facile de se procurer de telles SDRam et elles présentent un rapport coût/

efficacité bien plus intéressante que les SRam classiques. Comme indiqué ci-dessus, 8Mo doit être un minimum, car certaines applications (comme une démonstration de distorsion d'image) exigeront plus. En optant pour une SDRam, il faut également prendre en compte l'agencement de la carte. Avec des bus atteignant les 120MHz, des exigences de conception spécifiques doivent être appliquées. Par exemple, pour certaines applications il est recommandé que toutes les cartes électroniques avec des systèmes SDRam de bout en bout soient constituées de six couches. Ce qui veut dire que la mémoire externe peut compter pour quatre couches sur le système embarqué, ce qui ajoute un surcoût à l'ensemble des coûts matériels.

Les performances sont également à prendre en compte concernant les SDRam. Avec des bus 16 bits typiques de 100MHz, le débit de données théorique maximum est de 200 Mbit/s. Un écran WVGA 800x400 avec un taux de rafraîchissement de 60MHz et 16 bits par pixel de profondeur des couleurs requiert un débit de données de 46 Mbit/s. Cependant, avec la mani-

pulation des images, réalisée soit par le CPU soit par un processeur graphique optionnel, et avec la possibilité de couches superposées, qui devient la norme sur les microcontrôleurs avec graphismes embarqués, le système atteindra les limites (ou les dépassera) d'un système utilisant une SDRam. En d'autres termes, les performances de la SDRam peuvent constituer une limite sur certaines applications graphiques haut de gamme.

● **Question n°4: Existe-t-il un équivalent à la mémoire interne pour les applications d'interface graphique?**

La dernière technologie que nous allons examiner est celle de la DDR2 SDRam. Elle offre au développeur l'avantage de densités élevées, jusqu'à 128Mo avec des cadences d'horloge sur l'interface au minimum deux fois plus rapides que sur les SDRam. De plus, l'acronyme DDR signifie « Double Data Rate », ce qui se traduit par le transfert des données depuis ou vers la mémoire à une vitesse deux fois plus élevée et ce pour chaque cycle d'horloge. Cette technologie de mémoire est donc au minimum quatre fois plus rapide que

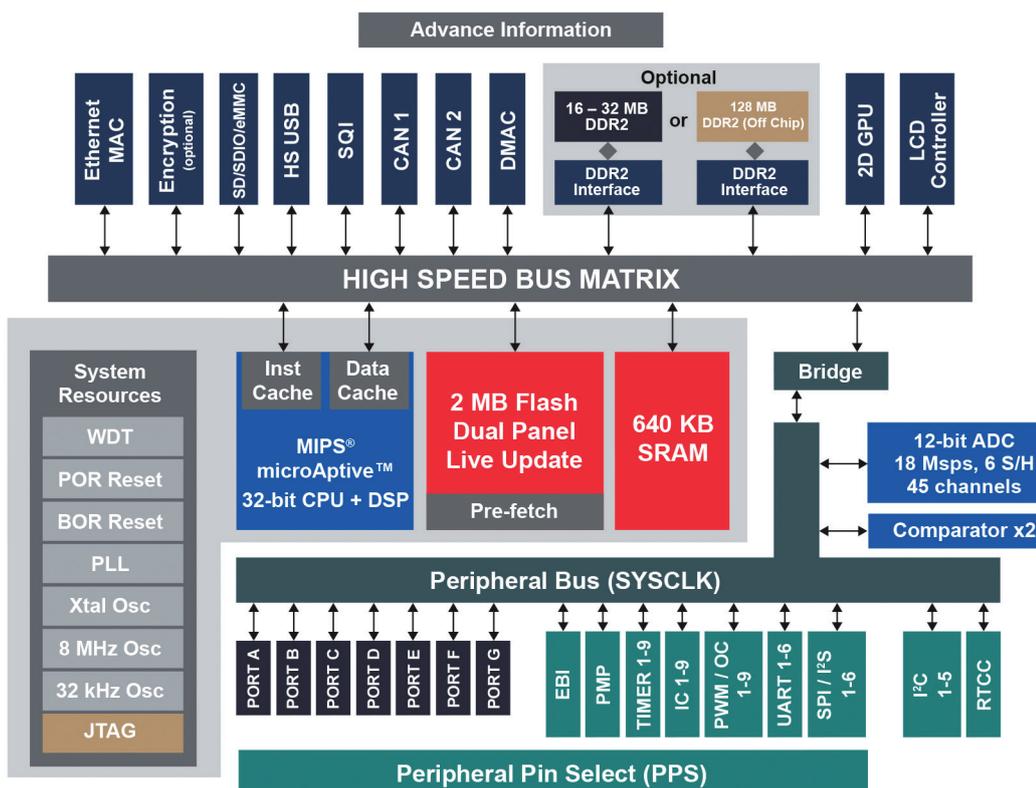
les SDRam utilisées sur le marché. L'exploitation des performances de la mémoire DDR2 est cependant l'un des principaux inconvénients de cette technologie. Avec un bus d'interface démarrant à 200MHz et des débits de données se produisant à chaque demi-cycle, des considérations plus poussées que celles requises pour la SDRam sont nécessaires pour garantir l'intégrité du signal tout en assurant l'isolation sur l'ensemble de la carte. Les systèmes DDR doivent également prendre en considération les tolérances strictes pour la tension de référence, la tension source et celle des bornes, un couplage adéquat, des considérations relatives à l'agencement de la carte, comme la largeur des pistes, l'écartement inter-paires et intra-paires, et le routage des pistes.

Les applications de graphismes embarqués devenant de plus en plus lourdes et complexes, la capacité mémoire et les débits de données des DDR2 doivent donc être de plus en plus importants. Les concepteurs de systèmes embarqués qui mettaient en œuvre des microcontrôleurs à 150MHz il y a seulement quelques années sont désormais contraints d'utiliser des microcontrôleurs deux fois plus rapides, avec des interfaces de mémoire dotées de vitesses identiques à celles des horloges internes des microcontrôleurs.

Dans ce cadre, le microcontrôleur PIC32MZ DA de Microchip est capable de se connecter à une mémoire DDR2 et incorpore une mémoire graphique directement sur la puce. Utilisant une technique de conception de mémoire empilée, le PIC32MZ DA comprend 32 Mo de DDR2 DRam interne au composant, de sorte qu'aucune mémoire externe n'est requise (figure 2 ci-contre). Ce composant intègre également un contrôleur graphique à trois couches et un processeur graphique hautes performances, également sur la puce, offrant un niveau élevé d'intégration pour les applications graphiques pilotées par microcontrôleur.

**2 SCHÉMA ÉLECTRONIQUE DU MICROCONTRÔLEUR PIC32MZ DA**

Ce microcontrôleur est capable de se connecter à une mémoire DDR2 et incorpore une mémoire graphique directement sur la puce.



# Des solutions pour les besoins analogiques simples ou complexes

Des composants performants pour gérer toutes les contraintes de conception

[www.microchip.com/AnalogProducts](http://www.microchip.com/AnalogProducts)

**microchip**  
**DIRECT**  
[www.microchipdirect.com](http://www.microchipdirect.com)

  
**MICROCHIP**

Le nom et le logo de Microchip ainsi que les logos de Microchip sont des marques déposées de Microchip Technology Incorporated aux États-Unis et dans d'autres pays. Toutes les autres marques commerciales ci-dessus mentionnées sont la propriété exclusive de leurs propriétaires respectifs.  
© 2018 Microchip Technology Inc. Tous droits réservés. DS20006062A. MEC2219Fra08/18