

Avancer sur le fil du rasoir : équilibrer la consommation et la performance des systèmes embarqués



Auteur : Microchip

La miniaturisation est une caractéristique essentielle dans la plupart des systèmes embarqués actuels. Nous voulons toujours plus de puissance de calcul dans nos poches. La plupart des systèmes embarqués à base de FPGA suivent la même tendance. Nous voulons des caméras industrielles et professionnelles plus petites, des appareils médicaux portatifs, des automates programmables (PLC) plus petits, et des modules d'aide à la conduite plus performants dans nos voitures. La miniaturisation pose aussi d'autres défis, dont le plus important se résume en quelques mots : « performance et faible consommation ». En général, si les performances d'un système augmentent, sa consommation d'énergie augmente aussi, ce qui a pour effet d'accroître la chaleur dissipée. Et dans les petits modules, la dissipation thermique est un casse-tête auquel les concepteurs sont confrontés tous les jours. Le refroidissement d'un module pour qu'il puisse fonctionner dans un environnement soumis à des contraintes thermiques, devient souvent le goulet d'étranglement des performances.

Cet article montre comment les FPGA ouvrent la voie à une révolution technologique en associant performance et faible consommation, dans de nombreuses applications à haut volume, dans tous les domaines.

Des caméras miniatures exécutant des algorithmes d'intelligence artificielle guident les agriculteurs grâce aux images de drones, fournissent des analyses vidéo dans les grands magasins, comptent les passagers dans les transports, et lisent les plaques d'immatriculation aux stations de péage.

Dans le domaine médical, les échographes portables démocratisent la prestation de soins sur le terrain. Les endoscopes et les lunettes intelligentes d'assistance chirurgicale fournissent aux médecins des images offrant une résolution inédite. Les systèmes de surveillance par imagerie thermique conçus pour protéger les frontières des intrusions gagnent en intelligence. Généralement déployés dans des endroits

éloignés, ces systèmes doivent fonctionner de manière autonome, tout en restant discrets voire invisibles.

Les créateurs de contenu amateur font fureur aujourd'hui, et ont besoin de convertisseurs de flux vidéo à base de FPGA, capables de convertir des flux vidéo 4K en différents formats (HDMI, SDI, USB ou PCIe).

L'automatisation industrielle bénéficie également de la souplesse des architectures à base de FPGA, et des plus de 20 ans de longévité des FPGA Microchip. Les systèmes ADAS (assistance à la conduite) automobiles assurent la sécurité du conducteur et des passagers dans les voitures d'aujourd'hui.

L'architecture FPGA a fait bien du chemin. Alors qu'ils imposaient de choisir entre performance et consommation, et n'étaient utilisés que comme plateforme de prototypage pour des ASIC coûteux, les FPGA sont désormais considérés comme des produits grand public, offrant des architectures très fiables et optimisées en termes de coûts, associées à des logiciels flexibles et faciles à utiliser.

Examinons divers cas d'utilisation où les FPGA PolarFire®, ou les SoC PolarFire avec leur processeur RISC-V renforcé, jouent un rôle essentiel.

1) Drones professionnels

Les drones professionnels sont soumis à des exigences strictes en matière de sécurité de vol :

- Contrôle et positionnement précis, y compris évitement des collisions
- Fréquences de communication et de contrôle sécurisées
- Temps de vol prévisible



Pour réussir sur le marché très concurrentiel des drones, les fabricants doivent se différencier en proposant des fonctionnalités supplémentaires, comme l'imagerie haute résolution et des fonctionnalités d'intelligence artificielle. Les drones nécessitent souvent plusieurs capteurs. Le pré-traitement ou la fusion des données des capteurs et le transfert de ces données via une connexion sans fil, en font des systèmes complexes.

Leur champ d'application est très large et comprend la surveillance de l'état et de la croissance des cultures dans l'agriculture, la détection et le suivi d'objets dans le domaine policier et militaire, ou la prise de décision à distance en situation d'urgence pour les pompiers ou la police.

L'électronique de commande de vol doit être capable de gérer la commande des moteurs et la vitesse des rotors, d'interagir avec des capteurs et de se connecter à des équipements distants, le tout dans un environnement où la taille, le poids et la puissance sont limités.

Le schéma fonctionnel d'un tel système ressemble à ce qui suit :

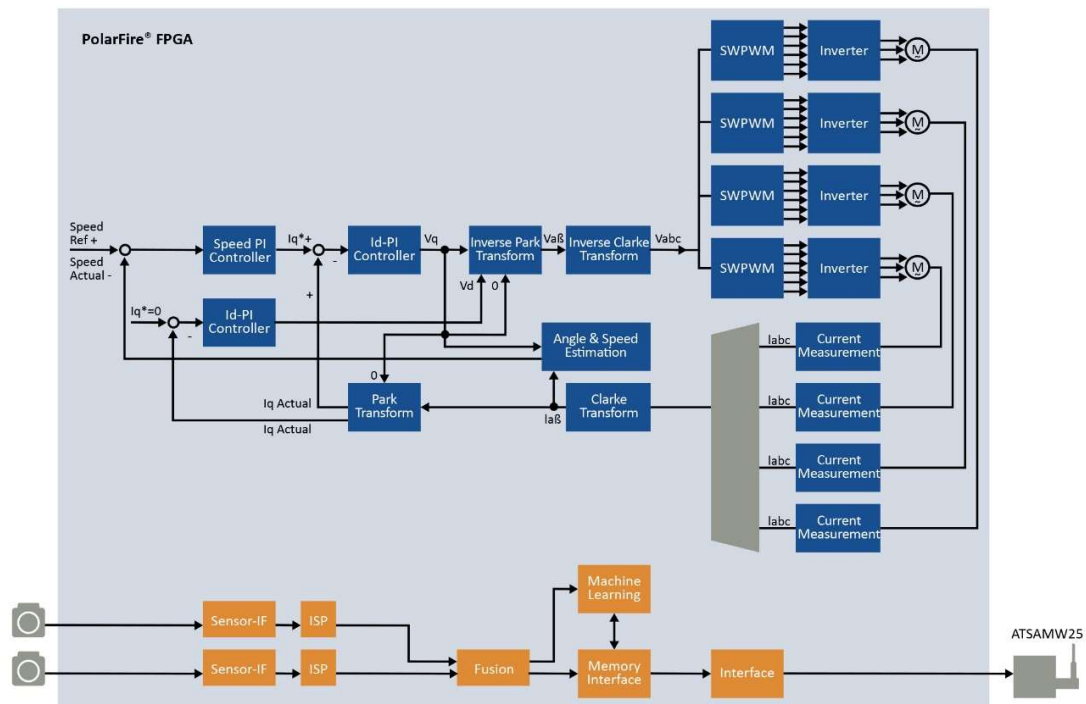


Figure 1

Grâce à la souplesse de l'architecture FPGA, les moteurs sont pilotés par des algorithmes à commande vectorielle (FOC) dont la commande peut être multiplexée dans le domaine temporel grâce aux performances du FPGA. Plusieurs moteurs sont contrôlés par une IP de commande moteur commune, le nombre exact de moteurs dépendant de l'architecture FPGA choisie.

La grande précision de la commande vectorielle permet d'appliquer un couple constant aux moteurs, ce qui se traduit par un fonctionnement plus souple, avec moins de vibrations, moins de bruit et, surtout, une augmentation du temps de vol d'au moins 10% par rapport aux commandes moteur standard utilisant de simples microcontrôleurs.

Les interfaces supplémentaires, telles que les capteurs de lumière visible, de mouvement ou d'infrarouge, utilisés pour prendre en charge des fonctions améliorées comme la vision artificielle, doivent faire l'objet d'une attention particulière et nécessitent toujours une expertise spécialisée. Le SDK VectorBlox™ et l'IP de processeur matriciel Microchip aident les développeurs FPGA novices à déployer des algorithmes complexes de réseaux neuronaux dans le tissu FPGA. Cela permet d'effectuer des classifications ou des détections moyennant une consommation d'énergie très faible. Les réseaux neuronaux fonctionnant sur cet accélérateur-IP sont conçus à l'aide d'environnements standard comme TensorFlow ou Caffe.

Tous les résultats sont mis en mémoire tampon dans la mémoire locale embarquée, puis transférés vers un module sans fil embarqué. Celui-ci communique avec l'opérateur qui reçoit les données collectées pour les stocker et les utiliser. Les excellentes fonctions de sécurité des

dispositifs PolarFire protègent à la fois les données transférées et le drone lui-même contre tout accès non autorisé.

Dans le cas d'une architecture de drone complexe nécessitant plusieurs domaines d'application (commande moteur, commande de vol, et imagerie), l'utilisation d'un FPGA offre l'avantage de pouvoir faire fonctionner les différentes « tâches » en parallèle.

Les systèmes de drones professionnels doivent généralement fonctionner avec un budget énergétique serré de 5 W ou moins. En utilisant un FPGA PolarFire pour gérer plusieurs applications, on peut espérer une consommation inférieure à 1,5 W pour le FPGA, y compris le fonctionnement du réseau neuronal.

2) Ultrasons portables

Compte tenu de la recherche de miniaturisation et de ressources d'Edge computing basse consommation, et des considérations thermiques accrues, l'innovation en imagerie médicale basse puissance avance à pas de géant. Les appareils de diagnostic de terrain, tels que les équipements d'échographie portables, sont parmi les plus en avance. Ils consistent en un transducteur manuel, qui lit et envoie les données d'échographie à un téléphone portable classique. Les transmissions peuvent se faire par câble ou sans fil. Ces systèmes révolutionnent et démocratisent les capacités de diagnostic des personnels médicaux d'urgence sur les lieux d'incidents, ou dans les régions reculées, et aident les professionnels à poser des diagnostics en dehors des environnements hospitaliers traditionnels.

Le schéma fonctionnel suivant montre un exemple de mise en œuvre :

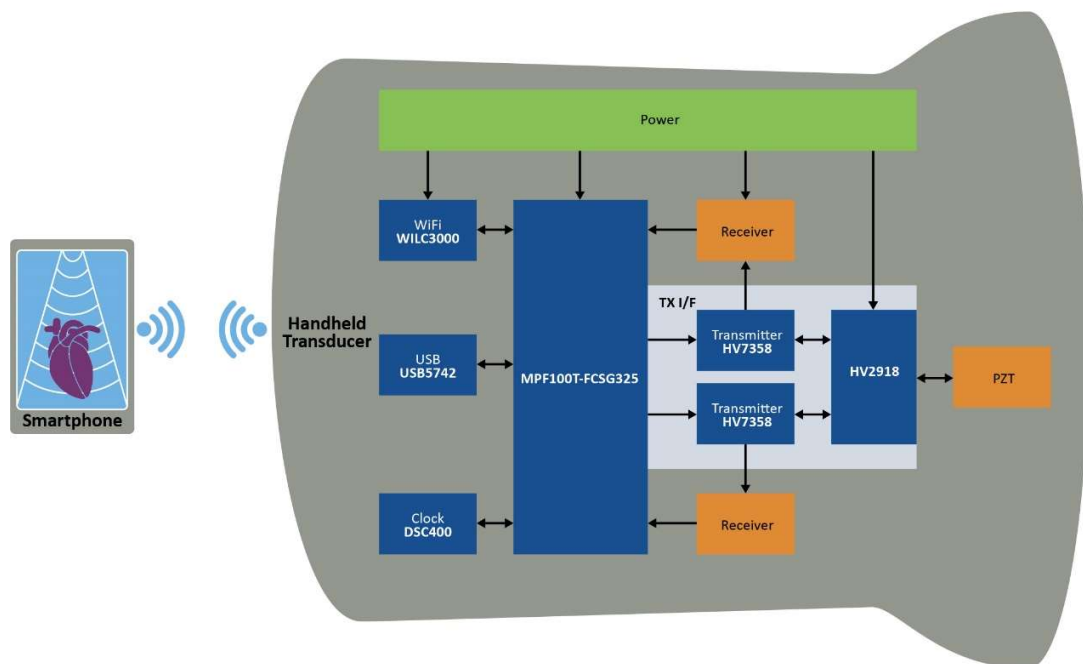


Figure 2

L'utilisation d'un FPGA PolarFire dans un dispositif médical portable permet d'obtenir la plus faible consommation pour l'ensemble du système, ce qui facilite la gestion thermique et évite à la tête du transducteur de chauffer, et permet ainsi un contact direct avec la peau du patient. Les rendements obtenus prolongent l'autonomie opérationnelle dans un boîtier compact de seulement 11 x 11 mm² compatible avec des boîtiers de sonde de petite taille.

3) Convertisseurs vidéo

Les convertisseurs vidéo sont un autre domaine où la flexibilité, associée à une faible consommation d'énergie et à un faible encombrement, sont essentielles. Les caméras professionnelles hautes performances fournissent généralement une seule interface de données, ce qui limite le choix des équipements de post-traitement capables de prendre en charge ladite interface. Le fait qu'un convertisseur vidéo assure la liaison avec plusieurs normes d'interface autorise une certaine souplesse dans le choix de l'équipement de post-traitement. Les performances ne sont pas compromises car les multi-protocoles sont pris en charge par de nombreux émetteurs-récepteurs multi-gigabits, et des débits optimisés allant jusqu'à 12,7 Gbits/s, prenant en charge les protocoles HDMI, CoaXPress, SDI et Ethernet, sont possibles. Ces convertisseurs sont très compacts, dans la mesure où les dissipateurs thermiques et les ventilateurs ne sont plus nécessaires. On estime que les convertisseurs vidéo basés sur la technologie PolarFire consomment moins de 2 W.

Voici un exemple de conception de convertisseur vidéo :

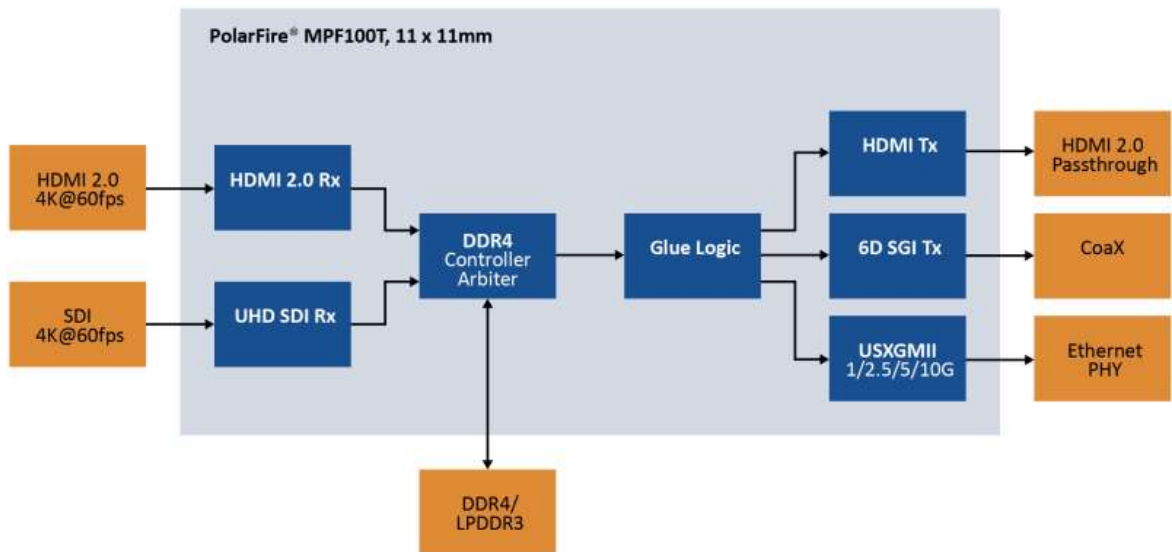


Figure 3

4) Automatisation industrielle

Deux cas d'utilisation seront utilisés à titre d'exemple : les caméras industrielles et les automates programmables.

Les caméras industrielles exigent généralement une fréquence d'images élevée, une haute résolution et une taille réduite, ce qui complique la conception thermique. Grâce à une conception optimisée du boîtier et à des caractéristiques thermiques favorables, le défi peut facilement être relevé. La faible consommation d'énergie statique permet au dispositif de rester froid, ce qui facilite la gestion thermique. La résolution n'est pas compromise pour autant, une imagerie jusqu'à 4K à 60 images/s peut facilement être traitée avec des interfaces de réception MIPI CSI-2 supportant en natif jusqu'à 1,5 Gbits/s par ligne.



Même s'ils prennent davantage de place en tant que système complet, les automates sont aussi limités en encombrement et en consommation que les caméras.

Ces systèmes en racks sont modulaires, ce qui permet aux utilisateurs finaux de personnaliser leur système, tout en offrant des largeurs de châssis standard. Une puissance de traitement conséquente reste indispensable pour prendre en charge

l'Ethernet industriel, les interfaces homme-machine, les commandes moteurs, et les systèmes d'exploitation temps-réel (RTOS).

L'illustration suivante montre le schéma fonctionnel d'un tel système, appliqué à un SoC PolarFire, le premier FPGA-SoC basé sur un processeur RISC-V à 4 cœurs. Le SoC PolarFire supporte nativement le multiprocessing asymétrique (AMP), ainsi qu'une allocation fixe et granulaire fine des voies allant des caches aux processeurs individuels. Cette prise en charge AMP native permet le multitâche. Par exemple, un cœur de processeur peut être alloué à une pile de protocole Ethernet industriel, tandis qu'un second cœur peut faire tourner un système d'exploitation Linux. Le cache correspondant est fixe, et Linux est séparé des autres ressources matérielles. En outre, les deux autres cœurs disponibles peuvent servir à traiter les algorithmes nécessaires à la commande d'un moteur ou d'un onduleur.

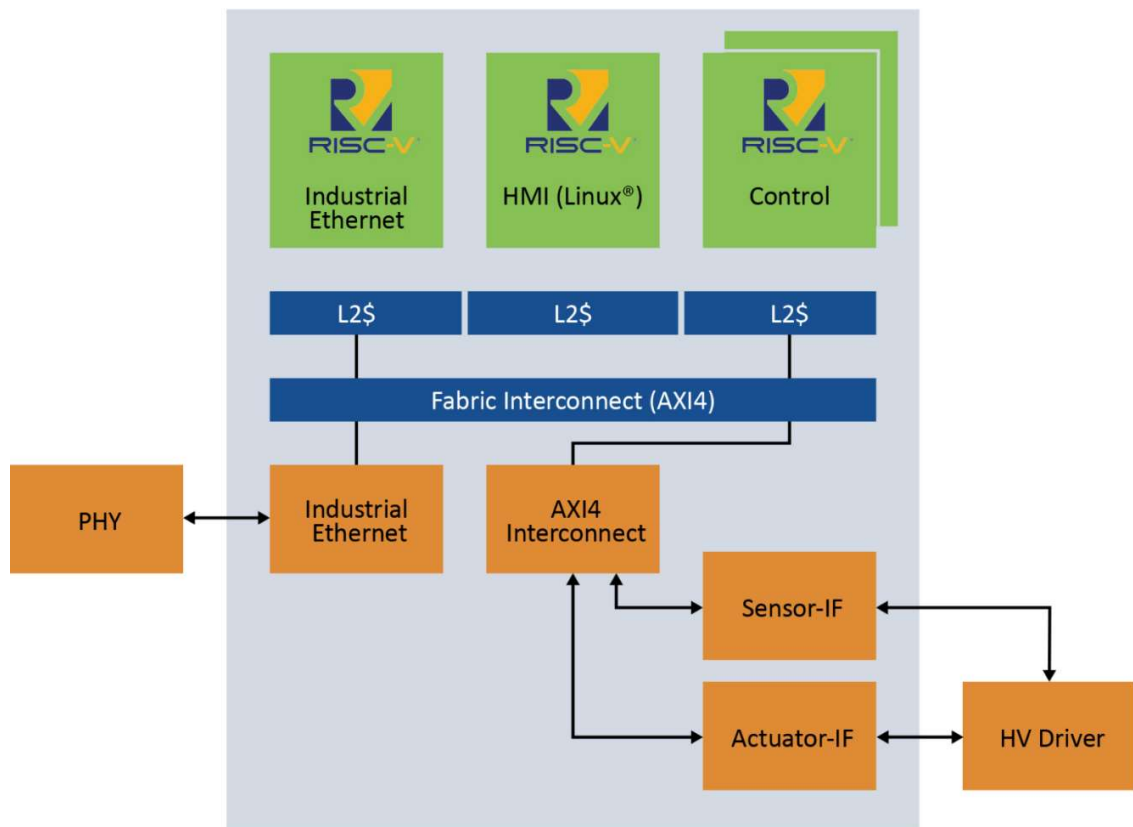


Figure 4

Là encore, la faible consommation d'énergie joue un rôle majeur dans le maintien à basse température des composants électroniques à l'intérieur des modules lames, même dans des environnements thermiques difficiles, avec une température ambiante de 60°C ou plus.

Pour mieux comprendre pourquoi une faible consommation d'énergie est importante dans les systèmes alimentés par câble, veuillez consulter l'article suivant, que vous trouverez dans les blogs de Microchip :

<https://www.microchip.com/en-us/about/blog/learning-center/low-power-system-saving-even-in-plug-in-devices>

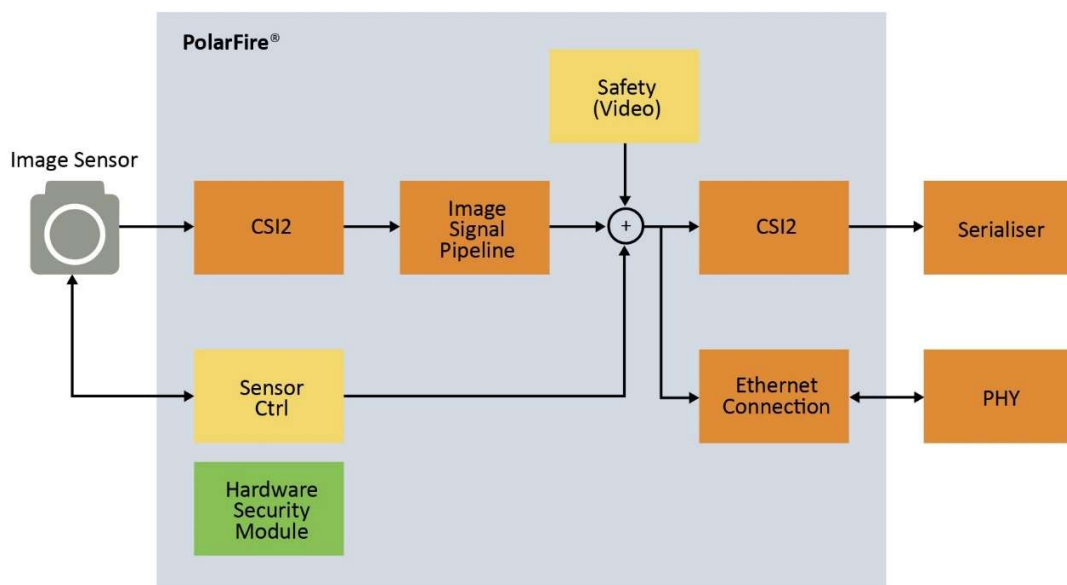
L'automatisation industrielle couvre un large éventail d'applications et d'exigences. Les produits industriels ont en commun la nécessité d'offrir un support et une disponibilité commerciale pendant 20 ans au moins. Microchip est très attaché à cette exigence de longévité et offre son soutien par le biais d'un solide programme de « garantie d'approvisionnement ».

5) Automobile

De nombreuses applications du marché automobile actuel ont besoin de la souplesse qu'offrent les FPGA, qu'il s'agisse de capteurs comme le LIDAR, des radars d'imagerie ou de caméras, ou encore de fonctionnalités moins visibles, comme la commande précise et synchronisée de moteurs électriques via des drivers haute tension. Une application émergente très en vogue est l'utilisation de caméras pour l'alerte de collision. Ces caméras permettent de détecter les situations dangereuses et d'informer le conducteur, voire de prendre le contrôle du véhicule, par exemple en activant automatiquement les freins.

Ces systèmes ont de fortes exigences en matière de sûreté fonctionnelle, de sécurité et de traitement à faible latence, ainsi que la capacité de fonctionner de manière fiable avec des températures élevées du fait de la chaleur du moteur ou de la lumière du soleil.

L'illustration suivante montre une configuration système utilisant le PolarFire MPF050T, les éléments de sécurité sont dessinés en jaune, la sécurité en vert :



La mémoire non volatile sécurisée (sNVM) intégrée permet de stocker des clés de flotte pour authentifier le module de la caméra au sein du réseau du véhicule. Les trames d'images reçues sont traitées en mode streaming (lecture en continu en temps réel) en utilisant la nature parallèle du FPGA, et sont en outre dotées d'informations de sécurité supplémentaires comme le nombre de trames et le CRC, pour protéger la communication de bout en bout. Le traitement en streaming des données d'image évite le risque d'utiliser des images « gelées » en mémoire, et permet un traitement avec un temps d'exécution fixe, ce qui permet au système de disposer d'un peu plus de temps pour réagir. En fonction des exigences exactes de l'équipementier, le

FPGA offre également la souplesse nécessaire pour prendre en charge l'interfaçage avec différents sérialiseurs propriétaires connus.

Les facteurs commerciaux permettant de commercialiser un produit réussi sont communs à toutes les applications, mais ne sont pas abordés ici. Pour savoir comment réduire les risques, tout en atteignant le client avant la concurrence, et optimiser le coût du système tout en réalisant des bénéfices, il faut considérer avec soin l'architecture de votre système et le choix de votre partenaire fournisseur. Le catalogue très complet de Microchip permet un partenariat portant sur l'ensemble du système. Profitez de composants clés et de modèles de référence pour réduire les risques de développement et le nombre de composants nécessaires. Les concepteurs pourront aussi gagner du temps et de l'argent dans la mesure où les solutions sont validées pour plusieurs fonctionnalités et offrent des garanties dans de nombreux cas.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur le site <https://www.microchip.com/en-us/products/fpgas-and-plds/fpgas/polarfire-fpgas>