

Augmenter l'intelligence en périphérie IoT grâce à des microcontrôleurs analogiques intelligents à auto-étalonnage

Auteur : Bill Giovino de Digi-Key

À mesure que les applications Internet des objets (IoT) gagnent en sophistication, les concepteurs de points d'extrémité Internet industriel des objets (IIoT) doivent prendre en charge des calculs plus complexes en périphérie. L'edge computing sur les données des capteurs de points d'extrémité est un moyen pratique de réduire les goulots d'étranglement réseau vers le concentrateur IIoT. Cela permet de réduire le trafic réseau tout en diminuant la charge de calcul au niveau du processeur du concentrateur principal. Toutefois, cette approche présente des inconvénients.

Une application périphérique IIoT courante est par exemple le traitement des données périodiques des capteurs CAN (convertisseur analogique-numérique). Pour les données analogiques haute précision, le traitement mathématique, l'interprétation et l'interpolation de centaines de points de données CAN peuvent charger considérablement le processeur hôte périphérique, ce qui peut avoir un impact sur les performances de l'ensemble du réseau. De plus, les CAN haute précision peuvent nécessiter un auto-étalonnage dans le micrologiciel du microcontrôleur hôte du point d'extrémité IoT, ce qui peut retarder tout traitement périphérique tant que l'étalonnage n'est pas terminé.

Cet article montre aux développeurs comment utiliser les microcontrôleurs analogiques de précision d'Analog Devices en tant que périphériques CAN intelligents. Il explique comment les fonctionnalités de ces microcontrôleurs analogiques les rendent adaptés à une utilisation en tant que systèmes d'acquisition de données monopuces pouvant interfacer facilement avec le microcontrôleur de point d'extrémité IIoT, et pouvant effectuer des fonctions de traitement en périphérie telles que le traitement de point de données CAN et l'auto-étalonnage, sans impact sur les performances du microcontrôleur de point d'extrémité principal.

Pourquoi traiter les données des capteurs analogiques en périphérie ?

La complexité des systèmes IIoT s'accroît, tout comme celle des données qu'ils doivent traiter. Pour les applications de contrôle industriel, les vannes et certains moteurs passent de systèmes en boucle ouverte à des systèmes en boucle fermée où des capteurs analogiques de précision doivent détecter les positions infimes des vannes ou des moteurs. Pour les applications de contrôle des processus, le traitement accru a permis d'accélérer les lignes de production et de contrôler plus finement la température, la pression et les actionneurs dans le système.

Dans le contrôle de processus, la vitesse de la ligne (le processus) dépend principalement de deux facteurs : la capacité mécanique des machines et des systèmes dans l'usine, et l'efficacité des réseaux IIoT qui contrôlent les capteurs et les actionneurs des machines et des systèmes. Dans certains cas, de petites améliorations du processus peuvent entraîner une augmentation de la production, mais ces améliorations peuvent être entravées par des goulots d'étranglement dans le réseau IIoT. Ces goulots d'étranglement peuvent être réduits en effectuant davantage de traitements en périphérie.

Le traitement en périphérie au niveau du point d'extrémité IIoT est particulièrement bénéfique pour le traitement des signaux analogiques. Le traitement des données analogiques peut être simple pendant les premières étapes du développement IIoT, mais l'évolutivité est un problème : des améliorations ultérieures peuvent entraîner une complexité accrue des calculs. L'envoi de toutes les données analogiques brutes sur le réseau augmente le trafic réseau, et le traitement de toutes ces données au niveau du processeur du concentrateur réseau implique un temps de calcul précieux. C'est pourquoi le traitement des données analogiques en périphérie constitue un moyen pratique de rendre le réseau plus efficace.

Utiliser des CAN intelligents pour traiter les données analogiques en périphérie

Le traitement en périphérie de centaines d'échantillons de données CAN peut facilement submerger le microcontrôleur principal du point d'extrémité IIoT. Pour les capteurs analogiques complexes, il est judicieux de disposer d'un CAN externe également doté de ses propres capacités de traitement. Cela permet non seulement de considérablement réduire la charge du microcontrôleur du point d'extrémité IIoT, mais également de faciliter l'auto-étalonnage du CAN.

Pour la capture et le traitement hautes performances des données CAN, Analog Devices propose une ligne de microcontrôleurs analogiques de précision. Le microcontrôleur analogique de précision ADuCM360BCPZ128-R7 utilise un cœur Arm® Cortex®-M3 pour contrôler deux CAN sigma-delta 24 bits (Figure 1). Les CAN sont capables de capturer 4 kilo-échantillons par seconde (Kéch./s) de données de capteurs analogiques. L'ADuCM360 est également équipé d'un convertisseur numérique-analogique (CNA) 12 bits permettant de générer des tensions précises pour l'auto-étalonnage. Le microcontrôleur peut fonctionner de 1,8 volts (V) à 3,6 V et contient un oscillateur interne de 32 kilohertz (kHz) et un oscillateur interne de 16 mégahertz (MHz), ce qui réduit le nombre de composants dans les systèmes à espace restreint.

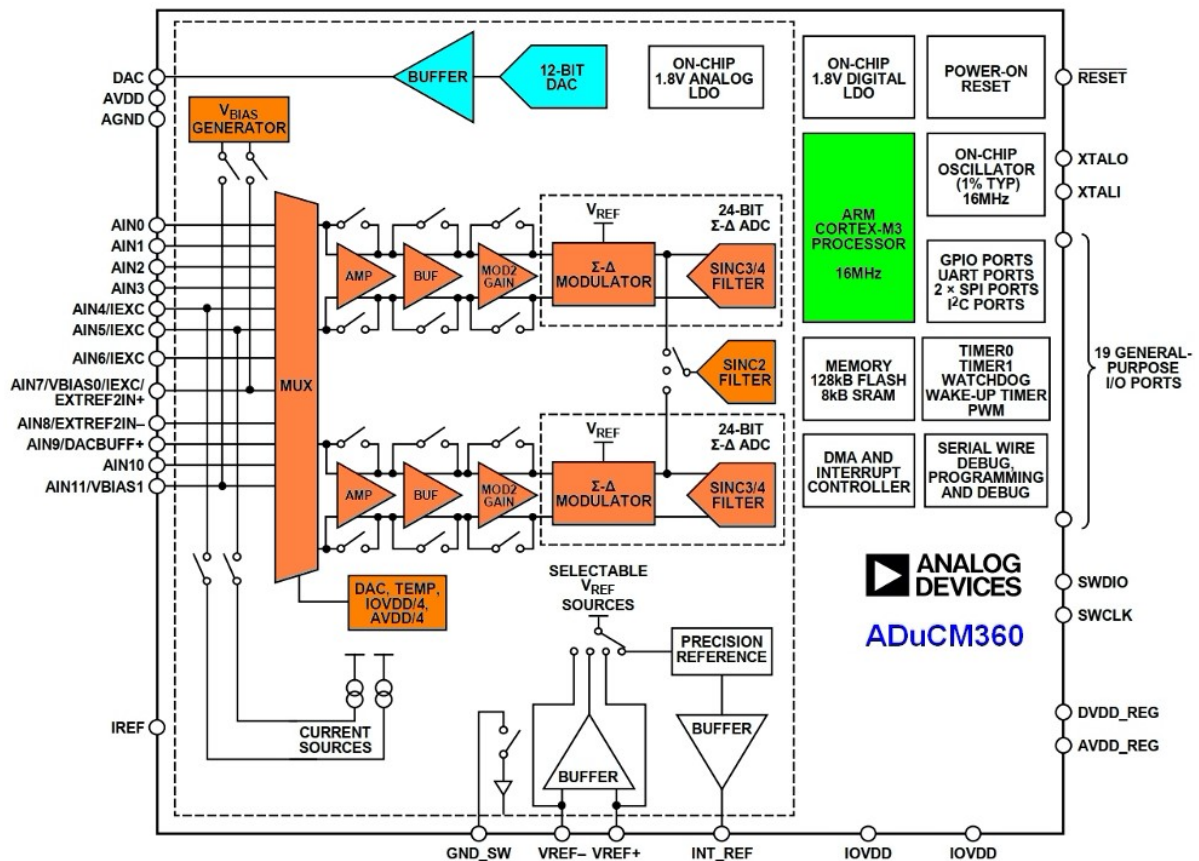


Figure 1 : L'ADuCM360 d'Analog Devices est un système d'acquisition des données basse consommation complet sur puce avec un cœur Arm Cortex-M3, deux CAN sigma-delta 24 bits, 4 Kéch./s et un CNA 12 bits. (Source de l'image : Analog Devices)

L'ADuCM360 est doté de 128 kilo-octets (Ko) de mémoire Flash et de 8 Ko de SRAM. Un avantage significatif de l'ADuCM360 est que les emplacements de la mémoire Flash peuvent être écrits directement, comme pour la SRAM. Cela permet au développeur de micrologiciels de partitionner facilement des blocs de mémoire Flash en tant que mémoire programme et également en tant qu'EEPROM. Dans un système d'acquisition de données, cela permet d'utiliser les blocs partitionnés EEPROM pour stocker les données d'étalonnage du CAN.

La mémoire Flash prend en charge les effacements et les écritures 32 bits directs (les opérations d'effacement et d'écriture 16 bits et 8 bits ne sont pas prises en charge). La possibilité d'écrire 32 bits à la fois permet d'économiser une quantité importante d'énergie dans les applications alimentées par batterie, car les opérations d'écriture et d'effacement Flash consomment beaucoup de courant. Il s'agit d'un avantage considérable en termes de basse consommation par rapport aux microcontrôleurs Flash qui ne peuvent écrire et effacer qu'un bloc ou une page à la fois.

La mémoire Flash prend également en charge les commandes d'effacement Flash traditionnelles telles que l'effacement de page et l'effacement de masse de l'ensemble de la mémoire Flash. Grâce à ces capacités, les développeurs peuvent facilement écrire des sous-routines qui peuvent mettre à jour le micrologiciel en fonction des commandes envoyées sur le port série depuis le microcontrôleur hôte dans le point d'extrémité IIoT. Cela est important : si l'ADuCM360 n'était pas capable de mettre à jour

facilement son micrologiciel via un port série, cela limiterait sérieusement sa flexibilité dans un système d'acquisition de données, car la capacité de mettre à jour le micrologiciel contrôlant le CAN est tout aussi importante que le CAN lui-même.

Un système d'acquisition des données efficace sur une seule puce

Les deux CAN 24 bits sont connectés à un multiplexeur d'entrée qui prend en charge un total de 11 entrées à un canal ou 6 entrées différentielles. Il y a quatre canaux internes pouvant surveiller le capteur de température interne ainsi que la sortie du CNA 12 bits, et une référence de bande interdite à faible dérive interne. Ils peuvent être utilisés pour effectuer un auto-étalonnage des CAN. Le CNA peut être programmé pour produire une série de tensions qui peuvent être lues par chacun des CAN. Les CAN peuvent également échantillonner la tension de référence de bande interdite interne. Le micrologiciel peut traiter ces lectures afin que les CAN puissent être étalonnés en fonction de la température, et les constantes d'étalonnage stockées dans l'EEPROM.

Lorsqu'ils sont utilisés comme systèmes d'acquisition de données monopuces, les CAN peuvent être programmés pour échantillonner en continu des données analogiques à des vitesses jusqu'à 4 Ké/s. Un contrôleur d'accès direct à la mémoire (DMA) à 11 canaux peut transférer ces données vers la mémoire SRAM. Le micrologiciel peut alors appliquer les constantes d'étalonnage stockées en mémoire EEPROM pour modifier les données et corriger la température si nécessaire. Le micrologiciel traite ensuite les données selon les besoins de l'application, tandis que le DMA transfère les données CAN supplémentaires à la SRAM.

Une fois que le traitement des données CAN stockées est terminé, le résultat peut être envoyé à l'interface série pour être transféré au microcontrôleur du point d'extrémité IIoT, ou si plusieurs échantillons de données doivent être transférés, le DMA peut transférer en masse les données à l'interface série. De cette manière, un système d'acquisition de données efficace peut échantillonner et le DMA transférer un ensemble de données CAN à la SRAM, traiter un deuxième ensemble de données CAN, et le DMA transférer un troisième ensemble de données CAN à l'interface série, et ce simultanément.

Les signaux d'entrée analogiques peuvent être amplifiés avec un amplificateur à gain programmable (PGA) qui peut être défini sur des puissances de 2, prenant en charge des valeurs de gain de 2, 4, 8, 16, 32, 64 et 128. Cela permet l'amplification de très petites tensions pour un échantillonnage plus précis du CAN.

Bien que les fonctionnalités supplémentaires incluent une modulation de largeur d'impulsion (PWM) à 6 canaux 16 bits, 19 E/S à usage général (GPIO), deux temporisateurs 16 bits à usage général, un temporisateur d'horloge de surveillance/activation 32 bits et un système d'interruption externe, il est important que le micrologiciel de l'application cible la prise en charge de son objectif principal, à savoir le traitement des données et la capture CAN. Si l'ADuCM360 doit exécuter des fonctions supplémentaires qui ne sont pas liées à son objectif principal de capture de données analogiques, cela peut facilement entraîner un écart qui interfère avec cet objectif tout en rendant les mises à jour du micrologiciel difficiles.

Caractéristiques et fonctionnalités ultrabasse consommation

Malgré ses fonctionnalités analogiques haut de gamme, l'ADuCM360 est toujours capable d'atteindre une basse consommation énergétique en conditions hautes performances. En mode de fonctionnement normal, le cœur Cortex-M3 ne consomme que 290 microampères (μ A)/MHz. Avec une horloge système de 0,5 MHz, et deux CAN échantillonnant, tous les temporisateurs s'exécutant et un gain PGA de 4, avec accès depuis l'interface SPI, le microcontrôleur ne consomme que 1 milliampère (mA). Cela s'entend avec les tampons d'entrée désactivés, car le stockage de tension tampon augmente la consommation d'énergie. En mode d'hibernation, où seul le temporisateur d'activation fonctionne, le microcontrôleur n'absorbe que 4 μ A. C'est pourquoi l'ADuCM361 convient aux points d'extrémité IIoT alimentés par batterie.

Pour les applications moins complexes n'exigeant pas la vitesse de deux CAN, Analog Devices propose l'ADUCM361BCPZ128-R7, similaire à l'ADuCM360 sauf qu'il ne contient qu'un CAN sigma-delta 24 bits (Figure 2).

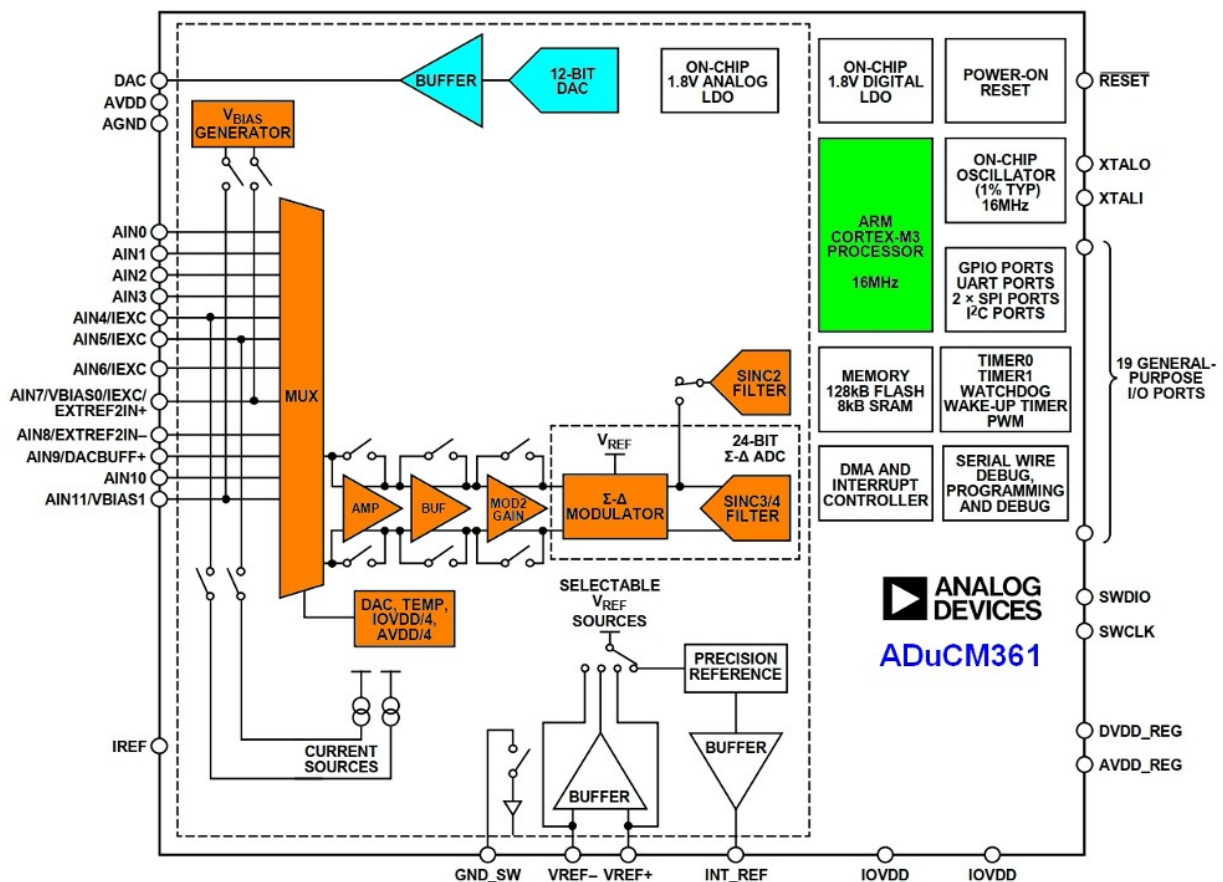


Figure 2 : L'ADuCM361 est un système d'acquisition de données complet sur puce, similaire à l'ADuCM360 sauf qu'il ne contient qu'un CAN sigma-delta 24 bits. Cela permet des économies de coûts et d'énergie dans les applications qui ne nécessitent pas les performances de deux CAN fonctionnant simultanément. (Source de l'image : Analog Devices)

Dans les applications qui ne nécessitent pas les hautes performances de deux CAN 24 bits fonctionnant simultanément, l'ADuCM361 réduit le coût du système et la consommation d'énergie de la carte. Le CAN simple est également connecté à un multiplexeur d'entrée qui prend en charge un total de 11 entrées à un canal ou 6 entrées différentielles. Il peut également s'auto-étalonner en utilisant le CNA 12 bits, la référence de bande interdite interne et le capteur de température. L'ADuCM361 offre un brochage compatible avec celui de l'ADuCM360. Cela permet d'utiliser une seule configuration de carte à circuit imprimé pour les deux produits. Cela simplifie le développement des produits et la nomenclature (BOM), car un fabricant de points d'extrémité IIoT peut utiliser un seul circuit imprimé pour deux ou plusieurs produits.

Développement d'un système d'acquisition de données

Pour le développement de produits, Analog Devices propose le kit d'évaluation EVAL-ADuCM360QSPZ (Figure 3). La carte d'évaluation peut interfacer avec des capteurs analogiques ou des sources de tension externes pour le développement micrologiciel des microcontrôleurs analogiques ADuCM360 et ADuCM361.

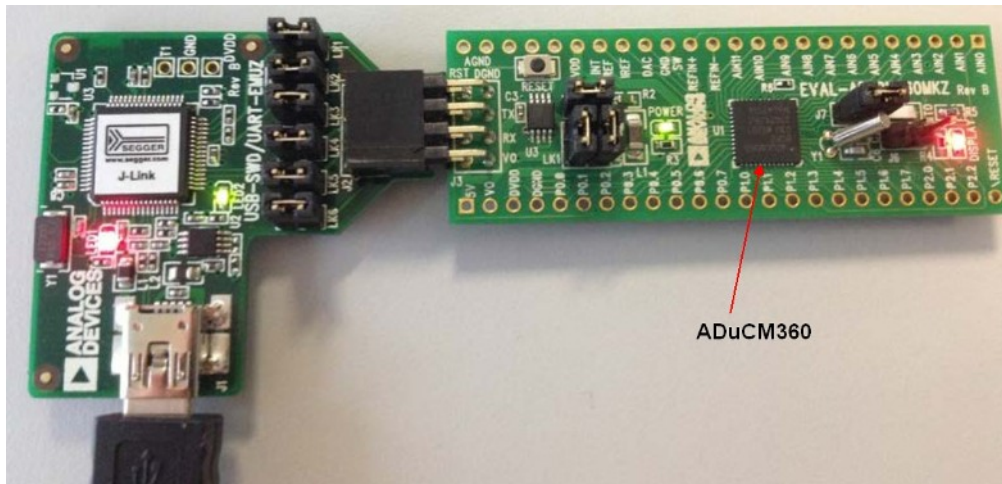


Figure 3 : Le kit d'évaluation EVAL-ADuCM360QSPZ d'Analog Devices permet d'évaluer les microcontrôleurs analogiques ADuCM360 et ADuCM361. Il peut interfacer directement avec des capteurs analogiques externes et peut être géré par une connexion USB. (Source de l'image : Analog Devices)

Le kit d'évaluation est accessible à partir d'un ordinateur hôte fonctionnant sous Windows via un port USB. Cela permet de programmer l'ADuCM360 embarqué avec le micrologiciel cible à des fins de test et de débogage. Avec l'EVAL-ADuCM360QSPZ, toutes les broches de l'ADuCM360 sont disponibles sur le circuit imprimé, y compris les E/S série, de sorte que la carte d'évaluation peut être interfacée via I²C, SPI ou UART avec un microcontrôleur hôte pour le débogage en temps réel. L'ordinateur hôte Windows peut enregistrer les données du CAN et peut également déboguer la précision des routines d'auto-étalonnage.

Conclusion

De nombreux points d'extrémité IIoT utilisés pour des applications analogiques haut de gamme telles que le contrôle de processus doivent effectuer davantage de traitement en périphérie sur les données de capteurs analogiques capturées à l'aide de CAN. La quantité de données CAN et la complexité du traitement en périphérie peuvent submerger le microcontrôleur principal du point d'extrémité IIoT. Le microcontrôleur du point d'extrémité principal peut au contraire interfacer via un port série avec un microcontrôleur analogique qui est un système d'acquisition de données autonome. Cela permet d'augmenter les performances du point d'extrémité et de réduire le trafic réseau, ce qui se traduit par un réseau IIoT plus efficace.