

Les microcontrôleurs savent répondre aux évolutions du contrôle moteur

Il existe de nombreux types de moteurs, du simple moteur pas à pas utilisé pour les applications de positionnement précis, aux gros moteurs à induction à courant alternatif (ACI) souvent utilisés pour fournir un couple élevé pour le mixage et le traitement industriels. Pour ces technologies, des plus simples aux plus complexes, les microcontrôleurs savent répondre.

Bien souvent le choix d'un moteur n'est pas seulement déterminé par l'application, mais également par son environnement. En environnement automobile par exemple, la capacité à fonctionner à partir d'une batterie basse tension plutôt que sur une alimentation en courant alternatif se révèle importante. C'est pourquoi les moteurs à balais en courant continu (DC), les moteurs sans balais DC et les moteurs synchrones à aimant permanent – respectivement moteurs BDC, BLDC et PMS, pour Brushed DC, Brushless DC et Permanent Magnet Synchronous – sont les plus utilisés (photo A). Les gros appareils branchés sur le secteur tels que les machines à laver et les machines industrielles sont conçus avec un moteur à induction à courant alternatif qui peut fonctionner directement sur une source d'alimentation à 110V ou 220V, voire à plus haute tension. Cependant, même en ayant un accès à une alimentation triphasée à plus haute tension, les industriels préfèrent souvent les moteurs BLDC ou PMS à haute tension pour leurs systèmes car ils offrent nativement un couple plus grand à des vitesses plus faibles que les moteurs à induction.

Par conséquent, le choix du système de moteur et les objectifs de l'application influencent fortement la stratégie de commande et, par ricochet, la plate-forme électronique utilisée pour la mettre en œuvre. La commande de moteur la plus simple se réduit à un commutateur ou un régulateur de tension. Sur les moteurs à induction, la stratégie courante pour

AUTEUR



Patrick Heath, responsable du marketing stratégique, Microchip Technology.

les systèmes simples est le mode U/F (Volts par Hertz). Cependant, cette méthode entraîne un faible couple quand le moteur tourne lentement, ce qui ne convient pas pour de nombreuses applications.

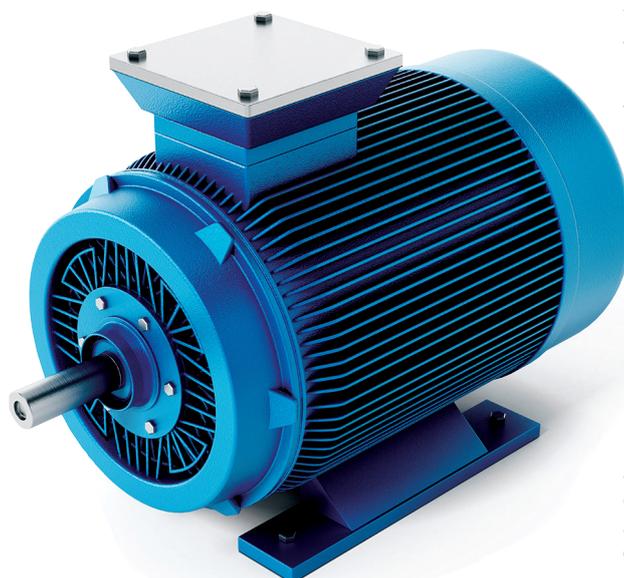
Des stratégies de commande variées

En allant vers des stratégies de commande plus complexes, les développeurs peuvent contourner un grand nombre des difficultés posées par un type de moteur en particulier. En effet, bien que le moteur pas à pas soit conçu pour tourner selon des intervalles fixes, des techniques de commande avancées, connues sous le nom de micro-pas, peuvent permettre un positionnement ultraprécis et un mouvement fluide.

Les stratégies de contrôle de flux (FOC, Field-Oriented Control), quant à elles, utilisent des modèles mathé-

matiques du flux à l'intérieur du moteur pour déterminer avec précision à quel moment alimenter telle ou telle phase du moteur. Le contrôle de flux résout un certain nombre des problèmes de commande de moteur qui affectent les stratégies les moins avancées, comme le mode U/F. Le contrôle FOC peut garantir un couple élevé sur une large plage de vitesse et possède l'avantage de permettre le positionnement précis sans avoir recours à des capteurs coûteux (le courant mesuré renvoyé par les enroulements du moteur fournit au modèle mathématique les informations nécessaires pour déterminer la position du rotor par rapport aux enroulements du stator).

Les robots à plusieurs axes et les machines-outils à commande numérique (CNC, Computer-Numerically Controlled) représentent de leur côté le haut de gamme en termes d'exactitude et de précision. Ils utilisent souvent une combinaison de différents types de moteur. En cas d'exigences strictes de performances, les concepteurs utilisent souvent des DSP (processeurs de signal numérique) ultra-rapides, voire des FPGA (réseaux de portes programmables). Ces contrôleurs sont capables de coordonner l'activité de plusieurs moteurs en même temps pour déplacer des bras de robot et des outils de machine selon des trajectoires précises en utilisant



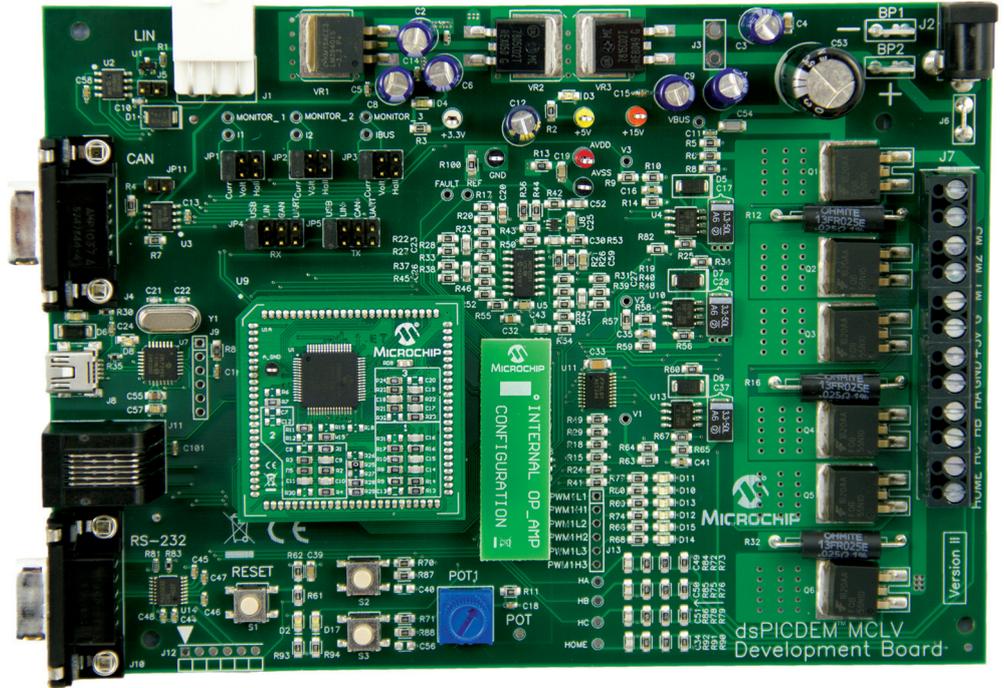
• A. - Les moteurs synchrones à aimant permanent (PMS) sont couramment utilisés dans les applications industrielles car ils offrent nativement un couple plus élevé à des vitesses inférieures.

des encodeurs pour servomoteur pour envoyer en retour les informations de position.

Maîtriser l'efficacité énergétique

Parmi les nombreux facteurs qui influencent les systèmes de commande de moteur, il existe une tendance de longue date : la recherche de l'efficacité énergétique, en particulier pour les systèmes qui doivent fonctionner en continu ou pendant de longues périodes. En plus d'employer des méthodes reposant sur un FOC pour améliorer l'efficacité interne du moteur, les algorithmes complexes garantissent une meilleure efficacité en ajustant les niveaux de puissance en sortie en temps réel, plutôt que de seulement faire fonctionner le moteur à vitesse constante. De plus, la fiabilité et les coûts constituent des critères importants, qui aident à déterminer le type de moteur qui convient. Ces considérations influencent le choix des microcontrôleurs comme celui du ou des moteurs.

Actuellement, les équipes de conception commencent à adopter des moteurs dits à réluctance synchrone assistée par aimant permanent (PMASR, Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance) et des moteurs à aimant permanent interne (IPM, Interior-Permanent Magnet) sur les appareils électroménagers et les systèmes automobiles, en particulier pour les compresseurs de climatiseurs et de réfrigérateurs. Bien que ces moteurs soient plus onéreux que les systèmes traditionnels PMS, ils offrent une meilleure efficacité énergétique. L'adoption de moteurs reposant sur un aimant permanent interne implique également un logiciel de commande supplémentaire pour améliorer le fonctionnement des algorithmes FOC centraux. Les principaux ajouts sont un algorithme du couple maximum par ampère (MTPA, Maximum Torque per Ampere) et l'utilisation d'un estimateur de boucle à verrouillage de phase AT-PLL (Angle-Track Phase-Locked Loop). Cependant, bien qu'il existe de nombreux types de systèmes de moteur et que chacun d'eux nécessite un ensemble d'algorithmes différents, bien souvent les mêmes périphériques matériels sont utilisés pour interfacer les enroulements du moteur. Les



● B.- La DM330021-2 de Microchip est une carte de développement destinée aux applications de contrôle de moteur DC sans balais (BLDC) ou de moteur synchrone à aimant permanent (PMSM) qui fonctionnent avec ou sans capteur. La carte prend en charge les familles de composants de commande moteur dsPIC33F, PIC24F, dsPIC33E et PIC24E. La carte dispose également d'un circuit de pont inverseur triphasé et prend en charge plusieurs canaux de communication (USB, CAN, LIN et RS232).

microcontrôleurs et DSC optimisés pour la commande de moteur incluent par exemple souvent une combinaison de périphériques intelligents qui conviennent pour un certain nombre d'architectures de processeurs. Les microcontrôleurs de commande de moteur doivent supporter la modulation en largeur d'impulsion (ou PWM, pour Pulse Width Modulation) ainsi que l'insertion du temps mort. Cette fonction gère les nombreux événements de commutation requis pour offrir un contrôle précis de l'alimentation à chaque enroulement du moteur, sans intervention directe du logiciel.

Le nombre d'interruptions que le noyau doit effectuer par rotation est ainsi réduit.

Autre fonction indispensable pour de nombreux systèmes : un convertisseur analogique-numérique (A/N) de 10 ou 12 bits. C'est ce qu'on utilise pour mesurer le retour de tension de la phase du moteur et pour détecter les situations de surtension ou de sous-tension. Certains systèmes nécessitent d'utiliser des amplificateurs opérationnels (AOP) pour traiter le retour de courant de phase du moteur avant d'alimenter le convertisseur A/N. Les microcontrôleurs avec AOP et comparateurs intégrés pour détecter les seuils analogiques permettent de réduire le nombre de composants sur la carte électronique (photo B). Les intégrations, qui associent le circuit de commande de MOSFET avec le microcontrôleur dans un même boîtier, réduisent l'encombrement sur la carte, ce qui se révèle important pour les constructeurs automobiles et les fabricants de machines-outils.

UN LOGICIEL AD HOC POUR LES COMMANDES FOC

■ Sur le domaine d'activité des commandes de moteurs, Microchip propose un logiciel spécifique pour faciliter l'adoption d'algorithmes FOC complexes. La suite de développement motorBench (mB) fournit ainsi des outils pour extraire les paramètres électriques et mécaniques d'un moteur sans balais ou synchrone à aimant permanent et les appliquer à un algorithme FOC, avec lequel l'utilisateur

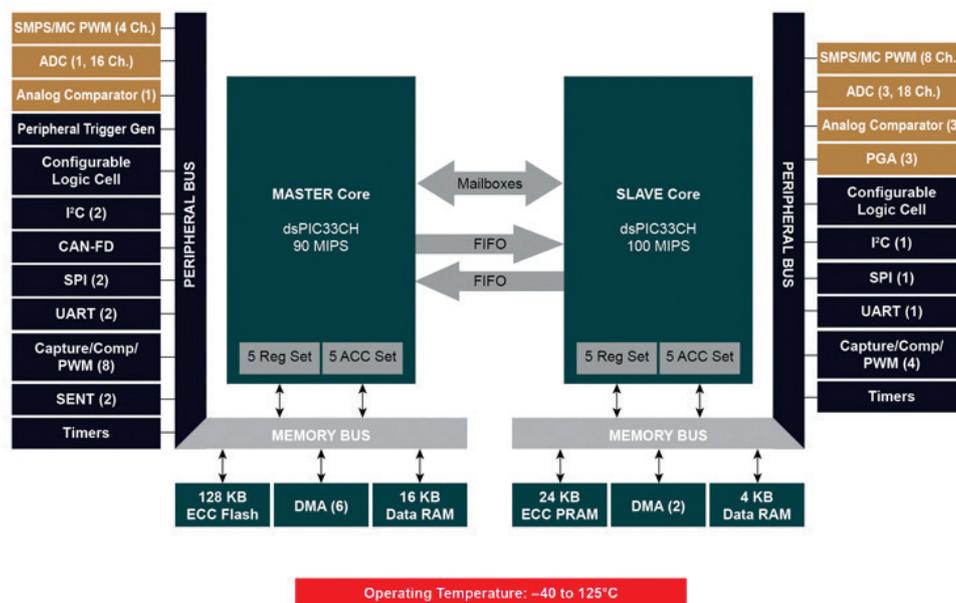
peut régler trois boucles de contrôle pour gérer le moteur. Une fois les boucles de contrôle et autres paramètres de l'algorithme définis, l'outil génère un fichier prêt à être compilé à l'aide de l'environnement de développement MPLAB X. Le lancement de mB 2.0 ajoute la prise en charge des moteurs haute tension, jusqu'à 600V, aux capacités de réglage des moteurs à basse tension existantes.

Du 8 au 32 bits pour satisfaire les besoins

Un circuit 8 bits doté de contrôleurs PWM pourra se révéler satisfaisant pour de nombreuses applications de

BLOC-DIAGRAMME D'UN MICROCONTRÔLEUR À DOUBLE CŒUR

Le microcontrôleur dsPIC33CH de Microchip, qui appartient à la famille des contrôleurs de signaux numériques (DCS, Digital Signal Controller), possède deux noyaux intégrés sur la même puce, l'un maître, l'autre esclave. Le noyau esclave peut commander deux moteurs triphasés et le noyau maître peut commander indépendamment un autre moteur triphasé et se charger de la gestion, de la mise en réseau, de la gestion de la correction du facteur de puissance (PFC), etc..



commande de moteur d'entrée de gamme. Mais si de plus grandes capacités de calcul sont nécessaires, le passage à un produit similaire basé sur une architecture 16 bits est recommandé. Par exemple, si le code de commande à boucle fermée doit traiter le retour de tension et d'autres signaux échantillonnés par le convertisseur A/N, la nécessité de scinder les opérations de calcul en segments 8 bits peut ralentir les performances. Dans ce cas, le passage à un microcontrôleur ou DSC 16 bits se révèle avantageux ; le DSC offre d'ailleurs de meilleures performances pour les algorithmes de commande complexes.

Pour les stratégies de commande de moteur innovantes qui utilisent des modèles mathématiques pour calculer les trajectoires et les profils de déplacement, la meilleure option consiste à passer à des architectures 32 bits basées sur des architectures de type ARM Cortex-M. Les noyaux tels que le Cortex-M4 supportent notamment les calculs à virgule flottante qui permettent de convertir le code développé vers des outils de haut niveau comme Matlab.

Bien que les périphériques requis pour la commande de moteur tendent à rester les mêmes pour un large éventail d'applications, plu-

sieurs modèles de microcontrôleurs et DSC sont nécessaires pour gérer la conception des systèmes de plus en plus complexes. La prise en charge des réseaux est désormais indispensable pour les systèmes automobiles, de domotique et de contrôle-commande industriel. La capacité à envoyer non seulement les données d'utilisation et d'erreur aux systèmes de gestion mais aussi de permettre la commande à distance des systèmes constitue désormais un argument de vente pour de nombreux systèmes.

A chaque moteur son réseau

Chaque secteur d'activité possède ses propres protocoles réseau qui influencent également les choix de périphériques. En général, les sous-systèmes automobiles requièrent des interfaces de type LIN ou CAN-FD. Les systèmes industriels peuvent utiliser les protocoles Ethernet ou EtherCAT, ou le sans fil qui devient un choix courant pour l'intégration des environnements IoT. Dans ce cadre, la prise en charge réseau peut souvent augmenter significativement la quantité de code devant être stockée, poussant la capacité de la flash intégrée à 256Ko ou 512Ko. Les exigences RAM sont également plus élevées pour

prendre en charge les piles de communication. Les applications de commande de moteur indépendantes nécessitent en général 32Ko de flash programmable, voire moins.

Les marchés tels que le contrôle-commande industriel et l'industrie automobile possèdent également des exigences strictes pour la sécurité fonctionnelle. Les développeurs système doivent se conformer à des normes telles que les normes CEI 60137 (classe B) et ISO 26262. L'ajout de contrôleurs de mémoire dotés de capacités de détection et de correction des erreurs ainsi que de temporisateurs de watchdog (WDT) et de sécurité (DMT) et de moniteurs de puissance et d'horloge, garantissent que les microcontrôleurs sont compatibles avec ces standards. Les développeurs peuvent alors s'appuyer sur les fonctionnalités avancées des architectures DSC pour améliorer la fiabilité et la sécurité. Si le système utilise deux noyaux de processeur, les logiciels présents sur chacun d'entre eux peuvent contrôler mutuellement le comportement de l'autre, signaler les problèmes ou déclencher la réinitialisation si l'exécution s'arrête pour une raison inconnue.

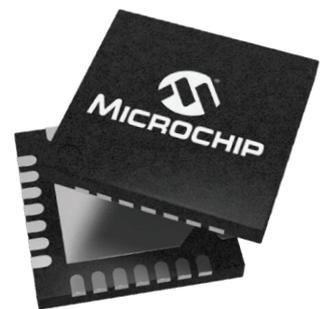
Enfin, les capacités « dual core » des microcontrôleurs peuvent être utilisées de différentes manières. En partageant la charge de travail entre deux processeurs indépendants, les équipes de conception peuvent par exemple simplifier l'intégration du logiciel de commande de moteur en temps réel avec d'autres fonctions telles que la mise en réseau sur les systèmes orientés objets connectés. Ce type d'utilisation est pris en charge par la famille de contrôleurs de signal numériques (DSC) dsPIC33CH à deux noyaux (figure). Ces composants possèdent deux noyaux dsPIC intégrés sur la même puce. L'un est le noyau maître tandis que l'autre est le noyau esclave. Le noyau esclave possède une bande passante de processeur suffisante pour commander deux moteurs triphasés. Le noyau maître peut commander indépendamment un autre moteur triphasé et se charger de la gestion, la mise en réseau ainsi que d'autres fonctions comme la gestion de la correction du facteur de puissance (PFC) sur les applications haute puissance. ■



Faites votre choix : n'importe quel coeur, n'importe quel niveau de performance, n'importe quel jeu de fonctions !

Performances évolutives selon les variations de vos besoins

Etes-vous (encore) confronté à des exigences de conception changeantes ? Laissez Microchip vous aider à mettre fin aux frustrations et aux pertes de temps qu'engendrent ces changements. Microchip est le seul fournisseur de semiconducteurs qui innove à la fois dans les microcontrôleurs 8, 16 et 32 bits, les contrôleurs de signaux numériques, et les microprocesseurs. Nos architectures à compatibilité ascendante préservent le temps et les ressources que vous avez investis dans le développement de code. En outre, nos outils de développement vous permettent de tirer parti d'un même écosystème sur plusieurs projets. L'évolution des exigences de conception ne doit pas nécessairement être douloureuse ! Découvrez comment Microchip peut vous aider à la vivre.



Simplifiez-vous la vie en allant sur www.microchip.com/Scalable

