Commande de moteurs BLDC sans capteur pour les applications grand public

« Grâce à l'utilisation de contrôleurs de signal numérique pour commander sans capteur des moteurs sans balai DC, cette technologie est mise à la portée des applications grand public à un moindre coût », explique Charlie Ice, de chez Microchip Technology Inc.

Les moteurs sans balais, ou *brushless*, à courant continu (BLDC) constituent une technologie de choix pour de nombreux systèmes haut de gamme ou milieu de gamme, car ils offrent un entraînement à vitesse constante ou variable (variateurs de vitesse), associé à une fiabilité à toute épreuve et à une commande aisée. Cependant, utiliser ne serait-ce que quelques capteurs à effet Hall gonfle souvent les coûts système au point que les moteurs sans balais se voient écartés des applications économiques. D'autres tentatives d'introduction de la commande sans capteur dans des applications grand public ont également dû être écartées précédemment car elles exigeaient des contrôleurs onéreux pour faire tourner les algorithmes utilisés en remplacement des capteurs.

Aujourd'hui, cependant, grâce à des coûts de production en série équivalant à 1 dollar par unité, des contrôleurs de signal numérique tels que le dsPIC33FJ15MC102 de Microchip sont à même de contourner ces obstacles et rendent viable le choix de la commande de moteurs sans balais et sans capteur pour les applications économiques.

Moteurs sans balais avec capteur

Pour comprendre comment fonctionne la commande de moteurs BLDC sans capteur, il convient de s'intéresser au modèle basique de commande avec capteurs.

Le moteur sans balais à courant continu (BLDC) utilise une bobine alimentée, ou stator, qui crée un aimant permanent sur le rotor (ou arbre), devant s'aligner sur la bobine et ainsi faire tourner le rotor en générant le couple. Sur un moteur sans balais triphasé, les trois bobines du stator, ou phases, sont alimentées de façon séquentielle, en avance par rapport à la rotation du rotor. Pour que le rotor tourne de manière régulière, le moteur est constitué d'enroulements multiples pour chaque bobine ou phase, et chaque phase doit être alimentée ou non selon un ordre spécifique pour que le rotor puisse tourner. C'est la position du rotor qui indique quelle phase doit être alimentée. C'est pourquoi il est très important de connaître l'exacte position du rotor et que le contrôleur assure la commutation des bobines en conséquence pour que le moteur sans balai fonctionne. Le moyen le plus simple de calculer la position du rotor est d'utiliser des capteurs à effet Hall, qui génèrent des impulsions permettant au contrôleur de déterminer la position du rotor. Une fois la position du rotor connue, il suffit au contrôleur du BLDC le plus simple de rechercher quelle configuration des trois phases correspond à la position du rotor et de commuter les phases selon cette configuration.

Moteurs sans balais et sans capteur

En regardant de près les trois bobines d'un moteur sans balais, on voit bien comment un algorithme pour BLDC sans capteur peut aider à calculer la position du rotor.

En commande en trapèze, quel que soit le moment T, une 1ère phase est rappelée vers +VBUS, une 2ème est rappelée vers -VBUS, et aucun courant ne circule dans la 3ème. La forme d'onde de chaque phase ressemble à un trapèze, comme le montre la figure 1. Quand le rotor passe par la phase 1, l'aimant permanent correspondant sur le rotor induit un courant dans cette phase qui crée une tension, connue sous le nom de force contre-électromotrice ou f.c.é.m. La f.c.é.m. dépend du nombre de spires constituant chaque enroulement de phase, de la vitesse angulaire du rotor et de la force de l'aimant permanent du rotor. Comme la forme d'onde de la f.c.é.m. de chaque phase dépend de la position du rotor, la f.c.é.m. peut servir à déterminer la position du rotor.

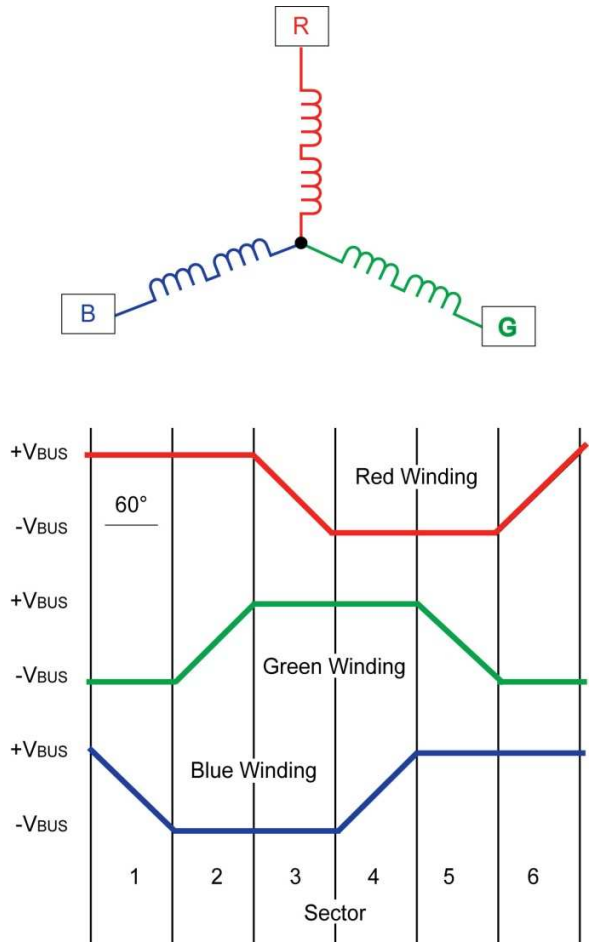


Figure 1 : Enroulements et formes d'onde trapézoïdales d'un moteur DC sans balais

Bien qu'il existe de nombreuses méthodes utilisant la f.c.é.m. pour déterminer la position du rotor, l'une des plus utilisées et des plus sûres est celle de la détection du passage à zéro. Quand l'un des signaux de f.c.é.m. passe par zéro, le contrôleur assure la commutation requise pour les trois phases. La figure 2 illustre ce processus de commutation. Pour que le rotor continue d'avancer, il doit y avoir un déphasage entre le point auquel le passage à zéro s'opère et celui où la commutation se fait. Le contrôleur doit effectuer le calcul et compenser si nécessaire. Un moyen simple d'implémenter une détection de passage à zéro consiste à

supposer que ce passage à zéro se produit à chaque fois que la f.c.é.m., peu importe la phase, atteint $V_{BUS}/2$.

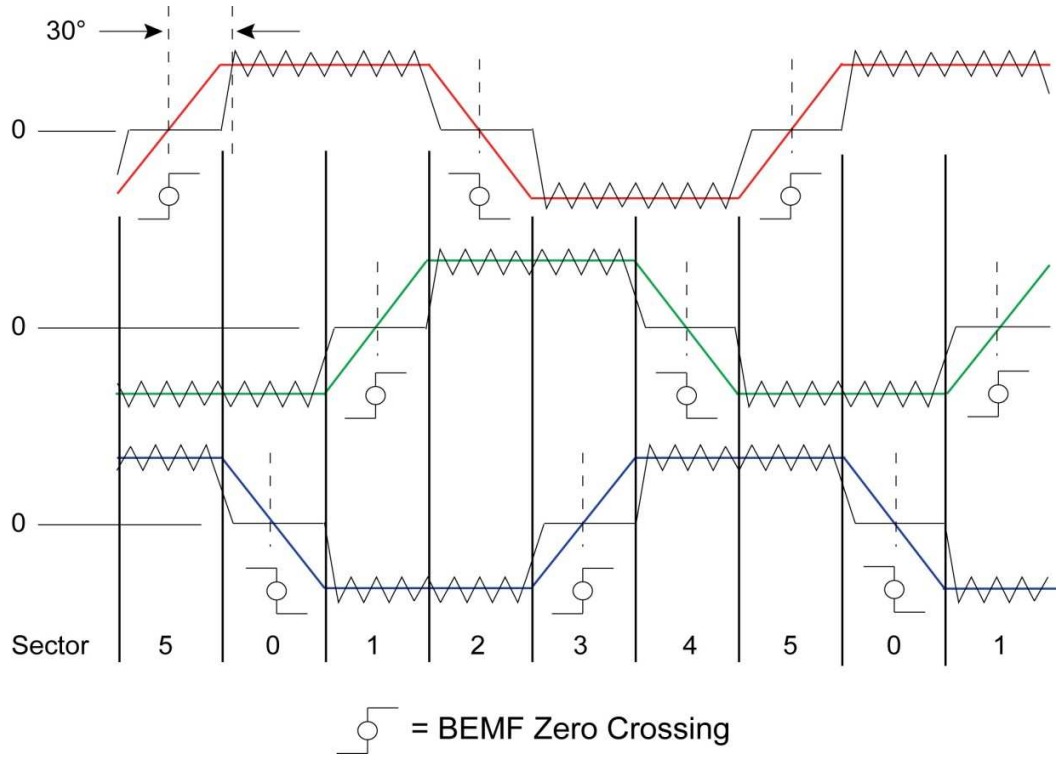


Figure 2 : Passage à zéro de la f.c.é.m.

Cette méthode est facile à appliquer à l'aide de quelques amplificateurs opérationnels configurés comme comparateurs. Cependant, cela pose un certain nombre de problèmes :

1) Comme la f.c.é.m. est typiquement inférieure à V_{BUS}, le passage à zéro ne se produit pas nécessairement à $V_{BUS}/2$.

2) En outre, comme les propriétés de chaque phase peuvent différer, la tension de la f.c.é.m. lors du passage à zéro sur une phase peut différer par rapport à celle d'une autre phase.

3) Enfin, la méthode la plus simple de détection de ce passage à zéro cause des déphasages positifs et négatifs dans les signaux de f.c.é.m. captés.

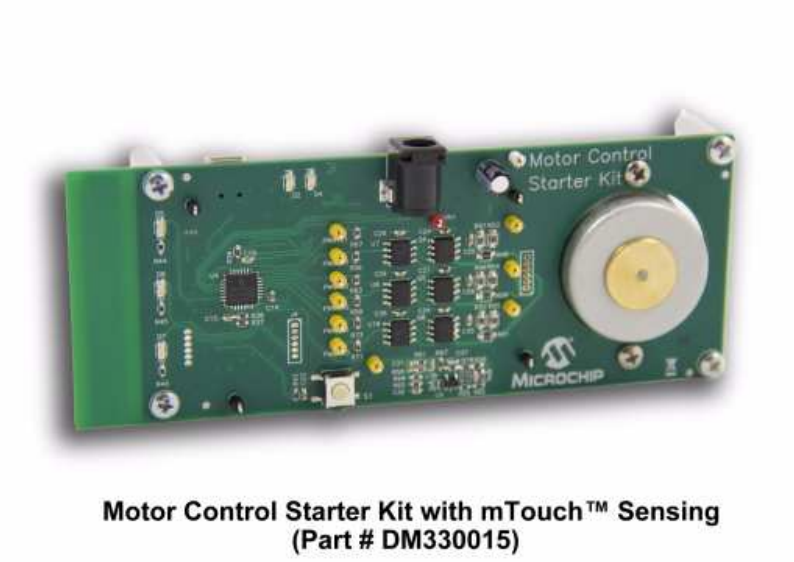
Les moteurs sans balais en conditions réelles

Dans conditions réelles d'application, la tension du seuil de passage à zéro varie considérablement. Cependant, cette tension de seuil variable est égale au point neutre du moteur, puisque le point neutre du moteur est la moyenne des f.c.é.m. des trois phases. Par conséquent, à chaque fois que la f.c.é.m. d'une phase égale le point neutre du moteur, un passage à zéro se produit et le contrôleur doit commuter les phases. La commutation peut être réalisée à l'aide de résistances et d'amplificateurs opérationnels, ou bien grâce à un module CAN associé à un logiciel intégré au contrôleur. Avec un contrôleur programmable, tel qu'un contrôleur de signal numérique (DSC) dsPIC®, la f.c.é.m. de chaque phase peut être échantillonnée par un CAN, et le point neutre peut être facilement recréé dans un logiciel en prenant la moyenne des trois signaux de f.c.é.m. Après quoi, le logiciel peut comparer la valeur obtenue à la f.c.é.m. des trois phases captée et détecter un passage à zéro. Quand un passage à zéro se produit, le contrôleur assure la commutation du moteur, puis le processus recommence. En utilisant la f.c.é.m. du moteur pour détecter les passages à zéro, on peut aisément se passer de capteurs sans pour autant compromettre les performances du système.

Les appareils fonctionnant en conditions réelles posent également d'autres défis aux moteurs sans capteur. Tout d'abord, à vitesse réduite, la f.c.é.m. est très faible et très difficile à détecter. Le contrôleur doit alors deviner la position du rotor seul, jusqu'à ce que le moteur commence à tourner assez vite pour générer assez de f.c.é.m. et fonctionner en mode sans capteur. On peut toutefois minimiser ces effets indésirables à l'aide d'un contrôleur programmable grâce auquel le démarrage du système peut être adapté selon les besoins de chaque application. Autre problème : le bruit de commutation généré par les MOSFET. Quand les MOSFET commutent pour changer de tension sur chaque phase, ils génèrent du bruit autour de la f.c.é.m., qui est détecté par le module CAN du contrôleur. Ce bruit doit être filtré afin que la f.c.é.m. de chaque phase puisse être recréée avec précision. Tous les DSC intègrent un DSP, ou processeur de signal numérique, qui peut facilement réaliser les calculs nécessaires pour créer un filtre numérique et éliminer ce bruit de commutation. Un contrôleur programmable peut également fournir une aide appréciable pour d'autres problèmes spécifiques à chaque application.

Diminuer les coûts de développement

Grâce aux nouveaux outils de développement, optimisés pour la commande de moteurs DC sans balais et sans capteurs, les fabricants peuvent diminuer significativement les coûts et raccourcir la phase de développement pour l'implémentation de BLDC sans capteurs sur des applications grand public ou autres. Le kit d'évaluation pour commande de moteur de Microchip (voir figure 3) coûte moins de 100 USD et comprend des notes d'application détaillées ainsi que des exemples de logiciels et de schémas électroniques de montage. Par ailleurs, les fournisseurs de contrôleurs pour piloter des moteurs, y compris Microchip, permettent en général le téléchargement gratuit de logiciels et de fichiers Gerber, facilitant le processus d'apprentissage.



Motor Control Starter Kit with mTouch™ Sensing
(Part # DM330015)

Figure 3 : Kit de développement économique pour BLDC sans capteur

Conclusion

Les contrôleurs de signal numériques permettent de réduire la facture de la commande des moteurs sans balais à courant continu. Elle peut être effectuée à l'aide de DSC ayant un prix unitaire proche d'un dollar pour la production en série et d'outils de développement disponibles à moins de 100 USD, ainsi que de logiciels, de schémas électroniques et de notes d'applications téléchargeables gratuitement. Voilà pourquoi les moteurs sans balais commencent à se faire une place sur le marché des applications économiques grand public.

###

Remarque : Le nom et le logo de Microchip et dsPIC 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 respectivement la propriété des sociétés concernées.