

TMC428 Le circuit contrôleur économique pouvant commander jusqu'à trois moteurs pas à pas

Bernhard Dwersteg, Lars Larsson, Michael Randt, TRINAMIC Microchips GmbH

Les moteurs pas à pas connaissent une popularité de plus en plus élevée dans le secteur automobile car ils fonctionnent non seulement avec une grande précision, en toute fiabilité et silencieusement, mais permettent également de disposer d'un couple de rotation et de maintien élevé sans réducteur. Bien que la fabrication du moteur pas à pas soit très économique, il nécessite tout de même une électronique de commande relativement complexe dont la qualité influence ses caractéristiques de fonctionnement. Cet article présente un composant standard qui permet une commande optimale des moteurs pas à pas et qui réduit considérablement les coûts de l'électronique par rapport aux solutions traditionnelles. Les moteurs pas à pas deviennent ainsi également intéressants pour des applications qui, pour des raisons de coûts, étaient jusqu'à présent réservées aux moteurs à courant continu.

1. Introduction

L'automobile a besoin d'un grand nombre de mécanismes d'entraînement précis et fiables. Des exemples peuvent se trouver dans la commande du moteur, le chauffage, la ventilation, la climatisation et les fonctions de confort comme le réglage des rétroviseurs ainsi que dans des fonctions relatives à la sécurité comme les systèmes de feux de route de nouvelle génération (avec réglage dynamique de la largeur d'éclairage, éclairage latéral intelligent et adaptation du profil du faisceau lumineux en fonction de la situation). Les exigences sont ici généralement similaires : haute précision de positionnement, excellente fiabilité et réalisation à moindre coût. La dynamique et un fonctionnement quasiment silencieux jouent un rôle essentiel dans de nombreuses applications. Les moteurs pas à pas répondent très bien à ces exigences, car du fait de leur construction ils possèdent une très grande résolution. Ils n'ont pas besoin d'être régulés car ils fonctionnent de manière synchrone et il est bien souvent même possible de supprimer les commutateurs de référence. Contrairement aux moteurs à courant continu, aucun réducteur n'est nécessaire pour obtenir un couple de rotation et un couple de maintien à l'arrêt suffisants, ce sont des caractéristiques intrinsèques d'un moteur pas à pas. Les moteurs pas à pas sont même intéressants dans le contexte du nouveau réseau de puissance 42 V, car les petits moteurs à courant continu sont difficiles à adapter pour le branchement direct à cette nouvelle tension de batterie en raison des problèmes de commutation électromécanique ou en raison des sections très faibles du fil de l'enroulement.

Les autres propriétés du moteur pas à pas ne sont toutefois obtenues qu'avec une commande appropriée:

la dynamique élevée et le fonctionnement silencieux, par exemple, ne sont garantis que dans le cas d'un fonctionnement à micropas. Le fonctionnement à plein pas généralement utilisé présente un risque de résonance qui peut provoquer des bruits parasites et même des défauts de fonctionnement (perte de pas). Par conséquent, il est souvent nécessaire de surdimensionner les mécanismes d'entraînement utilisés en fonctionnement à plein pas, ce qui présente des inconvénients sur le plan du coût, de l'énergie employée et de l'encombrement.

2. Électronique de commande pour moteurs pas à pas

L'utilisation d'un microcontrôleur avec un logiciel approprié pour commander un moteur pas à pas peut donner lieu à différents problèmes, car la commande d'un moteur pas à pas est une opération en temps réel : les signaux de commande d'un moteur pas à pas doivent être générés à des instants bien précis et indépendamment de la charge du microcontrôleur concerné. Une

augmentation soudaine des communications, par exemple, ou le traitement d'autres fonctions du système d'exploitation ne doivent avoir aucune répercussion sur la génération des pas. Si ces exigences peuvent être satisfaites par un microcontrôleur disposant d'un système d'exploitation en temps réel approprié, la combinaison d'une dynamique élevée avec un temps de réaction court exige alors d'utiliser un microcontrôleur très puissant ou même un processeur de traitement numérique du signal (DSP). Les coûts deviennent alors difficiles à justifier en raison du besoin élevé en mémoire. Le fonctionnement à micropas nécessite en outre une capacité de traitement supérieure. Un circuit dédié tel qu'il est présenté dans cet article, qui applique une intelligence intégrée dans le silicium et dont le coût est optimisé grâce à l'utilisation de fonctions logiques à haute intégration permet d'obtenir une meilleure stabilité du système qu'une solution comparable employant un logiciel. L'utilisation d'un circuit dédié réduit en outre le temps de développement, car le microcontrôleur n'a plus qu'à accomplir des tâches de communication simples et toutes les opérations en temps réel sont prises en charge par le circuit dédié.

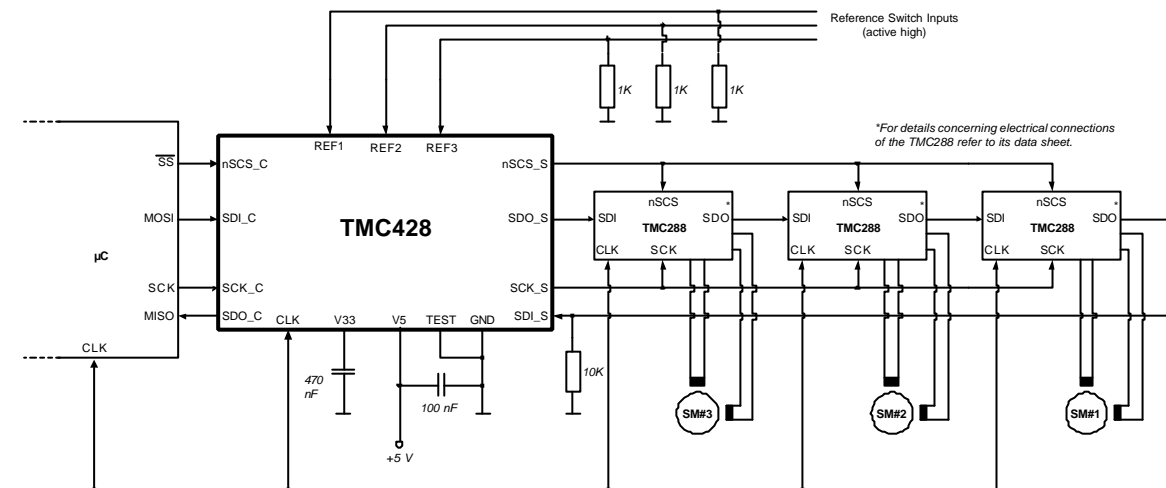


Illustration 1: schéma d'une commande trois axes complète

3. Propriétés du TMC428

Le TMC428 est le nouveau circuit de la société TRINAMIC Microchips GmbH qui, grâce à sa petite taille, son faible prix et la possibilité de commander indépendamment trois moteurs pas à pas biphasés, est particulièrement intéressant pour la réalisation de systèmes miniaturisés à moindre coût dans le secteur de l'automobile.

Le TMC428 permet de commander des moteurs pas à pas de différentes résolutions de pas. La résolution est programmable individuellement pour chaque moteur. Outre le fonctionnement à plein pas et le fonctionnement à demi pas, il autorise le fonctionnement à micropas avec un maximum de 64 micropas (6 bits) par pas complet. Le tableau des micropas du TMC428 peut être adapté spécifiquement en fonction du type de moteur pas à pas, ce qui donne lieu à un fonctionnement très silencieux avec de faibles variations du couple de rotation. Le cadrage du courant automatique programmable autorise des couples de rotation élevés pendant les phases d'accélération et de freinage et une diminution du courant à l'arrêt afin de réduire la consommation et le dégagement de chaleur qui y est lié.

Une fois initialisé, le TMC428 accomplit toutes les tâches en temps réel de manière autonome. Il prend entièrement en charge à la fois la génération précise des pas grâce au séquenceur intégré et le calcul des rampes de déplacement pour atteindre précisément les positions destinataires. Il devient ainsi possible, en combinaison avec un microcontrôleur économique, de réaliser à moindre coût une commande de moteur pas à pas complète pouvant commander

jusqu'à trois axes. Le TMC428 soulage considérablement le microcontrôleur, ce qui le rend disponible pour les communications spécifiques à l'application avec des interfaces et pour le traitement des tâches complexes de calcul des coordonnées des moteurs pas à pas. La communication entre le microcontrôleur et le TMC428 ainsi que la communication entre le TMC428 et les trois pilotes de moteur pas à pas montés en cascade (comme les TMC288 ou TMC289, par exemple) s'effectue par le biais d'une interface série à 4 fils. Le TMC428 permet de commander pratiquement tous les pilotes courants de moteurs pas à pas du marché. Il peut commander directement des pilotes de moteur pas à pas SPI™ Smart Power de différents constructeurs ou, en ajoutant des composants supplémentaires (par exemple un registre à décalage de la série 74), des pilotes classiques branchés en parallèle. Même les pilotes de moteur pas à pas munis d'entrées de direction de pas peuvent être utilisés de cette manière sur le TMC428. Les pilotes de moteur pas à pas TMC288 / TMC289 permettent de réaliser une commande miniature pour trois moteurs pas à pas particulièrement simple et économique et utilisent pleinement les fonctionnalités du TMC428. Ces pilotes Trinamic seront disponibles en échantillonnage à partir du 3^{ème} trimestre 2001.

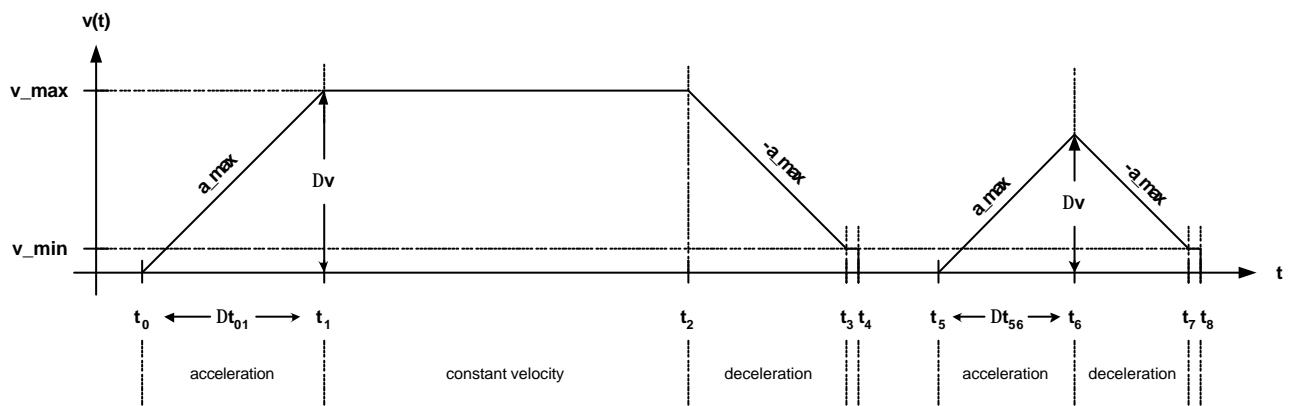


Illustration 2: Profil de vitesse généré avec le TMC428

4. Description du fonctionnement et synoptique

Du point de vue du microcontrôleur, l'interface du TMC428 se présente sous la forme d'un ensemble de registres qui peuvent être lus ou écrits de manière uniforme par le biais d'une interface série. Après l'initialisation, il suffit généralement d'écrire les positions destinataires ou les vitesses de consigne dans les registres concernés qui sont associés aux moteurs pas à pas. Le TMC428 tient les paramètres de déplacement courants à la disposition du microcontrôleur dans les registres correspondants. Un contrôleur de RAM multiports interne commande les accès à la RAM intégrée. Le microcontrôleur peut ainsi accéder à tout moment aux registres du TMC428 sans provoquer de conflits d'accès. Les registres contiennent les paramètres de configuration généraux et les paramètres de déplacement. La configuration de l'interface série des pilotes de moteur pas à pas ainsi que le tableau adaptable des micropas sont mémorisés dans la RAM intégrée.

L'interface série entre le TMC428 et le microcontrôleur est très facile à utiliser. 32 bits sont transmis à chaque communication entre le microcontrôleur et le TMC428. L'interface entre le TMC428 et les pilotes de moteur pas à pas fonctionne de manière entièrement autonome.

Le TMC428 dispose de quatre modes qui peuvent être utilisés individuellement pour les trois moteurs pas à pas qu'il est possible de commander. Le mode RAMP est prévu pour des opérations de positionnement avec courbe de déplacement trapézoïdale. Bien que les modes

SOFT et RAMP soient identique du point de vue de l'accélération, le mode SOFT freine cependant à mesure que l'accélération diminue, ce d'obtenir un effet d'interpolation.

Pour gagner une nouvelle position en mode RAMP ou en mode SOFT, il suffit d'écrire la nouvelle position destinataire dans le registre associé au moteur. Le TMC428 gagne alors la nouvelle position destinataire en tenant compte des paramètres de déplacement. Il dispose en outre de deux modes supplémentaires avec lesquels les moteurs pas à pas tournent à une vitesse donnée. En mode VELOCITY, le moteur pas à pas concerné est accéléré ou freiné au taux maximum jusqu'à la vitesse de consigne prédéfinie. Il tourne alors à une vitesse constante jusqu'à l'écriture d'une nouvelle vitesse de consigne dans le registre concerné du TMC428. En mode HOLTER, il commute immédiatement sur la vitesse de consigne prédéfinie, ce qui permet au microcontrôleur de générer des profils de vitesse quelconques. Le TMC428 met à tout moment les paramètres de déplacement courants (position, vitesse, accélération) à la disposition du microcontrôleur indépendamment du mode de fonctionnement.

Le générateur de rampe contrôle continuellement tous les paramètres de déplacement écrits dans les registres du TMC428 et génère des impulsions de pas qui seront traitées par le séquenceur de micropas. La génération des pas se déroule en tenant compte des paramètres de déplacement prédéfinis (accélération maximale, vitesse maximale et minimale) et des événements extérieurs, comme une condition d'arrêt ou de ralentissement, signalés par les trois ou six commutateurs de référence et d'arrêt externes. Les paramètres concernés peuvent eux aussi être modifiés à tout moment. L'interface série avec les pilotes de moteurs pas à pas n'émet des télégrammes de données vers la chaîne de pilotes de moteurs pas à pas que lorsque cela est nécessaire.

Le contrôleur d'interruption surveille en permanence les conditions qui résultent des commutateurs de référence et du contenu des registres du générateur de rampe. Le bit d'interruption est disponible à la fois directement en tant que bit d'état lors de la communication avec le microcontrôleur et sous une forme multiplexée à la sortie des données de l'interface du microcontrôleur.

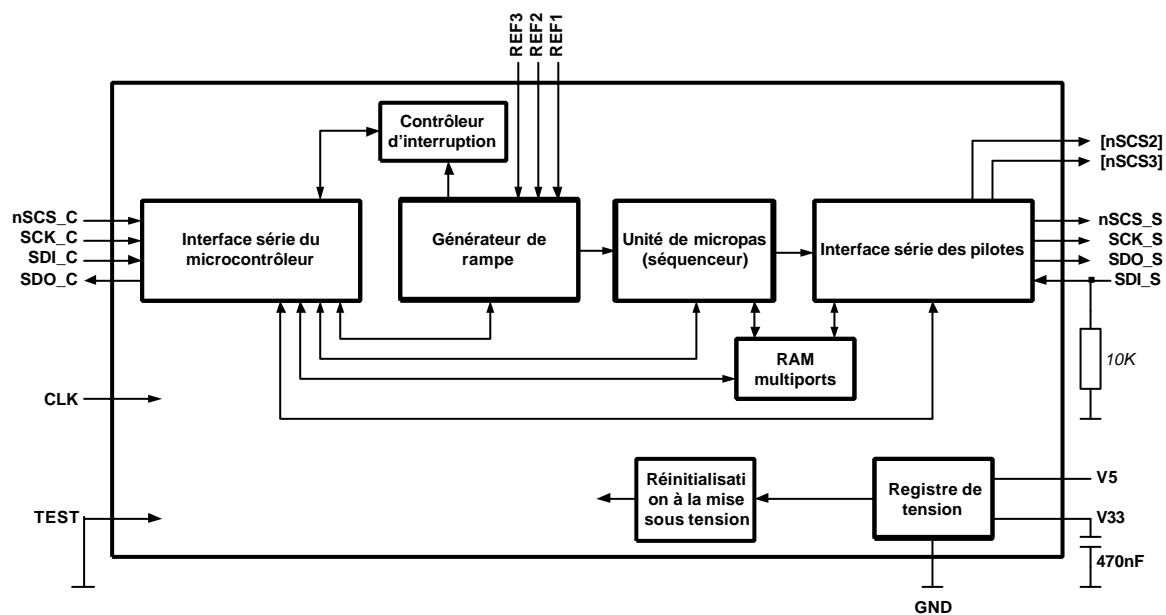


Illustration 3 : synoptique du TMC428

5. Résumé

Le TMC428 représente un composant nouveau et unique en son genre permettant de réaliser des commandes dynamiques de moteurs pas à pas jusqu'à trois axes en toute simplicité et à moindre coût. L'une des principales applications dans le secteur automobile est la commande des systèmes de phares motorisés, mais il existe également de nombreuses applications pour lesquelles le TMC428 est prédestiné dans les fonctions de confort et en asservissement. La fiche technique du TMC428 est disponible à l'adresse <http://www.trinamic.com>.

SP1 est une marque déposée de Motorola Inc.

Bernhard Dwersteg est le Directeur technique de TRINAMIC Microchip GmbH

Lars Larsson est le Designer ASIC senior chez TRINAMIC Microchip GmbH

Michael Randt est le fondateur et le Directeur général de TRINAMIC Microchip GmbH

TRINAMIC Microchip GmbH
Deelbögenkamp 4C
D-22297 Hamburg
Allemagne

Tél. +49 (0)40 51 48 06 0

Fax. +49(0)40 51 48 06 60

www.trinamic.com