

TMC428 – Der Chip für die kostenoptimierte Steuerung von bis zu drei Schrittmotoren



Schrittmotoren erfreuen sich im Automobilbereich zunehmender Beliebtheit, da sie nicht nur sehr präzise, zuverlässig und leise arbeiten, sondern auch ohne Getriebe ein hohes Dreh- und Haltemoment bieten. Während der Schrittmotor selbst sehr preiswert hergestellt werden kann, benötigt er eine vergleichsweise komplexe Steuerelektronik, deren Qualität seine Laufeigenschaften wesentlich beeinflusst. In diesem Beitrag der Trinamic Microchips GmbH wird ein Standardbauelement vorgestellt, das die optimale Ansteuerung von Schrittmotoren ermöglicht und die Kosten der Elektronik gegenüber herkömmlichen Lösungen drastisch senkt. Damit werden Schrittmotoren auch für Anwendungen interessant, die aus Kostengründen bisher DC-Motoren vorbehalten waren.

1 Einleitung

Im Automobil wird eine große Anzahl präziser und zuverlässiger Antriebe benötigt. Beispiele hierfür finden sich in der Motorsteuerung, bei Klima- und Komfortfunktionen – wie etwa der Spiegeleinstellung – und bei sicherheitsrelevanten Funktionen

wie etwa bei Frontscheinwerfersystemen der nächsten Generation mit dynamischer Leuchtweitenregelung, intelligentem Seitenlicht und situationsabhängiger Anpassung des Lichtprofils. Dabei sind die Anforderungen meist sehr ähnlich: Hohe Positioniergenauigkeit, extreme Zuverlässigkeit und preiswerte Realisierung.

Bei vielen Anwendungen spielen die Dynamik und ein fast geräuschloser Betrieb eine wesentliche Rolle. Schrittmotoren können diesen Anforderungen gut gerecht werden, da sie konstruktionsbedingt eine sehr hohe Auflösung haben. Sie benötigen keine Regelung, da sie synchron arbeiten. Selbst auf Referenzschalter kann in vielen Fällen verzichtet werden. Im Gegensatz zu DC-Motoren wird kein Getriebe benötigt, um ausreichendes Drehmoment und Haltemoment im Stillstand zu erreichen. Dies sind inhärente Eigenschaften eines Schrittmotors. Auch im Hinblick auf das neue 42V-Bordnetz sind Schrittmotoren vorteilhaft, da sich kleine DC-Motoren wegen Problemen der elektromechanischen Kommutierung beziehungsweise aufgrund der extrem geringen Drahtstärken der Wicklung nur schlecht für den direkten Betrieb an der neuen Betriebsspannung realisieren lassen.

Andere Eigenschaften des Schrittmotors werden jedoch nur bei geeigneter Ansteue-

Die Verfasser

Bernhard Dwersteg ist Technical Director der TRINAMIC Microchips GmbH, Hamburg.



Lars Larsson arbeitet als Senior ASIC Designer bei der TRINAMIC Microchips GmbH.



Michael Randt ist Gründer und Geschäftsführer der TRINAMIC Microchips GmbH.



rung erreicht: Hohe Dynamik und Geräuscharmheit beispielsweise sind nur bei Mikroschrittbetrieb garantiert. Der oft eingesetzte Vollschrittbetrieb birgt die Gefahr von Resonanzen, die zu störender Geräuschbildung und sogar zu Fehlfunktion (Schrittverlust) führen können. Daher müssen im Vollschrittbetrieb gefahrene Antriebe meist überdimensioniert werden, was zu Nachteilen hinsichtlich Kosten, Energieeinsatz und Bauraum führt.

2 Steuerelektronik für Schrittmotoren

Wird ein Mikrocontroller mit geeigneter Software zur Steuerung eines Schrittmotors eingesetzt, so können dabei verschiedene Probleme auftreten, denn die Steuerung eines Schrittmotors ist eine Echtzeitaufgabe: Die Erzeugung der Steuersignale für einen Schrittmotor muss zeitgenau und unabhängig von der Auslastung des betreffenden Mikrocontrollers erfolgen. Insbesondere darf ein plötzlicher Kommunikationsanstieg oder die Verarbeitung anderer Betriebssystemfunktionen keinen Einfluss auf die Schritterzeugung haben, **Bild 1**.

Können diese Anforderungen von einem Mikrocontroller zusammen mit einem geeigneten Echtzeitbetriebssystem erfüllt werden, so ist – für ein hohes Maß an Dynamik und geringe Reaktionszeit – entweder ein sehr leistungsfähiger Mikrocontroller oder sogar ein Signalprozessor (DSP) erforderlich. Wegen des hohen Bedarfs an Speicher entstehen nicht zu rechtfertigende Kosten. Mikroschrittbetrieb erfordert darüber hinaus noch mehr Verarbeitungskapazität. Eine dedizierte Hardware, die kostenoptimiert unter Verwendung hochintegrierter Logik in Silizium gegessene Intelligenz implementiert, wie im vorliegenden Artikel vorgestellt, kann zudem höhere Systemstabilität als eine vergleichbare Software-Lösung erzielen. Außerdem verringert sich beim Einsatz einer fertigen Hardware als Chip die Entwicklungszeit, da dem Mikrocontroller nur noch einfache Kommunikationsaufgaben zukommen und sämtliche Echtzeitaufgaben von dem Chip übernommen werden.

3 Eigenschaften des TMC428

Der TMC428 ist der neueste Chip der Trinamic Microchips GmbH, der aufgrund seiner geringen Größe, seines niedrigen Preises und der Möglichkeit, bis zu drei 2-Phasen-Schrittmotoren unabhängig voneinander

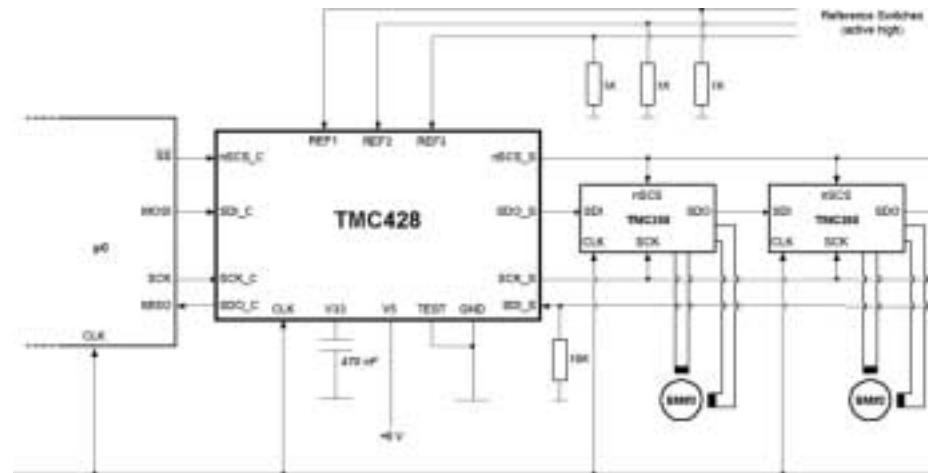


Bild 1: Stromlaufplan einer vollständigen Drei-Achsen-Steuerung

zu steuern, besonders zur Realisierung miniaturisierter, kostenoptimierter Systeme im Automobilbereich interessant ist.

Der TMC428 ermöglicht die Ansteuerung von Schrittmotoren mit unterschiedlichen Schrittauflösungen. Die Auflösung ist individuell für jeden Motor programmierbar. Neben Vollschritt- und Halbschrittbetrieb ist Mikroschrittbetrieb mit bis zu 64 Mikroschritten (6 Bit) pro Vollschritt möglich. Die Mikroschritttabelle des TMC428 ist schrittmortypspezifisch adaptierbar, so dass sehr ruhiger Lauf mit geringen Drehmo-

mentvariationen erreicht werden kann. Programmierbare, automatische Stromskalierung ermöglicht hohe Drehmomente in Beschleunigungs- und Bremsphasen sowie die Stromreduzierung im Stand zur Reduzierung der Leistungsaufnahme und der damit verbundenen Wärmeentwicklung.

Einmal initialisiert, verrichtet der TMC428 alle echtzeitkritischen Aufgaben selbständig. Sowohl die präzise Schritterzeugung durch den integrierten Sequenzer als auch die Berechnung der Fahrtrampen zum punktgenauen Erreichen von Zielpositio-

Summary

TMC428- The highly economical controller chip for up to three stepper motors

Stepper motors have become increasingly popular in the automotive industry, since they do not only operate very precisely, reliably and quietly, but also offer a high maximum- and holding torque. The stepper motor can be manufactured very inexpensively, it needs however, comparatively complex control electronics, whose quality influences its operational properties substantially. In this article a standard microchip is introduced, which enables the optimal control of stepper motors and drastically reduces the costs of electronics, in relation to conventional solutions. Thus, stepper motors have become increasingly interesting also for applications, which were so far reserved for DC-motors due to cost reasons.

nen übernimmt der TMC428 vollständig. So wird es möglich, zusammen mit einem preiswerten Microcontroller, eine vollständige Schrittmotorsteuerung für bis zu drei Achsen sehr kostengünstig zu realisieren, **Bild 2**.

Der TMC428 entlastet den Microcontroller signifikant, so dass dieser frei für anwendungsspezifische Kommunikation mit Schnittstellen sowie für die Verarbeitung anspruchsvoller Koordinierungsaufgaben der Schrittmotoren bleibt. Sowohl die Kommunikation zwischen Mikrocontroller und TMC428 als auch die Kommunikation zwischen TMC428 und bis zu drei kaskadierten Schrittmotortreiberbausteinen (wie etwa TMC288 oder TMC289) erfolgt über eine serielle 4-Draht-Schnittstelle.

Der TMC428 erlaubt die Ansteuerung nahezu aller marktüblichen Schrittmotortreiber. Er kann SPI™ Smart Power Schrittmotortreiber unterschiedlicher Hersteller direkt ansteuern, oder über zusätzliche Komponenten (etwa ein Schieberegister der 74er Serie) herkömmliche parallel ansteuerbare Treiber. Selbst Schrittmotortreiber mit Step-Direction-Eingängen können auf diese Weise am TMC428 betrieben werden. Durch die Schrittmotortreiber TMC288 / TMC289 wird die Realisierung einer miniaturisierten Steuerung für bis zu drei Schrittmotoren besonders einfach und kostengünstig möglich und die Features des TMC428 können vollständig genutzt werden. Diese Trinamic-Treiber werden in Musterstückzahlen ab Q3-2001 zur Verfügung stehen.

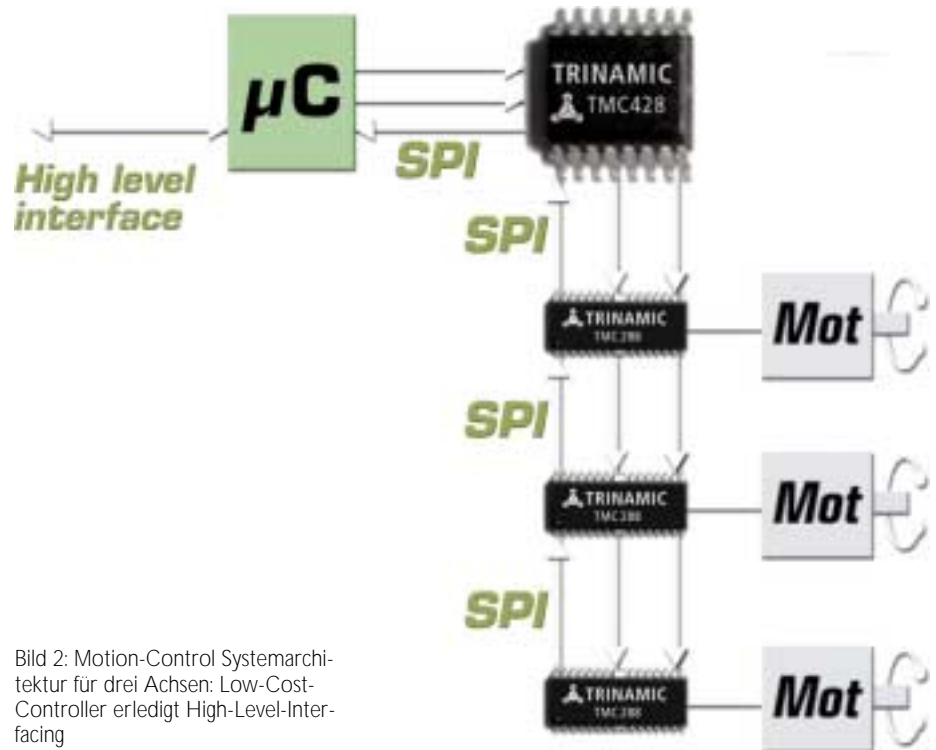


Bild 2: Motion-Control Systemarchitektur für drei Achsen: Low-Cost-Controller erledigt High-Level-Interfacing

4 Funktionale Beschreibung und Blockdiagramm

Das Blockdiagramm ist in **Bild 3** dargestellt. Aus Sicht des Mikrocontrollers stellt sich das Interface des TMC428 als ein Satz von Registern dar, die über die serielle Schnittstelle in einer einheitlichen Weise geschrieben und gelesen werden können. Nach erfolgter Initialisierung sind üblicherweise

nur noch Zielpositionen oder Zielgeschwindigkeiten in die betreffenden, den Schrittmotoren zugeordneten Register zu schreiben. Aktuelle Bewegungsparameter stellt der TMC428 in entsprechenden Registern zum Auslesen durch den Mikrocontroller bereit. Ein interner Multiport-RAM-Controller steuert die Zugriffe auf das On-Chip-Konfigurations-RAM. Daher kann der Mikrocontroller jederzeit auf alle Register des TMC428 zugreifen, ohne dass es zu Zugriffs-

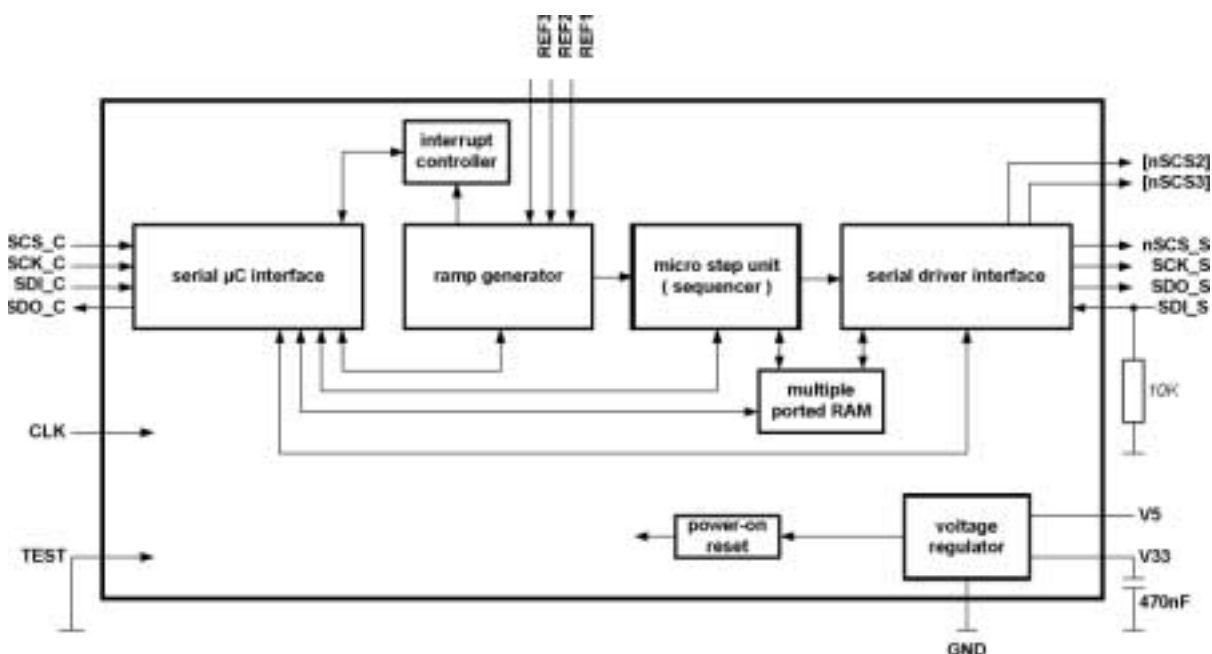


Bild 3: Blockschaltbild des TMC428

konflikten kommt. In den Registern werden globale Konfigurationsdaten und Bewegungsparameter gespeichert. Im On-Chip-RAM wird die Konfiguration der seriellen Schrittmotortreiberschnittstelle sowie die adaptierbare Mikroschritttabelle gespeichert.

Die serielle Schnittstelle des TMC428 zum Mikrocontroller ist sehr einfach zu verwenden. Bei jeder Kommunikation zwischen Mikrocontroller und TMC428 werden 32 Bits übertragen. Die Schnittstelle des TMC428 zu den Schrittmotortreibern arbeitet vollständig autonom.

Der TMC428 verfügt über vier Modi, die individuell für jeden der bis zu drei Schrittmotoren verwendet werden können. Der RAMP-MODE ist für Positionierungsaufgaben mit trapezförmigen Fahrkurven vorgesehen. Während der SOFT-MODE und der RAMP-MODE hinsichtlich der Beschleunigung identisch sind, bremst der SOFT-MODE jedoch mit abnehmender Beschleunigung ab, wodurch ein Interpolationseffekt erreicht wird.

Um eine neue Position – sowohl im RAMP-MODE als auch im SOFT-MODE – anzufahren, genügt es, die neue Zielposition in das dem Motor zugeordnete Register zu schreiben. Der TMC428 fährt dann die neue Zielposition unter Berücksichtigung aller Bewegungsparameter an. Darüber hinaus verfügt er über zwei weitere Modi für Anwendungen, bei denen Schrittmotoren mit vorgegebenen Geschwindigkeiten laufen sollten. Im VELOCITY-MODE wird der betreffende Schrittmotor mit maximaler Beschleunigung auf die vorgegebene Zielgeschwindigkeit beschleunigt oder abgebremst. Er rotiert dann mit konstanter Geschwindigkeit, bis eine neue Zielgeschwindigkeit in das betreffende Register des TMC428 geschrieben wird. Im HOLD-MODE wird umgehend auf die vorgegebene Zielgeschwindigkeit geschaltet, so dass der Mikrocontroller beliebige Geschwindigkeit-



Bild 4: Das TMC428-Evalkit für drei Schrittmotoren kommt mit komfortabler Windows-Testsoftware

profile erzeugen kann. Die aktuellen Bewegungsparameter (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) stellt der TMC428 unabhängig vom Modus jederzeit für den Mikrocontroller zur Verfügung.

Der Rampengenerator überwacht laufend alle Bewegungsparameter, die in den Registern des TMC428 abgelegt sind, und erzeugt Schritimpulse, die vom Mikroschrittssequenzer verarbeitet werden. Die Schritterzeugung erfolgt unter Berücksichtigung der vorgegebenen Bewegungsparameter (maximale Beschleunigung, maximale und minimale Geschwindigkeit) und externer Ereignisse, wie das Auftreten einer Stop- oder Slowdown-Bedingung über die optimalen externen drei oder sechs Referenz-/Stopschalter. Auch die hierfür verantwortlichen Parameter können jederzeit verändert werden. Die serielle Schrittmotortreiberschnittstelle sendet nur dann Daten an die Schrittmotortreiberkette, wenn es erforderlich ist.

Der Interrupt-Controller überwacht permanent Bedingungen, die sich aus den Referenzschaltern und Registerinhalten des Rampengenerators ergeben. Das Interrupt-Bit steht sowohl als Statusbit bei Kommunikation mit dem Mikrocontroller als auch gemultiplext am Datenausgang der Mikrocontrollerschnittstelle direkt zur Verfügung.

5 Zusammenfassung

Mit dem TMC428 steht ein neuartiges und einzigartiges Bauelement zum einfachen und kostengünstigen Aufbau von dynamischen Schrittmotorsteuerungen mit bis zu drei Achsen zur Verfügung, **Bild 4**. Eine Hauptanwendung im automotive Bereich besteht in der Steuerung motorisierter Scheinwerfersysteme, aber auch im Komfortbereich, und bei den Motoren gibt es eine Reihe von Anwendungen, für die der TMC428 prädestiniert ist.