

# Elektronik AUTOMOTIVE

Magazin für Entwicklungen in der Kfz-Elektronik und Telematik

SONDERDRUCK

Seit Jahren wächst der Elektronikanteil im Automobil durch die steigende Nachfrage nach mehr Mobilität, Sicherheit, Komfort und Fahrspaß. Für viele der damit verbundenen Funktionen ist eine große Anzahl präziser und zuverlässiger Antriebe erforderlich. Schrittmotoren erfreuen sich in diesem Sektor zunehmender Beliebtheit, da sie den Anforderungen der Industrie, wie hohe Positioniergenauigkeit und Zuverlässigkeit sowie preiswerte Realisierbarkeit, gut gerecht werden können.

Beispielanwendungen finden sich in der Motorsteuerung, bei HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) und Komfortfunktionen wie Sitzverstellungen und Spiegeleinstellungen. Auch bei Sicherheitsfunktionen, wie den Frontscheinwerfersystemen, inklusive der Leuchtweitenregulierung, dem intelligenten Seitenlicht und einem anpassungsfähigen Lichtprofil, werden heutzutage Schrittmotoren eingesetzt.

Gegenüber kleinen Gleichstrommotoren haben Schrittmotoren den Vorteil, dass sie kein Getriebe benötigen, um ein ausreichendes Halte- und Drehmoment zu erzielen. Auch im kommenden 42-V-Bordnetz sind Schrittmotoren ihren Gegenstücken, den DC-Motoren, überlegen. Obwohl sich kleine Gleichstrommotoren bei niedrigen Spannungen ohne Ansteuerlektronik betreiben lassen, benötigen sie für den Betrieb am 42-V-Netz Pulsweitenmodulation (PWM) – eine Technik, die bei Schrittmotoren schon lange eingesetzt wird.

Andere Eigenschaften des Schrittmotors werden jedoch nur bei geeigneter Ansteuerung erreicht: Nur im Mikroschrittbetrieb können der häufig geforderte geräuscharme Lauf und eine hohe Dynamik garantiert werden. Im Gegensatz zum Vollschrittbetrieb ist der Mikroschrittbetrieb gegenüber Schrittverlusten unempfindlicher, da es

## Motorsteuerung mit Köpfchen

Controller- und Treiberbausteine als kostengünstige Lösung für die Automobilelektronik



**Der Wunsch nach Umweltfreundlichkeit, Sicherheit und Komfort führt zu immer mehr elektronischen Antrieben im Automobil. Dabei bieten sich häufig Schrittmotoren als Lösung an. Die Trinamic Microchips GmbH hat nun Bausteine zur optimierten Ansteuerung entwickelt, die durch hohe Integration und niedriges Preisniveau einen Funktionsumfang erreichen, der zuvor industriellen Anwendungen vorbehalten war.**

*Von Bernhard Dwersteg, Dr. Lars Larsson und Andrea Hamel*

keine Resonanzerscheinungen gibt. Dies führt bei im Vollschritt arbeitenden Antrieben zu höheren Kosten, stellt höhere Ansprüche an den Bauraum und verbraucht mehr Energie. Schritt-

motoren benötigen wegen ihres synchronen Betriebes keine Regelung und auch keine Referenzschalter, wenn ein mechanischer Anschlag als Referenzpunkt angefahren wird.

## ► Ansteuerung von Schrittmotoren

Hinsichtlich der Ansteuerung von Schrittmotoren gibt es verschiedene Optionen: Zum einen lässt sich ein Mikrocontroller mit geeigneter Software einsetzen. Die Steuerung eines Schrittmotors ist jedoch eine Echtzeit-Aufgabe, die eine zeitgenaue Erzeugung der Steuersignale unabhängig von der Auslastung des Mikrocontrollers verlangt. Insbesondere darf die Verarbeitung anderer Betriebsfunktionen oder ein plötzlicher Anstieg des Kommunikationsaufkommens keinen Einfluss auf die Schritterzeugung haben, da sonst Schrittverluste drohen. Für einen Betrieb im Mikroschrittverfahren ist darüber hinaus noch mehr Verarbeitungskapazität erforderlich. Der Einsatz eines Mikrocontrollers für Fahrrampen- und Schritterzeugung birgt jedoch den Nachteil, dass für ein hohes Maß an Dynamik

da ihm nur noch einfache Kommunikationsaufgaben zukommen, und damit steht er auch für weitere Überwachungs- und Steueraufgaben zur Verfügung.

## ► Der dreifache Schrittmotor-Controller TMC428

Für die Realisierung miniaturisierter, kostenoptimierter Systeme eignet sich der neue Dreifach-Schrittmotor-Controller TMC428 von Trinamic. Aufgrund seiner geringen Größe, seines niedrigen Preises und der Möglichkeit, bis zu drei Zweiphasenmotoren unabhängig voneinander zu steuern, ist der TMC428 für den Automobilbereich besonders interessant.

Er erlaubt die Ansteuerung nahezu aller handelsüblichen Schrittmotortreiber. Er kann SPI-basierende Smart-Power-Schrittmotortreiber unterschiedlicher Hersteller direkt oder über zu-

Der TMC428 ermöglicht es, für jeden der drei Motoren individuell Mikroschrittauflösungen bis zu 6 bit auszuwählen. Intern arbeitet der Baustein mit einer 24 bit breiten Positionsauflösung. Die Schrittfrequenz beträgt bis zu 20 kHz. Die Mikroschritt-Tabelle des TMC428 lässt sich für unterschiedliche Schrittmortypen anpassen, so dass ein sehr ruhiger Lauf mit minimalen Drehmomentvariationen erreicht wird.

Einmal initialisiert, wickelt der Controller alle echtzeitkritischen Aufgaben autonom ab und erlaubt das Rücklesen von Statusinformationen und aller internen Register, was die Programmierung vereinfacht. Ein günstiger Mikrocontroller reicht deshalb für die Initialisierung, die anwendungsspezifische Kommunikation und die Bestimmung von Ziel und Geschwindigkeitsparametern aus. Der TMC428 übernimmt sowohl die Berechnung der Fahrrampen

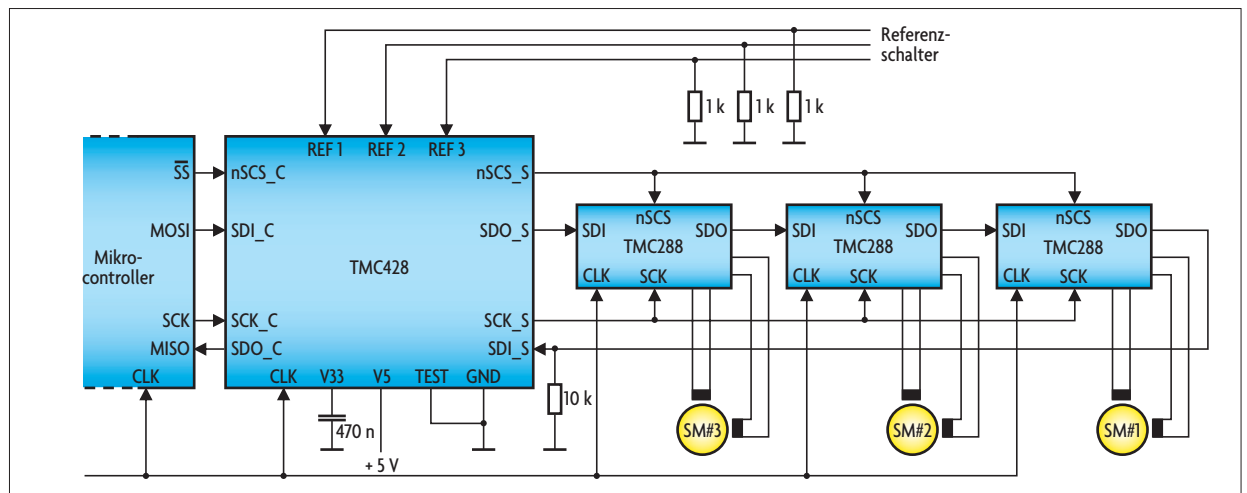


Bild 1. Stromlaufplan eines Schrittmotorsystems mit drei Achsen mit Steuerbaustein TMC428 und den Treiberbausteinen TMC288.

zusammen mit einer geringen Reaktionszeit ein sehr leistungsfähiger und teurer Mikrocontroller oder DSP benötigt wird.

Mit einer speziell auf die Anwendung zugeschnittenen Hardware, die kostenoptimiert, mit hochintegrierter Logik die benötigte Funktion in Silizium abbildet, lässt sich eine höhere Systemstabilität als mit einer Software-Lösung erreichen.

Sämtliche Echtzeit-Aufgaben werden dann von dem Chip übernommen, wodurch sich die Entwicklungszeit deutlich verringern lässt. Der Host-Mikrocontroller wird erheblich entlastet,

sätzliche Komponenten (z.B. Schieberegister der 74-er Serie) auch herkömmliche Treiber ansteuern. Auch die Ansteuerung über „Step-/Direction“-Eingänge ist mit dem TMC428 möglich.

Zusammen mit drei Treiberbausteinen der Typen TMC288 oder TMC289 bildet der TMC428 ein Gesamtsystem zur Bewegungssteuerung für bis zu drei Achsen (Bild 1). Die Kommunikation mit den kaskadierten Schrittmotortreibern erfolgt über eine serielle Vierdraht-Schnittstelle. Die Treiber sind voraussichtlich ab Q4/2001 in Musterstückzahlen erhältlich.

zum punktgenauen Erreichen der Zielposition als auch die präzise Schritterzeugung durch den integrierten Schrittsequenzer (Bild 2). „On-the-fly“-Änderungen aller Parameter wie auch der Zielpositionen sind jederzeit möglich.

Der in einem 16-poligen SSOP-Gehäuse untergebrachte TMC428 arbeitet mit einer Versorgungsspannung von 3,3 V oder 5 V und bietet CMOS/TTL-kompatible I/O-Pegel. Der Baustein ist auch in einem DIL- oder SO24-Gehäuse verfügbar. Sein Standby-Modus senkt die Stromaufnahme auf unter 100  $\mu$ A. Der Host-Mikrocontroller schaltet den TMC428 bei Bedarf

wieder in den normalen Betriebsmodus, ohne dass Einstellungen verloren gehen.

**Vier verschiedene Bewegungs-Modi**

Der TMC428 (Bild 3) verfügt über vier verschiedene Bewegungs-Modi, die jeden der bis zu drei Schrittmotoren individuell steuern können. Im „Ramp-Mode“ berechnet der TMC428 für die vom Anwender vorgegebene Sollposition ein trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil und fährt autonom bis zu der vorgegebenen Position. Die Endposition lässt sich auch während einer Rampenfahrt ändern.

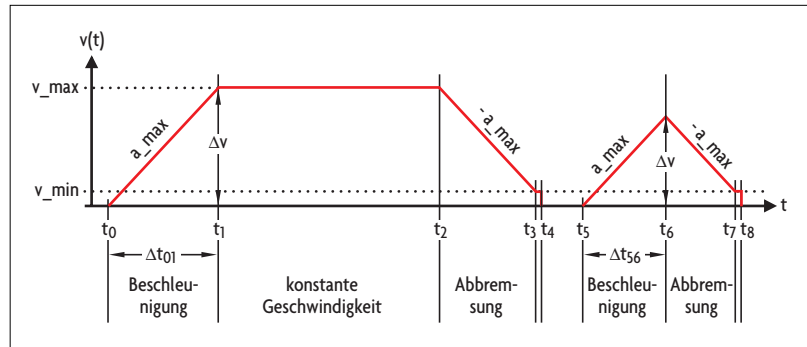
Der „SoftMode“ ähnelt dem „Ramp-Mode“. Die Geschwindigkeitsabnahme während des Abbremsens wird durch ein sanft exponentiell abfallendes Geschwindigkeitsprofil bestimmt. Im „VelocityMode“ bestimmt der Anwender die Zielgeschwindigkeit direkt. Der TMC428 setzt dann die vorgegebenen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbegrenzungen um, und der Schrittmotor rotiert daraufhin mit konstanter Geschwindigkeit, bis eine neue Zielgeschwindigkeit in das betreffende Register geschrieben wird. Dabei werden Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und beschleunigungsabhängige Stromparameter berücksichtigt. Die direkte Bestimmung der Zielgeschwindigkeit ist im „HoldMode“ möglich. Der TMC428 ignoriert jegliche Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbegrenzungen, um die vom Anwender gewünschten Geschwindigkeitsprofile zu realisieren. Der TMC428 stellt

während des Betriebs dem Mikrocontroller jederzeit die aktuellen Bewegungsparameter (Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung) zur Verfügung.

Der Interrupt-Controller lässt sich auf unterschiedliche Bedingungen wie Betätigung der Referenzschalter und Rampengeneratorzustand programmieren. Um Pins zu sparen, wird das Interrupt-Status-Signal auf dem seriellen Datenausgang

SDO\_C gemultiplext. Der Mikrocontroller maskiert also das Interrupt-Bit während eines Zugriffs auf den TMC428. Mit jedem Abruf eines Datagramms vom TMC428 erhält der Mikrocontroller ebenfalls den Interrupt-

vermeidet auch bei mittleren Fahrfrequenzen Resonanzen. Interne D/A-Wandler unterstützen eine Spulenstromauflösung von 6 bit und erlauben so zusammen mit dem TMC428 eine Auflösung von 64 Mikroschritten und



**Bild 2. Beispiele für die Signalverläufe bei der Ansteuerung der Treiberbausteine.**

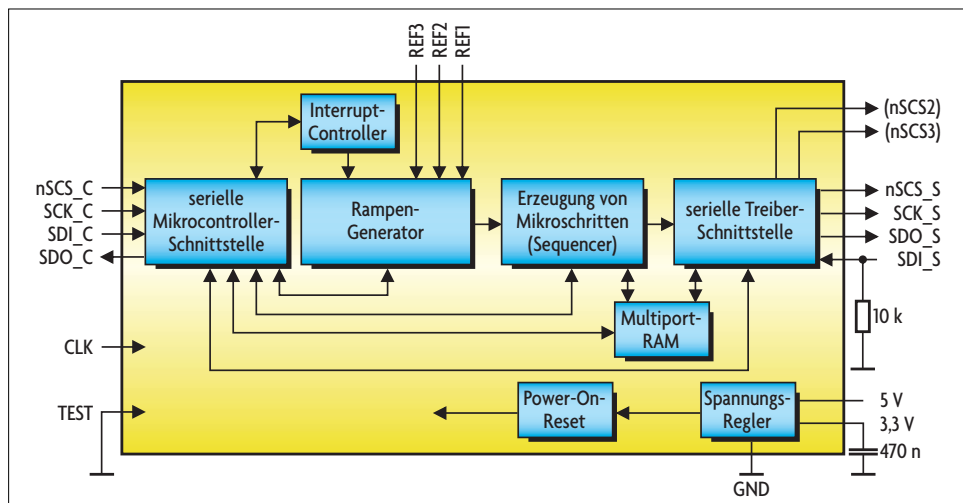
Signal-Status.

Der Rampengenerator überwacht die Bewegungsparameter, die in seinen Registern gespeichert sind, und generiert Schrittpulse entsprechend der Konfiguration. Das serielle Treiber-Interface sendet auf Anfrage automatisch Datagramme zur Schrittmotortreiberkette [1].

**Die Schrittmotortreiber TMC288/289**

Der TMC288 ist ein Schrittmotortreiber mit einer seriellen Peripherie-Schnittstelle (SPI), der in einem 60/100-V-BCDMOS-Prozess realisiert wurde. Er arbeitet besonders im Mikroschrittbereich durch seine zweiseitige Spulenstromreglung sehr sauber und

zugleich eine automatische Stromsteuerung. Mit seinen internen Leistungstransistoren kann er Schrittmotoren mit einem Spulenstrom von bis zu 850 mA treiben, während interne Schutzmechanismen den Baustein effektiv gegen Kurzschlüsse, Überlast und Übertemperatur schützen. Diese Statusinformationen sowie eine unterbrochene Motorleitung werden dem Controller signalisiert. Neben der Ansteuerung über den SPI-Bus ist auch die „herkömmliche“ Ansteuerung über analoge und digitale Signale möglich. In diesem Modus lässt sich der maximale Spulenstrom erhöhen, indem zwei TMC288-Bausteine pro Schrittmotor verwendet werden. Der Baustein kann alternativ auch zwei Gleichstrommotoren treiben. Muster des



**Bild 3. Der Dreifach-Schrittmotor-Controller TMC428 verfügt über eine eigene Erzeugung von Rampensignalen und Mikroschritten.**

TMC288 werden Anfang 2002 verfügbar sein. Höhere Spulenströme erlaubt der TMC289, der kompatibel zum TMC288 ist, jedoch über externe Power-MOS-Transistoren ergänzt werden kann, um Spulenströme bis zu 10 A und Motorspannungen bis zu 60 V direkt zu unterstützen. Höhere Motorspannungen und Ströme sind über externe Gate-Treiber ebenfalls möglich. Dieser Baustein wird voraussichtlich ab Q3/2002 in Musterstückzahlen verfügbar sein.

### ► Ansteuerung von DC- und BLDC-Motoren mit dem TMC658

Selbst bei Komfortfunktionen kommt es auf eine hohe Zuverlässigkeit an. Wenn diese Funktionen ausfallen, sind die Reparaturen oft aufwendig, da die Motoren sich häufig an nur schwer zugänglichen Orten befinden. Mit dem TMC658 wird es erstmals möglich, hier einen bürstenlosen Gleichstrom-

motor (BLDC) einzusetzen, ohne dass die Elektronik teurer oder aufwendiger wird.

Dieser Baustein ist speziell für die Ansteuerung von DC- und Drei-Phasen-BLDC-Motoren entwickelt worden. Er integriert einen Controller und einen Treiber für Leistungstransistoren. Der TMC658 erlaubt es ebenfalls, einen DC-Motor zusammen mit einem Drehgeber wie einen Schrittmotor anzusteuern. Er lässt sich zusammen mit einer günstigen CPU für komplexe Funktionen und „High-level Interface“-Protokollen oder auch allein über den LIN-Bus betreiben. Der Motorstrom darf bis zu 20 A betragen. Der TMC658 wird voraussichtlich ab Q4/2002 in Musterstückzahlen verfügbar sein. *gs*

#### Literatur

- [1] Datenblatt des Dreifach-Schrittmotor-Controllers TMC428. [www.trinamic.com](http://www.trinamic.com)  
 [2] Datenblätter der Schrittmortortreiber TMC288/TMC289. [www.trinamic.com](http://www.trinamic.com)



**TRINAMIC Microchips GmbH**  
 Deelbögenkamp 4c  
 22297 Hamburg  
 Germany

Tel.: +49 40 51 48 06 - 67  
 Fax: +49 40 51 48 06 - 60  
 E-Mail: [hamel@trinamic.com](mailto:hamel@trinamic.com)  
<http://www.trinamic.com>



#### Mphys. Andrea Hamel

ist gebürtige Bremerin. Nach Abschluss ihres Physikstudiums in England (Master of Applied Physics) ist sie nun als PR-Managerin bei der Trinamic Microchips GmbH tätig. Sie ist zuständig für die Verfassung und Überarbeitung von Fachartikeln/Meldungen über Produktneuheiten und den Web-Auftritt der Firma.

► E-Mail:  
[Hamel@trinamic.com](mailto:Hamel@trinamic.com)



#### Dr. rer.-nat. Lars Larsson,

arbeitete nach dem Abschluss seines Physikstudiums 1992 in Hamburg zunächst beim Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY als Physiker. Promoviert hat er am Fachbereich Informatik der Universität Hamburg. Dort war er ab 1993 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Technischen Informatik tätig, wo er sich mit neuronalen Netzen und Signalverarbeitung beschäftigt hat, bis er 2000 in die Trinamic Microchips GmbH als Senior ASIC-Designer eintrat.

► E-Mail: [larsson@trinamic.com](mailto:larsson@trinamic.com)



#### Dipl.-Inform. Herr Bernhard Dwersteg

wurde in Backnang bei Stuttgart geboren. Nach seinem Informatikstudium in Hamburg begann er 1996 seine berufliche Laufbahn als Chipentwickler und Systemdesigner in einem Hamburger Ingenieurbüro und begründete 1998 mit Kollegen die Trinamic Microchips GmbH. Heute ist er als technischer Leiter für die Entwicklung von Mikrochips und Systemprodukten zuständig.

► E-Mail:  
[dwersteg@trinamic.com](mailto:dwersteg@trinamic.com)