

Wie Lösungen zur Stromversorgung die Robotik verändern

MOSFETs, IGBTs, Inverter, Motion-Chips und andere Komponenten in Silizium und SiC schaffen Alternativen zur klassischen Kabelführung und Stromversorgung; elektrische Antriebe rücken in die Aktoren vor.

CLEMENS MÜLLER *



Bilder: Infineon

für die Verfügbarkeit der installierten Anlagen und Systeme weiter zu erhöhen und vor allem wegen steigender Strompreise und CO₂-Abgaben die Energie möglichst effizient zu nutzen. Ihre Forderung an die Automatisierungslösungen lautet: individuelle Teilsysteme wie Roboter, Antriebe, Ladesysteme für mobile autonome Roboter sowie die Stromverteilung und Stromlieferung sollen ausfallsicher ständig verfügbar sein und zur Verbesserung der Energiebilanz beitragen.

Industrie 4.0 allein verbessert die Energieeffizienz nicht

Applikationsspezifische Antriebslösungen auf Siliziumbasis sorgen für immer höhere Effizienz (selbst wenn diese nur aus Silizium-Technologien bestehen). Daraus resultiert eine deutliche Reduzierung der Wärmeverluste. In Verbindung mit den ständig kleiner werdenden Gehäusen können System-Designer in ihren Produktentwürfen vollständig neue Wege gehen.

Beim Steuerungssystem eines typischen Industrieroboters zum Beispiel befindet sich die Stromversorgung und Steuerungsverkablung innerhalb oder außerhalb des Roboterarms. Die Aktoren im Roboterarm werden dabei einzeln mit mehrphasigen dicken Stromkabel versorgt, die innen oder außen um das Chassis des Roboters geführt werden. Das am Roboter befestigte Werkzeug (Endeffektor) benötigt in der Regel, als eigenständiges System, ein zusätzliches Kabelbündel, das an ein separates Stromversorgungs- und Steuerungssystem extern zum Roboterarm angeschlossen ist. Die Strom- und Signalkabel von Roboter und Werkzeug sind aber die Komponenten eines Robotersystems mit der höchsten Ausfallwahrscheinlichkeit. Dies trifft für extern geführte Kabel besonders zu.

Moderne Leistungshalbleiter ermöglichen eine Alternative zur klassischen Kabelführung. Denn mit ihnen lassen sich Antriebe jetzt direkt in die Aktoren integrieren. Auf diese Weise könnte dann ein einziges Kabel-

Bild 1: Die Steuerungseinheit für die Bewegung ist mit jedem Aktor separat verkabelt; Endeffektoren benötigen ein eigenes Kabelbündel.

Die Welt der Fertigung ist im Wandel. Sie wird immer stärker geprägt von den unterschiedlichen Industrie-4.0-Initiativen, unter denen eng vernetzte Robotik-Lösungen besonders hervorzuheben sind. Eng vernetzt bedeutet in diesem Zusammenhang nicht nur, dass diese mit dem Internet und Internet-of-Things (IoT) verbunden sind. Bedeutend ist für den Wandel vor allem die flexible Vernetzung von bisher sequentiellen bandgestützten Produktionsabläufen durch mobile Roboter, den sogenannten AGVs (autonomously guided vehicles), sowie die di-

rekte Zusammenarbeit von Menschen mit Robotern mittels flexibel einsetzbarer, kollaborativer Robotersysteme.

Die Einführung von AGVs ersetzt die statische Bearbeitung von Gütern in Fließbandsystemen durch eine flexible Vernetzung autonomer Produktionsinseln mit Robotern. Diese werden in zunehmendem Maße batteriebetrieben und damit energieautonom. AGVs befördern Halbfabrikate gezielt zu hochspezialisierten Produktionsinseln, innerhalb derer stationäre Roboter die gewünschten Fertigungsschritte durchführen. Nach Abschluss des jeweiligen Fertigungsschritts werden diese (Halb-)Fabrikate durch AGVs entweder zur nächsten Produktionsinsel oder zur Zwischenlagerung gebracht.

Neben dieser Flexibilisierung der Fertigung sind Industrieunternehmen bestrebt, die Ver-



* Clemens Müller
... ist Director Business Development
Robotics, Infineon Technologies,
München.

bündel für die Stromverteilung verwendet werden. Wird die Integration noch weiter vorangetrieben, dann lässt sich diese Stromversorgung auch für die Kommunikation nutzen – mit Trägerfrequenztechnologien (Power-Line Communication). Damit ließe sich ein zusätzliches Kabel eliminieren, also eine weitere potenzielle Fehlerquelle.

Mit nur einem optimierten Kabelbündel ließen sich dann alle möglichen am Roboterarm angebrachten Endeffektoren mit Energie versorgen und steuern. Ein so aufgebautes System kann mit Blick auf später wechselnde Aufgaben deutlich flexibler gestaltet werden. Eine skalierbare Infrastruktur speziell im Bereich der verbauten Manipulatoren gewährleistet dabei künftige Erweiterungen.

Ein derartig hohes Integrationsniveau stellt mit den kompakten und effizienten MOSFET- und IGBT-Leistungsschaltern heute kein Problem mehr da. Die MOSFETs der PROFET-, OptiMOS-, CoolMOS- und CoolSiC-Produktfamilien und Trenchstop-IGBTs von Infineon decken beispielsweise einen Spannungs- und Leistungsbereich von <12 bis 1200 V bzw. <400 bis 20.000 W ab. Hinzu kommen diverse in einem Gehäuse vorintegrierte Inverter-Schaltungen der Produktfamilien CIPOS, EasyPIM und CoolSiC Easy1B, die das oben genannte Spannungs-/Leistungsspektrum ebenfalls abdecken. Alle erwähnten Leistungskomponenten zeichnen sich durch geringe Einschaltwiderstände, kompakte Bauweise und damit bestmögliche Leistungsdichte aus. Diese Eigenschaften ermöglichen eine zunehmende Integration der Antriebselektronik direkt am Motor.

Integrierte Gate-Treiber vereinfachen das Schalt-Design

Kompakte Gate-Treiber für die Motor-Umrichter tragen auch dazu bei, die Gesamtkosten für das System gering zu halten. Die EiceDRIVER der 2EDL-Produktfamilie ergänzen diskrete MOSFETs sowie IGBTs in Halbbrücken-Konfigurationen. Diese auf SOI-Technologie (Silicon-on-Insulator) basierenden Bauteile sind resistent gegen Spannungssprünge. Da sie über keine parasitären Thyristor-Strukturen verfügen, sind sie zudem gegen temperatur- und spannungsbedingte Kurzschlüsse geschützt.

Die Treiber bieten darüber hinaus eine Reihe innovativer Funktionen, die sonst mehrere diskrete Halbleiter wie Sensoren, Operationsverstärker und AD-Wandler sowie komplexe Mikrocontroller-Programmierungsalgorithmen bzw. -features benötigen würden. So werden beispielsweise ungewollte, durch elektromagnetische Störungen hervorgerufene, kurze Impulse an den Eingängen durch integrierte Filter unterdrückt. Zusätzliche Filter im Überwachungskreis der Versorgung sorgen dafür, dass kurzzeitige Spitzen an der high-side oder low-side nicht zu einer Abschaltung wegen Unterspannung führen.

Für die Benutzung mit IGBTs wird eine asymmetrische Unterspannungsabschaltung implementiert. Totzeit wird ebenfalls automatisch gehandhabt. Eine Sperrfunktion verhindert die gleichzeitige Aktivierung zweier Ausgänge bzw. erkennt potenzielle Kurzschlüsse über eine integrierte Schutzfunktion, bevor es zu Beschädigungen der Leistungshalbleiter

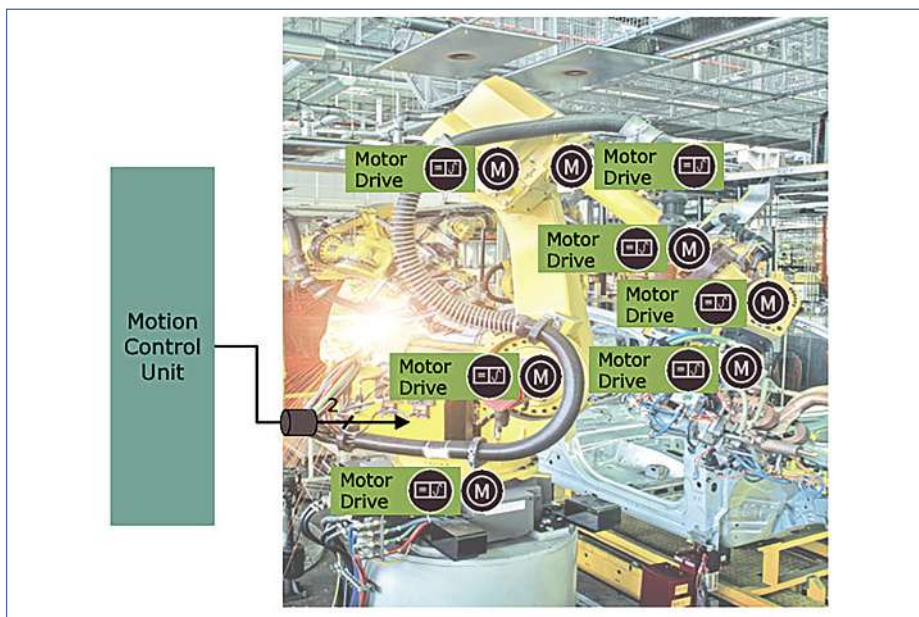


Bild 2: Mit direkt in die Aktoren integrierter Antriebselektronik werden vereinfachte und zuverlässigere Kabelbündel möglich.

oder gar des nachgelagerten Antriebs kommen kann.

Infrastruktur-Investitionen gewinnen bei Industrie 4.0

In der Vergangenheit haben Fließbandsysteme in der industriellen Fertigung enorme Vorteile gebracht. Massengüter konnten damit schnell und kostengünstig produziert werden. Heute werden von den Herstellern aber aufgrund der starken Wettbewerbssituation zunehmend Produktpassung und Produktdifferenzierung gefordert. Mit einem starren Produktionsprozess kann das nicht mehr gewährleistet werden, die Produktion muss deshalb flexibler werden.

Eine Lösung für flexible Produktionsprozesse sind etwa die genannten fahrerlosen Transportfahrzeuge oder mobile Roboter. Sie werden dazu benutzt, Halbfabrikate zu Robotik-Stationen zu befördern, an denen einzelne Fertigungsschritte vorgenommen werden. Für die Bewegungsfähigkeit benötigen die AGVs zunehmend eigene Energiequellen, also Batterien, die aufgeladen werden müssen. Bei geringer Aktivität bzw. bei niedrigem Akkustand schließen sie sich selbstständig an eine Ladestation an, bis sie ihre Tätigkeit wieder aufnehmen können. Das Laden kann kontaktbasiert mittels galvanischer Kopplung oder kontaktlos mittels induktiver Energieübertragung geschehen.

In größeren Fabriken, die beim Hochfahren der Produktionslinie einen hohen Strombedarf zu bewältigen haben oder für kritischen Produktionsbedingungen, bei der Stromausfälle abgefedert werden müssen, ist eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (Uninterruptable Power Supplies, UPS) zwingend notwendig. Hier liegt es nahe, die in den Batterien der AGVs gespeicherte Energie ebenfalls aktiv zu nutzen. In der Fabrik der Zukunft

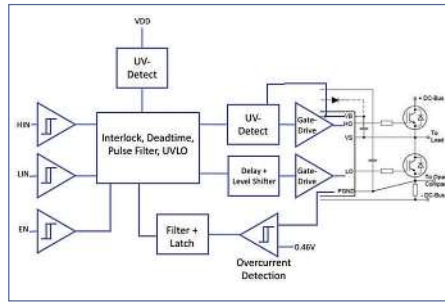


Bild 3: Vereinfachtes Blockdiagramm eines hochintegrierten Gate-Treiber-ICs, wie etwa aus der 2EDL-Produktfamilie.

sind sie deshalb eine sinnvolle Ergänzung von UPS-Systemen und können zumindest teilweise zur unterbrechungsfreien Stromversorgung beitragen und damit eine Reduktion des teuren, im Normalfall kaum genutzten UPS-Batteriebestands ermöglichen.

Industrie 4.0 und internetbasierte Systeme sind somit der Schlüssel zur Reduzierung von Infrastruktur-Investitionen, da eine intelligente Ladeinfrastruktur für AGVs zu kleiner dimensionierten UPS-Systemen führen kann.

SiC-basierte Schottky-Dioden erhöhen die Effizienz messbar

Für diese Lösung müssen AGVs aber nicht nur selber über Wechselstrom aufgeladen werden können. Sie müssen darüber hinaus in der Lage sein, Wechselstrom zu generieren und wieder in das Stromnetz einzuspeisen. Ermöglicht wird das über einen bidirektionalen DC/DC-Wandler mit Nullspannungsschalter (Zero-Voltage Switching, ZVS) und Vollbrücke für Phasenverschiebung (Phase Shift Full Bridge, PSFB). Gekoppelt wird das an eine Blindstromkompensation (Power Factor Correction, PFC) mit kontinuierlichem Stromfluss (Continuous-Conduction Mode, CCM) in To-

tem Pole-Konfiguration. Für eine möglichst hohe Effizienz sollten die Schaltvorgänge geringe Verlustleistungen aufweisen.

Im Vergleich zu klassischen Silizium-Lösungen bietet Siliziumkarbid (SiC) eine deutlich höhere Effizienz und eignet sich deshalb ideal für die skizzierten UPS-Systeme. SiC ist darüber hinaus auch prädestiniert für Hochspannungs-, Hochleistungs- und Hochtemperatur-Anwendungen, da das Material bemerkenswerte elektronische Eigenschaften besitzt. So weist es u.a. eine breitere Bandlücke auf als Silizium-basierte Halbleiter sowie eine höhere kritische Feldstärke und eine größere Wärmeleitfähigkeit.

SiC-Bauteile bieten eine extrem kurze Einschaltzeit, was ideal für die hohen Umschaltgeschwindigkeiten in PFC-Kreisläufen ist. In typischen Topologien können dynamische Verluste so deutlich reduziert werden. Die Schottky-Dioden der CoolSiC-Produktfamilie sind ein gutes Beispiel für solche Anwendungen. Da sie ohne Umkehr-Erholungsladung funktionieren, weisen sie sehr geringe Abschaltverluste auf. Wenn sie mit MOSFET- oder IGBT-Schaltern gekoppelt sind, liefern sie zudem noch reduzierte Einschaltverluste. Darüber hinaus verringern sich aufgrund der höheren Effizienz die Wärmeverluste. Designer können daher die Leistungsdichte erhöhen und kleinere Leistungsstufen mit geringerem Kühlungsbedarf entwickeln.

In der industriellen Fertigung wird die vielfach beschriebene Welt von Industrie 4.0 nun endlich etwas greifbarer. Netzbetriebene Roboter und das Feedback von Sensoren verknüpft mit Daten von autonomen Fertigungsinseln lassen sich von einem zentralen System aus überwachen und koordinieren. In solchen Netzwerken können sogar individuelle Systemkomponenten miteinander kommunizieren und autonome Entscheidungen treffen. Die Optimierung der Stromlieferung und Stromverteilung sowie Energieersparnisse werden jedoch nicht allein durch verbesserte Vernetzung erreicht.

Neue Roboter-Architekturen mit energieeffizienten Silizium-Bausteinen sparen Energie und erhöhen die Zuverlässigkeit durch Verringerung von Komplexität und Gewicht der Kabelbündel. Auch der Notstrom der UPS-Systeme im Werk lässt sich neu dimensionieren. Nämlich dann, wenn sich der Batterie-strom der AGVs in einem Mischsystem zur Stromlieferung umsetzen lässt. Und letztlich wird mit effizienteren Silizium- und Siliziumkarbid-Lösungen die Größe und das Gewicht der Transportroboter sowie die Ladezeit der AGVs reduziert. // KU

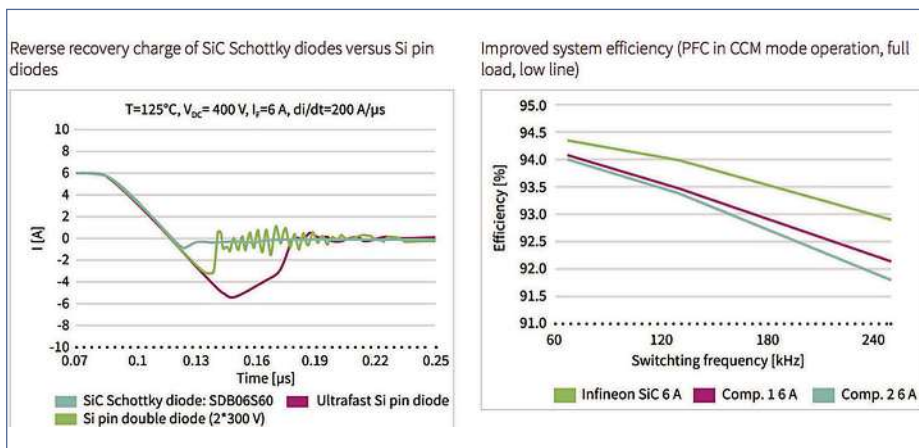


Bild 4: Im Vergleich zu konventionellen Silizium-Bausteinen weisen SiC-Schottky-Dioden eine signifikant bessere Umkehr-Erholungsladung auf. Das sorgt in PFC-Anwendungen für deutlich höhere Systemeffizienz.

Infineon