

elektro AUTOMATION INDUSTRIE

wirautomatisierer.de anzeiger industrieanzeiger.de

SPECIAL ROBOTIK S1/2012

**Verteilte Safety-
Funktionen bei
Montagerobotern**

PRAXIS Seite 10

**Gleichstrommotoren
bewegen ein Roboter-
Exoskelett**

PRAXIS Seite 26

**Branchentreff
für Automation
und Mechatronik**



MESSEINFOS Seite 4

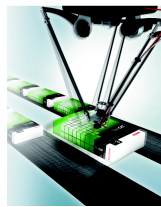
**Robotik und
Automation**

NEWS Seite 7

Automatisierungssuite integriert Roboterkinematiken

TITELSTORY Seite 14

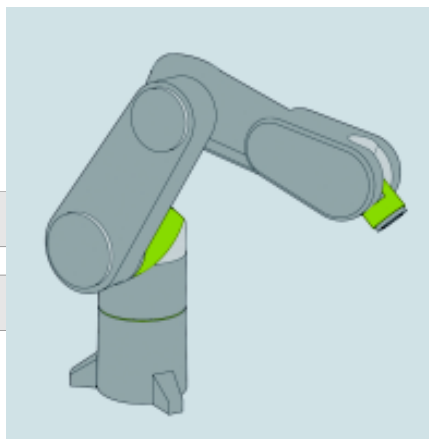




Kinematische Transformation in Standard-Automatisierungssuite

Roboter einfach integrieren

In vielen Industriebereichen werden Roboter aufgrund ihrer großen Flexibilität immer häufiger eingesetzt – zumal oft gar nicht die bekannten Knickarmroboter notwendig sind, sondern einfache und kostengünstige Stab-Kinematiken wie Deltaroboter ausreichen. Bisher waren diese Roboter mit einer eigenen, meist PC-basierten, Steuerung ausgestattet. Dank „Scientific Automation“ hat Beckhoff nun den Anwendungsbereich der klassischen, PC-basierten Automatisierungstechnik um neue Komponenten, wie die Robotik, erweitert. So steht mit der Software „Twincat Kinematic Transformation“ eine Lösung zur Verfügung, die die Steuerung von Robotern in eine Standard-Automatisierungssuite integriert.



Beispiele für serielle Kinematiken: Scara- (links) und Knickarmroboter

Der Einsatz von Robotern erforderte bisher immer eine spezielle CPU. Oft musste die Robotersteuerung durch eine nicht echtzeitfähige serielle Verbindung oder per Ethernet mit der eigentlichen Maschinensteuerung verbunden werden. Die unterschiedlichen Steuerungen mit dazwischen geschaltetem Interface ließen jedoch keine harte Synchronisation zwischen Roboter und Motion Control zu. Die Programmierung des Roboters erforderte ein spezielles Softwarepaket und eine spezielle, meist herstellerspezifische Programmiersprache. Werden also in verschiedenen Maschinenlinien unterschiedliche Robotertypen eingesetzt, so erfordert das häufig den Einsatz unterschiedlicher Roboterprogrammiersprachen.

Der Ausweg ist die Realisierung des Roboters in Software direkt in der vorhandenen Maschinensteuerung. Damit entfallen die Kosten für Robotersteuerung, Verkabelung so-

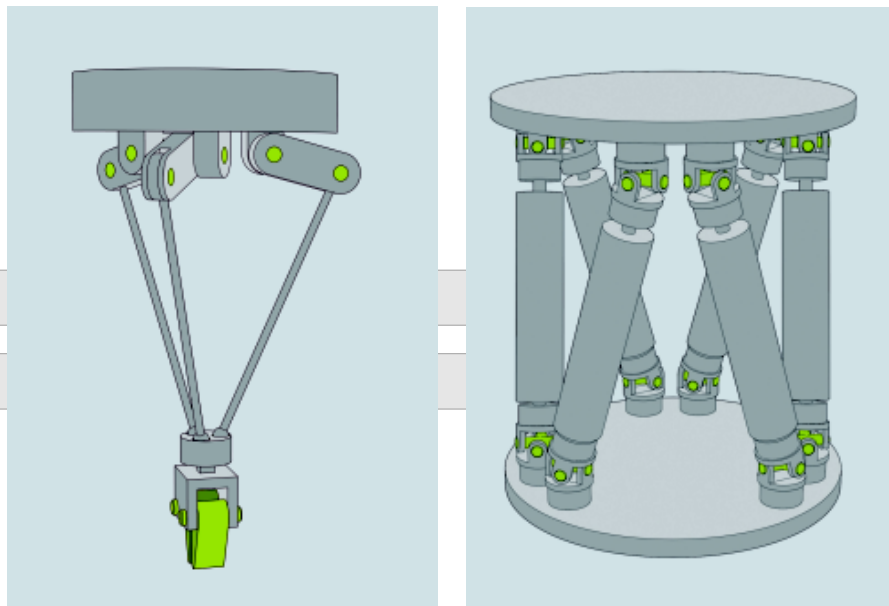
wie die Konfiguration der Schnittstelle zwischen Roboter und Maschine und insbesondere auch die Aufwendungen für die individuelle Programmierung des Roboters. Durch die Reduktion der Kommunikation zwischen Standardsteuerung und Roboter auf einen reinen Speicherzugriff sind hochgenaue Synchronisierungen realisierbar. So kann ein Teil, das sich auf einem mit Standard-Motion-Control betriebenen Förderband befindet, vom Roboter „on the fly“ gegriffen und abgelegt werden. Der Roboter integriert sich damit besser in die Gesamtheit der Maschine und verliert den Status einer ‚Black-Box‘.

Kinematische Transformation

Die Kinematik (griech.: „kinema“, Bewegung) ist die Lehre der Bewegung von Punkten und Körpern im Raum, beschrieben

durch die Größen: Weg s (Änderung der Ortskoordinate), Geschwindigkeit v und Beschleunigung a . Dabei bleiben die Ursachen der Bewegung (Kräfte) unbeachtet. Im Zusammenhang mit Robotern steht der Begriff Kinematik für die unterschiedlichen Bewegungsmöglichkeiten. Da der Aufbau und die Anzahl der Achsen den Arbeitsraum des Roboters bestimmen, hängt dieser konkret von vielen Parametern ab: Armlängen, Reichweitenwinkel, Schwerpunkt, maximale Last etc. Die Anordnung der Arme und Gelenke bestimmt die kinematische Struktur, die in zwei Hauptklassen eingeteilt wird:

- **Serielle Kinematik:** Die aktuelle Position einer beliebigen Achse ist immer von der Position der vorhergehenden Achse abhängig. Der Tool-Center-Point (TCP) wird von jeder Achse sowohl in der x-, y- als auch z-Ebene verändert. Beispiele sind Scara- und Knickarmroboter.



Beispiele für parallele Kinematiken: Delta- (links) und Hexapodroboter

- Parallele Kinematik: Die Position des TCP wird von parallel angeordneten Achsen bestimmt. Diese Achsen sind in einem fixen Punkt gelagert. Beispiele sind Delta-Kinematik und Hexapod.

Zur Beschreibung von Positionen im Raum benötigt man Koordinatensysteme. Hier ist eine Vielzahl unterschiedlicher Typen verfügbar:

- Das kartesische Koordinatensystem: rechtshändig bzw. mit Rotationsrichtungen immer positiv (gegen den Uhrzeigersinn).
- Das Werkstück-Koordinatensystem beziehungsweise Piece Coordinate System (PCS) ist unabhängig von der verwendeten Kinematik und wird für teilespezifische Orientierungen eingesetzt.
- Das Maschinen-Koordinatensystem bzw. Machine Coordinate System (MCS) ist unabhängig von der verwendeten Kinematik und wird für maschinenspezifische Orientierungen genutzt.

- Das Achs-Koordinatensystem (ACS) hängt von der verwendeten Kinematik ab und wird für Referenzierung bzw. Homing eingesetzt.

Die Programmierung der Roboter erfolgt häufig im PCS oder MCS, da beide Systeme durch den kartesischen Aufbau für den Programmierer sehr anschaulich sind. Die Art der Kinematik in diesen Systemen bedarf keiner Berücksichtigung, da die entsprechenden Bewegungsabläufe durch eine Transformation berechnet werden. Im Gegensatz dazu ist bei der Programmierung im ACS der Aufbau der Achsen unbedingt zu berücksichtigen, da die Bewegungsbefehle der Achsen direkt programmiert werden müssen. Daher wird diese Art der Programmierung nur in Ausnahmefällen verwendet.

Transformation und Tracking

Die Kinematik beschreibt die Untersuchung der Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Glieder des Roboters in Relation zueinander. Dabei werden die auftretenden Geschwindigkeiten und Beschleunigungen bei der Bewegung der Gelenke berücksichtigt. Eine unterschiedliche Anordnung von Gelenken und Gliedern kann die identische Bewegungsbahn des TCP erzeugen. Die Transformation beschreibt, im Zusammenhang mit der Kinematik, die notwendige Berechnung, um von einem Koordinatensystem in ein anderes zu wechseln. Bei der Betrachtung der Kinematiken von Robotern stellen sich grundsätzlich zwei Probleme:

- Das direkte kinematische Problem (KP), auch als Vorwärts-Transformation bezeichnet, behandelt die Berechnung der Lage des

Tool-Center-Point in raumfesten Koordinaten aus den achsspezifischen Gelenkkordinaten des Roboters.

- Beim inversen kinematischen Problem (IKP), auch als Rückwärtstransformation bezeichnet, handelt es sich um die Umkehrrelation, bei der die achsspezifischen Gelenkkordinaten aus der Lage des TCP zu bestimmen sind. Die Aufgabe einer Transformation besteht also darin, Position und Orientierung der Objekte zueinander so zu verändern, dass der TCP die gewünschten Bewegungsbahnen abfährt.

Natürlich existiert ein Roboter nicht alleine auf der Welt, sondern muss mit anderen Maschinenkomponenten zusammenarbeiten. Eine häufige Aufgabe ist das gezielte Anfahren einer Position auf einem bewegten Band und natürlich das synchrone Mitfahren mit dem Band. Der Roboter soll z.B. ein Teil von diesem Band greifen oder es an einer bestimmten Position ablegen. Das Aufsynchronisieren und Mitfahren des Roboters auf ein – im translatorischen oder rotatorischen Koordinatensystem – bewegtes Teil bezeichnet man als Tracking.

Realisierung in der Automatisierungssoftware

Twincat Kinematic Transformation integriert sich transparent in die bestehende Motion-Control-Welt, d.h. Robotik- und Motion-Control-Funktionen lassen sich mit Twincat NC PTP (Achspoint-to-point) oder NC I (Achsinterpolation in drei Dimensionen) synchronisieren. Alle SPS- und NC-Eigenschaften können auf einer gemeinsamen Hard- und Softwareplattform

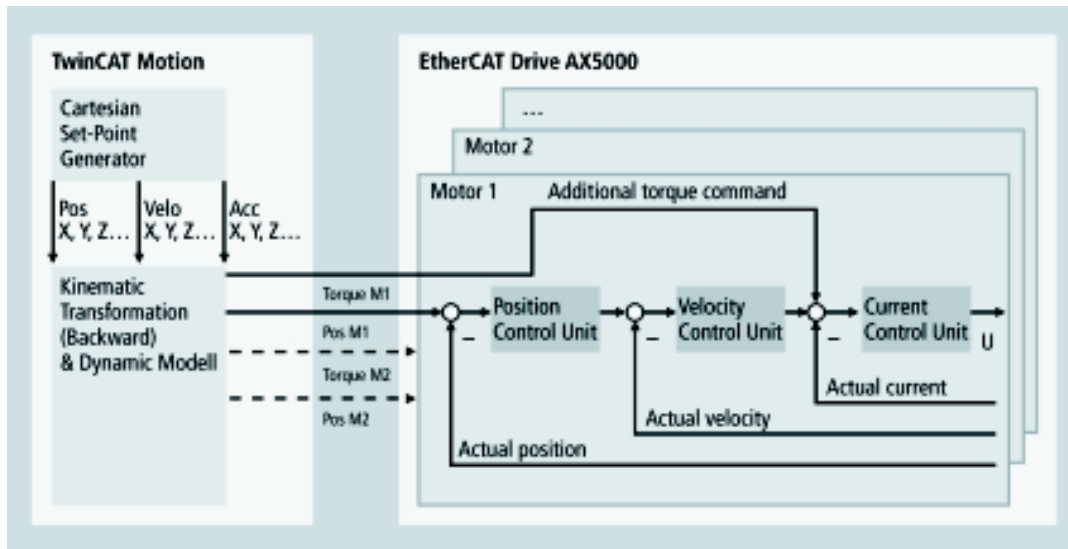
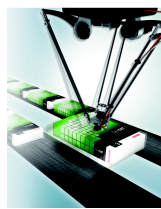
DIE AUTOREN



Dr.-Ing. Josef Papenfort,
Produktmanager Twincat,
und



Dipl.-Ing. Klaus Bernzen,
Produktmanager Twincat
Motion Control & Robotik;
beide von der Beckhoff
Automation GmbH in Verl
(www.beckhoff.de/kinematics)



Wirkungsweise der Rückwärtstransformation und des dynamischen Modells

form beliebig kombiniert werden. TwinCAT kinematische Transformation realisiert verschiedene Roboterkinematiken auf dem PC. Neben der 2D- kann die 3D-Stab-Kinematik – auch Delta-Kinematik – sowie die Scara-Kinematik damit gerechnet werden. Die Ansteuerung der Achsen erfolgt direkt aus dem TwinCAT-Motion-Control-System heraus. Der Anwender programmiert die Roboterbewegung dabei direkt im kartesischen Koordinatensystem.

Die Transformation in das Roboterkoordinatensystem wird in der Software in jedem Zyklus gerechnet. Zur Minimierung der Schwingungsneigung sowie zur Erhöhung der Positionier- und Wiederholgenauigkeit ist für viele Kinematiken noch eine Stromvorsteuerung aktivierbar. Dies geht natürlich nur, wenn die Antriebsverstärker und der Feldbus schnell genug sind und Schnittstellen für eine zusätzliche Stromvorsteuerung zur Verfügung stehen.

EtherCAT und die Servoverstärker vom Typ AX5000 erfüllen genau diese Anforderungen. Die Konfiguration des Roboters erfolgt im bekannten TwinCAT System Manager, dem Tool zur Konfiguration von I/Os, aller Achsen und des Roboters. Hier werden die Stab- und Armlängen sowie kinematische Versätze parametrisiert. Für die Vorsteuerung lassen sich optional zudem Massen und Massenträgheiten des Roboters vorgeben.

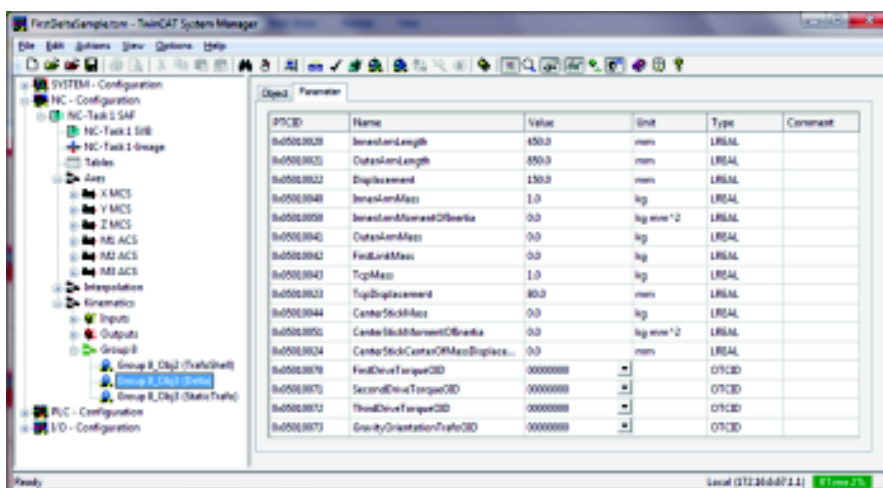
Vorteile mit Zukunftspotenzial

Mit dem TwinCAT-Kinematik-Transformationspaket steht die Möglichkeit zur einfachen Integration eines Roboters z.B. mit Delta- oder Scara-Kinematik zur Verfügung. Die Konfiguration erfolgt im TwinCAT System

Manager. Die Berechnung des dynamischen Modells ermöglicht die Minimierung des Bahnschleppabstands, wodurch die Position bei hoher Wiederholgenauigkeit sehr genau eingehalten wird. Für das Aufsynchronisieren auf bewegte Werkstücke steht ein Tracking zur Verfügung, das selbst auf rotierende Teller in der schiefen Ebene eingesetzt werden kann.

Mit TwinCAT 3 wird die automatisierungstechnische Welt noch um weitere Sprachen erweitert. In C++ geschriebene Module lassen sich einfach integrieren und können beliebig mit SPS-Modulen und Motion Control zusammen kombiniert werden. Dadurch ist die Integration von externen Kinematikmodellen einfach und komfortabel in C oder C++ möglich und die von Beckhoff zur Verfügung gestellten Transformationen können einfach um zusätzliche Module erweitert werden.

Der Einsatz von modernen CPUs mit Multi-Core-Technologie bringt eine deutliche Performancesteigerung. Diese können in Verbindung mit TwinCAT 3 sehr gut genutzt werden. Speziell für eine optimierte Bahnplanung, die z.B. für einen Knickarmroboter sehr rechenintensiv werden kann, stehen damit neue Wege offen. Auf diese Weise lassen sich Trajektorien finden, die für einen zeitlich und dynamisch optimalen Verlauf sorgen.



Konfiguration einer Kinematik im System Manager