

Ein siebenarmiger Roboter A 7 übt T'ai Chi Ch'uan

Elmo's einzigartige Mehrachs-Controller und Servoregler als Komplettlösung in den ersten kollaborierenden Robotern aus chinesischer Produktion von Siasun

Elmo's Spitzenlösung der Motion Control verbessert die Neukonstruktion des ersten kollaborierenden Roboters für die industrielle Produktion, den Siasun – ein führender chinesischer Roboterhersteller – entwickelt hat und nun der Fachwelt präsentiert. Man stelle sich vor: ein Roboter, der perfekt die Bewegungsabläufe eines Meisters in der Kampfkunst 'T'ai Chi' nachbildet – mit derselben Präzision, Genauigkeit, Geschwindigkeit und Kraft. Der Roboter wurde mit dem Ziel entwickelt, in der „ganz normalen“ Industrieumgebung mit Menschen zusammenzuarbeiten und dabei alle notwendigen und erwünschten Sicherheitsanforderungen zu erfüllen.

Der Roboterhersteller Siasun hat soeben die Entwicklung des ersten kollaborierenden Roboters aus chinesischer Herstellung abgeschlossen und dabei die einzigartige Servoantriebstechnik von Elmo genutzt. Es kommen ultrakompakte, leistungsstarke und netzwerkfähige Servoantriebe aus dem Elmo-Programm zum Einsatz, die unmittelbar an den Roboterjunkten montiert werden. Dies bietet Vorteile in Bezug auf Effizienz, Bauraum, Robustheit, Minimierung der Verkabelung, Störaussendung (EMI) und – ganz allgemein – Zuverlässigkeit des Systems. Der Einsatz von zwei parallelen Servosystemen und von hochauflösenden Absolut-Encodern waren nur zwei von vielen Herausforderungen, die während der Entwicklung – die in Rekordzeit erfolgte – zu lösen waren. Ergebnis ist ein wirklich ausgereifter, leistungsfähiger Roboter mit sieben Freiheitsgraden für die unmittelbare Kooperation mit dem Menschen, und zu diesem Ergebnis hat die Expertise von Elmo im Bereich der High-End-Antriebstechnik für Robotik einen wesentlichen Beitrag geleistet.



Abstract

Kollaborative Roboter, die in unmittelbarer Nähe zum Personal arbeiten, werden sich in der Industrie durchsetzen. Die neuen Roboter sind bestens darauf vorbereitet, in dieser sensiblen Umgebung die ihm gestellten Aufgaben mit Präzision und Geschwindigkeit zu erfüllen. Dabei nutzen sie Kameras, Kraftsensoren und andere Sensorik. Dadurch sind sie in der Lage, die Anwesenheit und Bewegungsabläufe von Menschen zu erkennen und entsprechend zu reagieren – zum Beispiel indem sie abrupt anhalten, um eine Kollision mit ihren menschlichen Kollegen zu vermeiden.

Die Roboter wurden für die Aufgabe entwickelt, kleinere Bauteile mit hoher „Fingerfertigkeit“ zu handhaben und dem Personal als Assistent zur Verfügung zu stehen – bei Aufgaben wie zum Beispiel der Montage von Gütern der Konsumelektronik. Im Vergleich zu den bekannten Roboterarten, die z.B. Aufgaben wie Schweißen oder automatisiertes Lackieren übernehmen, ist der typische kollaborative

Inspiring Motion

Since 1988

Elmo Motion Control Ltd. | Walter-Oehmichen-Str.20, 68519 Viernheim, Germany | T: +49 (0) 6204 78937 0

info-de@elmomc.com | www.elmomc.com

Roboter deshalb sehr kompakt und leicht. Dennoch hat er die Fähigkeit, vergleichsweise schwere Lasten bis 100 kg zu bewegen. Außerdem muss der Roboter für die Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) in der Lage sein zu erkennen, ob Teile z.B. maßhaltig oder korrekt montiert sind: eine Eigenschaft, die von den bekannten Industrierobotern nicht erwartet wurde. Darüber hinaus bewegen diese Sechsarmer Roboter ihre Arme mit großer Kraft und können daher jeden Menschen ernsthaft verletzen, der sich ihnen nähert.

Die neue Robotergeneration hat ein zusätzliches Gelenk und damit einen zusätzlichen Freiheitsgrad. Im Vergleich zu den bekannten Robotern mit sechs Freiheitsgraden (oder, so die internationale Bezeichnung, 6-DOF-Robotern) kann der Roboter mit sieben Freiheitsgraden (7-DOF-Roboter) seinen Arm in unterschiedlichen Orientierungen zum gewünschten Ziel (z.B. zum Teil, das er greifen möchte) führen und damit seine Aufgabe erfüllen und gleichzeitig die Kollision mit einem Menschen vermeiden. Daraus ergibt sich, als Nebeneffekt, eine kinematische Redundanz, die z.B. sehr nützlich ist, wenn mehrere Roboter in einem gemeinsamen und eingeschränkten Arbeitsbereich tätig sind.

Eine weitere Zusatzfunktion dieses Robotertyps ist das Sensieren und Begrenzen der ausgeübten Kraft. Sie hat zur Folge, dass der Roboter die kleinste Kraft erkennt, die sich ihm in den Weg stellt, und sofort reagieren kann. In einigen Fällen werden unmittelbar hinter dem Getriebemotor Kraftsensoren installiert, die jeden raschen Anstieg der äußeren Kräfte detektieren. In anderen Fällen identifiziert der Roboter die Kraft, die erforderlich ist, um z.B. eine Last anzuheben oder von einer Position zur anderen zu bewegen. Wenn er in diesen Situationen einen schnellen Anstieg des Drehmomentes sensiert, wie er typischerweise bei einer Kollision auftritt, stoppt er sofort die Bewegung. Ein weiteres Feature zur Kollisionserkennung und -vermeidung ist die Möglichkeit, den Steuerungsmodus von einem unflexiblen Hochgeschwindigkeitsmodus (wie „Cyclic Synchronous Position“/ CSP oder „Cyclic Synchronous Velocity“/ CSV) in einen drehmomentbasierten Modus („Cyclic Synchronous Torque“/ CST) umzuschalten, wenn es zu unerwartetem Kontakt mit einem Objekt kommt oder wenn ein Mensch detektiert wird. Der „weiche“ CST-Modus erlaubt es, dass der Roboter von einer menschlichen Hand einfach beiseitegeschoben werden kann. Der Roboter kann so programmiert werden, dass er bei einem Kontakt automatisch in diesen Modus schaltet. Der Modus kann aber bei Bedarf auch deaktiviert werden, so dass der Roboter im unflexiblen Hochgeschwindigkeitsmodus arbeitet.

Eine weitere wichtige Betriebsart ist der Teach-Modus. In ihm bewegt der Bediener den Roboterarm zu den Schlüsselpositionen des gewünschten Verfahrenswegs. Der Mehrachs-Controller zeichnet die Positionen auf, um den gesamten Bewegungsablauf im Betriebsmodus zu wiederholen. Dabei werden auch sehr hohe Anforderungen an die Positioniergenauigkeit erfüllt. Mindestens ebenso beeindruckend ist die einfache Art, die Bewegungen vorzugeben. Dafür werden keinerlei Programmierkenntnisse benötigt.

Inspiring Motion
Since 1988

Elmo Motion Control Ltd. | Walter-Oehmichen-Str.20, 68519 Viernheim, Germany | T: +49 (0) 6204 78937 0

info-de@elmomc.com | www.elmomc.com

Die Lösung von Elmo

Die Servoregler:

Die ultrakompakten und leistungsstarken „EtherCAT Gold“-Servoregler von Elmo wurden für diese Aufgabe ausgewählt. Die Regler sind direkt an den Gelenken der Roboterarme montiert – das ist die beste Wahl, um die kompakte Bauform des Roboters zu gewährleisten. Zwei leistungsstarke und ebenfalls ultrakompakte Regler vom Typ „Gold SOLO GUITAR“ treiben die beiden Grundachsen an, auf der sich die gesamte mechanische Struktur des Roboters bewegt. Die Möglichkeit, diese Motoren kontinuierlich mit Stromstärken bis 50 Ampere und mit Spitzen bis 100 Ampere zu betreiben, schafft eine zentrale Voraussetzung für das Erreichen der geforderten Werte bei Achsgeschwindigkeit, Beschleunigung und Verzögerung. Darüber hinaus sind pro Roboter fünf Miniaturantriebe der Baureihe „Gold SOLO WHISTLE“ installiert. Sie treiben die fünf weiteren Achsen an und können dauerhaft mit 20 Ampere (Spitzenlast 40 Ampere) betrieben werden. Alle Antriebe arbeiten mit maximalen Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Verzögerungsraten und können andererseits auch bei niedrigen Geschwindigkeiten und sehr hoher Positioniergenauigkeit betrieben werden. Diese ganz gegensätzlichen Anforderungen mit ein und demselben Antrieb zu erfüllen, setzt einen außergewöhnlich dynamischen Strombereich von 1:2000 voraus sowie sehr kurze Antwortzeiten.



Erreichbar ist dies nur mit ultrakompakten Antrieben, die direkt an den Roboterjunkten installiert werden. Die Position der Antriebe in unmittelbarer Nähe zum Servo-Feedback bietet auch die Vorteile minimierter Verkabelung und geringer Beeinflussung zum Beispiel durch Elektromagnetismus (EMI) und Funksignale (RFI) sowie eine extrem hohe Zuverlässigkeit des gesamten Systems. Zudem gewährleistet diese Bauweise die Robustheit des Antriebssystems und die Fähigkeit, den hohen Beschleunigungs- und Verzögerungskräften zu widerstehen, die zwischen den Gelenken wirksam sind.

Das Elmo Application Studio (EASII)

Ebenfalls eingesetzt wurde das ebenso leistungsfähige wie einfach zu bedienende Konfigurations-Tool von Elmo. Das „Elmo Application Studio EASII“ unterstützte die Entwickler bei der Abstimmung aller Antriebe im Netzwerk und im Zusammenspiel, um optimale Servo-Performance zu erzielen. Zu den Funktionen, die implementiert wurden, um die höchstmögliche Leistung zu erreichen, gehörten eine

Inspiring Motion
Since 1988

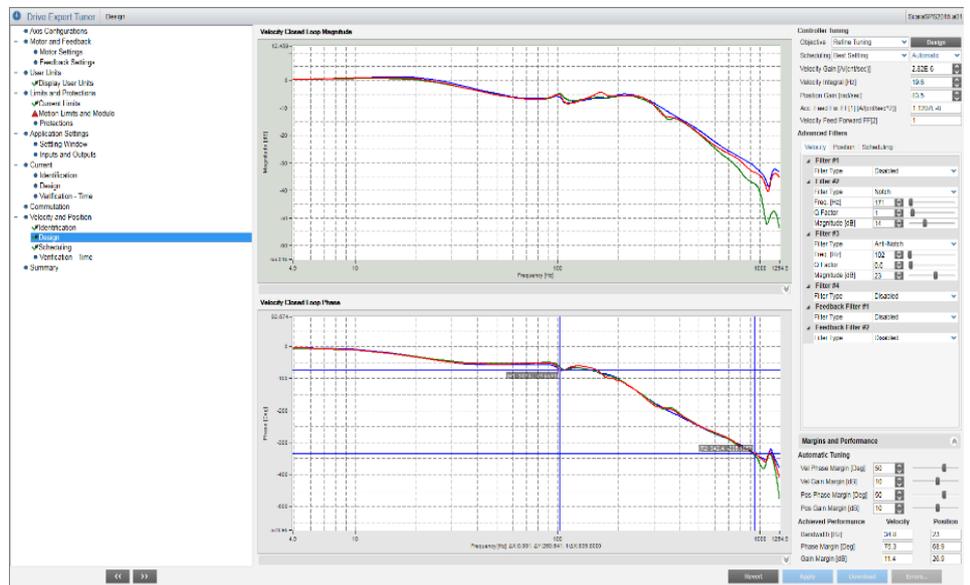
Elmo Motion Control Ltd. | Walter-Oehmichen-Str.20, 68519 Viernheim, Germany | T: +49 (0) 6204 78937 0

info-de@elmomc.com | www.elmomc.com

zuverlässige Systemidentifikation, das passende Controller-Design und Filter höherer Ordnung, die Unregelmäßigkeiten im mechanischen Antriebsstrang kompensieren.

Außerdem kommen vereinfachte Modi für die Multi-Achs-Identifikation mit einer besonderen Art der Positionserfassung zur Anwendung, um die Crossover-Effekte zwischen den einzelnen Achsen zu beherrschen. Diese und weitere Features tragen alle dazu bei, dass das System mit der größtmöglichen Bandbreite arbeitet sowie mit kürzester Reaktionszeit, wobei dennoch die Stabilität und sanfte Bewegungsabläufe gewährleistet bleiben.

Jede Achse des Roboters wird über eine Dual-Loop-Servoregelung angesteuert. Das gewährleistet die hohe Positioniergenauigkeit des Arms hinter der Getriebemotoreinheit. Die „Gold“-Antriebsbaureihe von Elmo ermöglicht hier unterschiedliche Arten der Positionsabfrage und –auswertung, unter anderem eine Dual-Loop-Regelung mit Inkrementalweggeber in Kombination mit einem digitalen Hallensensor für die Regelung der inneren



Geschwindigkeit vor dem Getriebe. Die Regelung der äußeren Position erfolgt dann über eine hochauflösende 19 bit-Rückführung. Die Dual-Loop-Architektur nutzt die Leistungsfähigkeit des Servoantriebs bestmöglich aus. Um einfache Konnektivität zu erreichen, ist jeder pin-basierte Regler des Systems mit einem eigenen SOLO-Board ausgestattet. Dieses Board schafft aus Anwendersicht die Voraussetzung für einfachen Anschluss und schnelle Integration zum Beispiel über EtherCAT, I/O und Signlrückführung.

Platinum Maestro: Der ultimative Multi- Achs-Controller

Die Regelung des gesamten Antriebssystems übernimmt der Platinum Maestro (P-MAS) von Elmo. Er nutzt das deterministische Echtzeit-EtherCAT-Netzwerk und regelt voll synchronisiert 16 Achsen mit einer Zykluszeit von 250 μ s (bis herab zu 100 μ s Zykluszeit bei acht voll geregelten Achsen) .



Elmo hat umfangreiche Expertise bei der Belieferung von Roboterherstellern mit Multiachsenantrieben. Dabei kommt zumeist der Mehrachs- Controller

„Platinum Maestro“ (P-MAS) zum Einsatz, der über Funktionen wie kartesische Koordinaten, SCARA, 3- link und

Delta verfügt. Der integrierte Kinematik-Support arbeitet entweder im MCS- (Machine Coordinate System) oder PCS- (Product Coordinate System) Modus mit voller Synchronisation zu Peripheriegeräten wie Drehtischen, Förderbändern und anderen Anlagenkomponenten. Darüber hinaus bietet der P-MAS eine Echtzeitcode-Sektion für individuelle Applikationen. Diese Sektion ermöglicht es den Roboter-Entwicklern, ihre eigenen Kinematik-Gleichungen zu implementieren. Das schafft die Voraussetzung dafür, dass der P-MAS sämtliche High-End-Robotertypen unterstützt und die Anwender ihre eigenen Kinematikprogramme verwenden können. Der P-MAS basiert auf neuester 4-Core-Prozessortechnik. Er kommt insbesondere dann zum Einsatz, wenn die Applikation die Echtzeitberechnung der Roboterbewegungen mit Netzwerk-Zykluszeiten von 250 μ s fordert. Die kinematischen Gleichungen, die im Controller hinterlegt sind, errechnen die Zielpositionen und –geschwindigkeiten oder das Drehmoment aller Achsen im System und stellen sie für jeden EtherCAT-Zyklus bereit.



Inspiring Motion

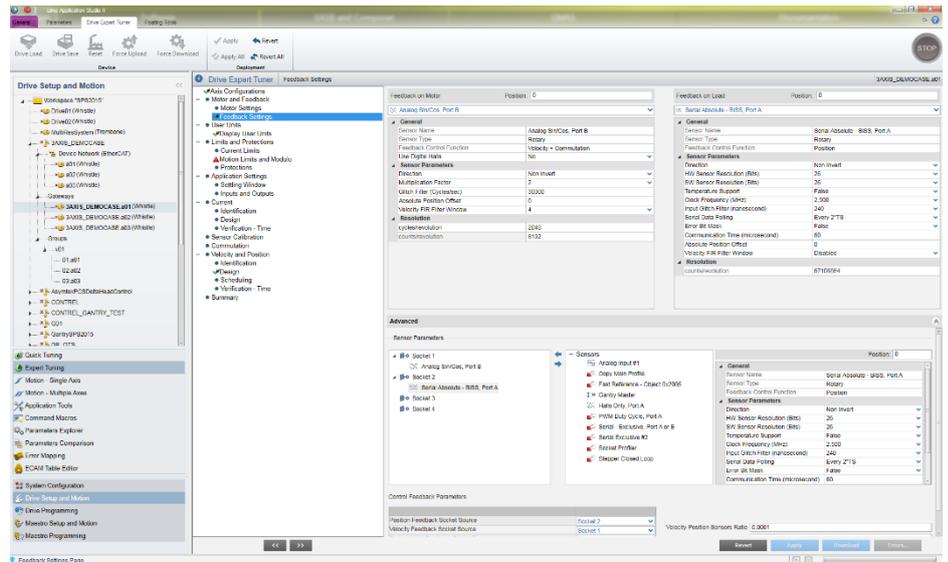
Since 1988

Elmo Motion Control Ltd. | Walter-Oehmichen-Str.20, 68519 Viernheim, Germany | T: +49 (0) 6204 78937 0

info-de@elmomc.com | www.elmomc.com

Zu den Standardbetriebsmodi von jedem EtherCAT-kompatiblen Servoantrieb aus dem Elmo-Programm ist der Betrieb in einem der zyklischen Synchronmodi nach DS-402. Die große Bandbreite der standardisierten und proprietären Kommunikationsprotokolle zwischen P-MAS und Hosts, SPSen und HMI-Geräten ermöglicht eine schnelle und einfache Kommunikation mit Geräten wie Touch Panels, Teach-in-Geräten, SPS, Computern etc. Mit dem Host kommunizieren die Regler unter anderem über Ethernet, TCP/IP, und UDP Fast-Binary-Protokolle wie Modbus und Ethernet/IP. Das schafft beste Voraussetzungen für schnelle und effektive Kommunikation mit nahezu allen Ebenen von übergeordneten IT-Systemen.

Der Controller erlaubt zwei Betriebsarten: Teaching-Modus und Betriebsmodus. Im Teaching-Modus bewegt der Bediener den Roboterarm zu den Schlüsselpositionen des gewünschten Verfahrens. Der Mehrachs-Controller zeichnet die Positionen auf, um den gesamten Bewegungsablauf im Betriebsmodus zu wiederholen. Die Treiber arbeiten dann im „Cyclic Synchronous Torque“-Modus (CST). Der Controller berücksichtigt dann nicht nur den Drehmomentbedarf, sondern auch zusätzlichen Strom bzw. zusätzliches Drehmoment, um Faktoren wie Schwerkraft und Eigendynamik zu kompensieren. Zu den



Highlights dieser Antriebslösung gehört das einfache Teach-in, für das keine Programmierkenntnisse erforderlich sind.

In der zweiten Betriebsart, dem Betriebsmodus, errechnet der Mehrachs-Controller die Zielpositionen und –geschwindigkeiten der sieben Achsen anhand des kinematischen Modells des Roboters. Wenn erforderlich, wird der Drehmomentbedarf kompensiert bzw. entsprechend den Anforderungen erhöht. Die Treiber arbeiten im „Cyclic Synchronous Position -(CSP) oder im „Cyclic Synchronous Velocity“- (CSV)-Modus und verarbeiten Befehle für Position, Geschwindigkeit und Drehmomentkompensation.

Highlights dieser Lösung

- Unschlagbare Servo-Performance.
- 250 µs Zykluszeit für bis zu 16 vollsynchronisierte Achsen
- Kompakte und leistungsstarke Servoregler zur direkten Montage an den Robotergelenken
- Hochdynamischer Strombereich für hohe Geschwindigkeit und hohe Präzision
- Dual-Loop Regelung
- Kommunikationsfähig mit verschiedenen Positionsgebern/ Sensoren (Inkremental- und Absolut- Encodern)
- Leistungsfähiger Multi-Achs-Controller erlaubt Synchronisation der Roboterbewegungen
- Schnelles Echtzeit-EtherCAT-Netzwerk
- Optimierte Servoleistung –sehr kurze Antwortzeiten, resultierend aus großer Bandbreite der Regelkreise
- EASII ermöglicht einfache Konfiguration des Roboters
- Höchste Effizienz und Zuverlässigkeit
- Geeignet für raue Umgebungsbedingungen, Antriebe können überall montiert werden
- Geringe Elektromagnetische- und Funk-Interferenz (EMI und RFI)

Zusammenfassung

Die intelligenten, kompakten und einfachen Servoregler Systeme von Elmo steigern die Leistung und erhöhen die Funktionalität von Siasun's aktueller Innovation – dem kollaborierenden Roboter.

Über Elmo Motion Control

Elmo entwickelt und fertigt innovative Servoregler und Netzwerk Motion Controller aus einer Hand für jegliche Motion Control Technologie. Als ein führendes weltweit tätiges Unternehmen mit über 25 Jahren Erfahrung und Millionen Servoreglern in Betrieb weltweit, verhilft Elmo Kunden zu mehr Wirtschaftlichkeit und Erfolg. Mit dem Fokus auf Leistung, Zuverlässigkeit, Sicherheit und die Einhaltung von Standards, fügen sich die Elmo-Lösungen in eine Vielzahl von Automatisierungsanwendungen im industriellen bis hin zum extremen Umfeld ein.

Inspiring Motion
Since 1988

Elmo Motion Control Ltd. | Walter-Oehmichen-Str.20, 68519 Viernheim, Germany | T: +49 (0) 6204 78937 0

info-de@elmomc.com | www.elmomc.com