

Keywords

Mikroinkremente
Distributed Clock
EtherCAT
Encoder

Technischer Hintergrund inkrementeller Feedbacksysteme

Encoder, auch Drehgeber genannt, sind entscheidende Komponenten bei der Überwachung mechanischer Bewegungsabläufe. Sie sind Schnittstelle zwischen Mechanik und Steuerung und werden in der Automatisierungs-technik eingesetzt, um die Position, die Geschwindigkeit und die Richtung einer linearen oder rotativen Bewegung zu bestimmen. Dabei wird zwischen zwei Arten von Positionssensoren unterschieden: Inkremental- und Absolutencoder.

Inkrementalencoder sind für ihren einfachen und kostengünstigen Aufbau bekannt. Sie liefern relative Positionsänderungen, erfordern jedoch nach dem Einschalten eine Referenzfahrt, um einen bekannten Startpunkt zu bestimmen. Bei jeder Wellenbewegung erzeugen sie eine Folge von Impulsen, sogenannte Inkremente, die durch optische, magnetische oder kapazitive Sensoren erzeugt werden. Diese Sensoren interagieren mit einer Struktur aus abwechselnd registrierbaren und nicht registrierbaren Segmenten. Die Auflösung eines Inkrementalencoders wird durch die Anzahl der Impulse pro Umdrehung bestimmt: Je mehr Impulse pro Umdrehung, desto feiner ist die Positionsmessung.

Ein Inkrementalencoder erzeugt zwei Signale, A und B, die bei der Bewegung der Welle entstehen. Die Rechtecksignale sind um 90 Grad phasenverschoben, was als Quadratur bezeichnet wird. Diese Phasenverschiebung ermöglicht die Drehrichtungserkennung, indem die Phasenlage der Signale A und B zueinander ausgewertet wird. Um eine noch höhere Drehwinkelauflösung zu erreichen, kann neben der steigenden Flanke auch die fallende ausgewertet werden, die sogenannte 4-fach-Auswertung. Diese Technik erhöht die Auflösung eines Encoders, ohne die physische Geometrie ändern zu müssen.

► www.beckhoff.com/mikroinkremente

Für rotatorische Bewegungen entspricht die Positionsauflösung dem Quotienten

aus einer Umdrehung (360 Grad) und der Anzahl der Encoderinkremente.

Ein typischer Encoder mit 12 Bit bietet 4.096 Impulse. Mit 4-fach-Auswertung ergibt dies 16.384 Inkremente, was zur folgenden Positionsauflösung führt:

$$\frac{360^\circ}{4096 \times 4} = 0,022^\circ$$

Die Drehbewegung kann auf $\pm 0,022^\circ$ aufgelöst werden.

Bei Verwendung einer Encoderwelle mit typisch 10-mm-Durchmesser und einem Verfahrweg von 10 m ergibt sich eine lineare Abweichung, der Positionsauflösung von etwa $\pm 0,6$ mm.

$$\text{Abweichung pro Umdrehung: } \frac{0,022^\circ}{360^\circ} \times \pi \times 10 \text{ mm} \approx 0,0019 \text{ mm}$$

$$\text{Gesamtabweichung: } \frac{10.000 \text{ mm}}{\pi \times 10 \text{ mm}} \times 0,0019 \text{ mm} \approx 0,6 \text{ mm}$$

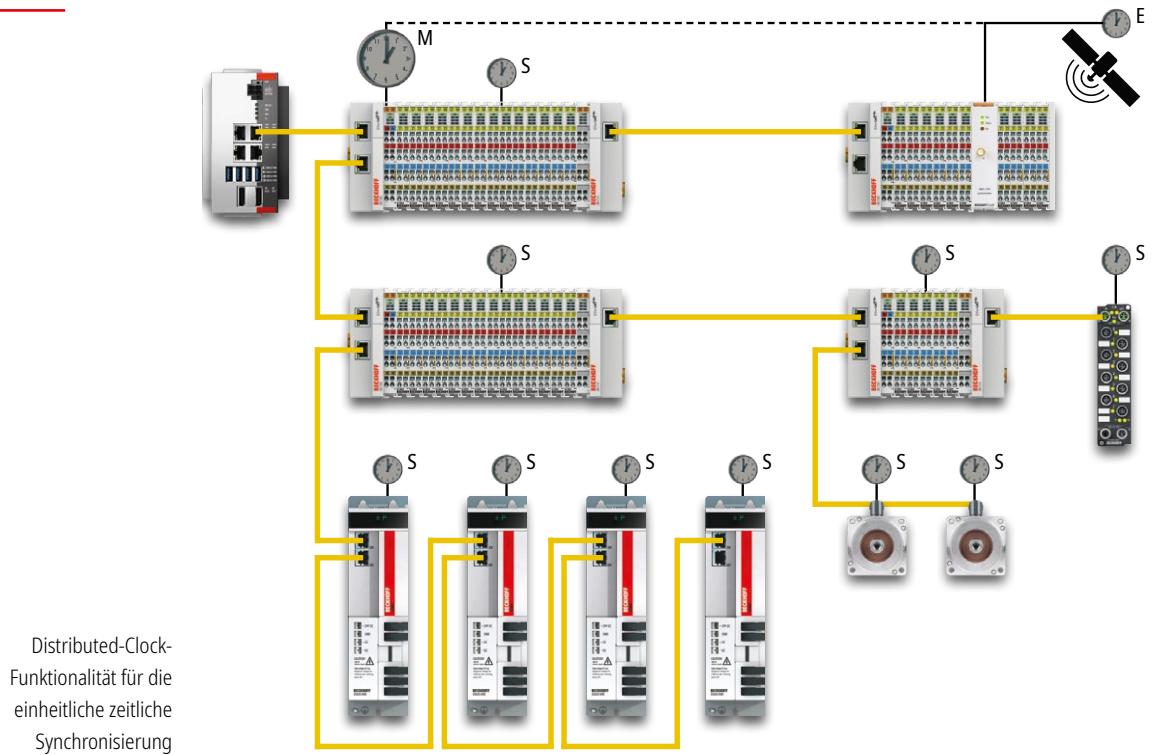
Diese Auflösung ist für einfache Positionieraufgaben oft ausreichend.

Achsensynchronisierung und Herausforderungen bei der Nutzung inkrementeller Feedbacksysteme

Die Synchronisierung mehrerer Achsen in einer Maschine ist ein kritischer Aspekt der modernen Automatisierungstechnik. Sie ermöglicht präzise Bewegungsabläufe und optimiert die Effizienz und Produktivität der Maschine. Ein inkrementelles Feedbacksystem ist hierbei von entscheidender Bedeutung, da es kontinuierliche Positionsinformationen liefert, die für die genaue Steuerung notwendig sind. Die Achsensynchronisierung erhöht die Präzision und die Genauigkeit, da alle Bewegungen zeitlich und räumlich koordiniert ablaufen. Darüber hinaus ermöglicht die Synchronisierung von Achsen komplexe Bewegungsmuster, die leicht an unterschiedliche Produktionsanforderungen angepasst werden können, was die Flexibilität und die Anpassungsfähigkeit der Maschine erhöht.

Bei der Nutzung eines inkrementellen Feedbacksystems ist es wichtig, einige Aspekte zu beachten: Das System muss eine ausreichende Signalauflösung bieten, um die Präzision der Positionsbestimmung zu gewährleisten. Eine höhere Auflösung ermöglicht eine feinere Steuerung der Achsbewegungen. Die EtherCAT-Distributed-Clock-Funktionalität hilft, die zeitliche Synchronisierung der Datenübertragung zu vereinheitlichen, indem

sie eine gemeinsame Zeitbasis für alle Geräte im Netzwerk bereitstellt. Dadurch können die Daten konsistent und deterministisch zu definierten Zeitpunkten abgefragt und verarbeitet werden, was die Systemgenauigkeit und Effizienz zusätzlich unterstützt.



Schwierigkeiten können auftreten, wenn Encoder mit unterschiedlicher Auflösung eingesetzt werden. Eine Herausforderung ist die Diskrepanz in der Genauigkeit der Positionsbestimmung. Wenn Achsen mit Encodern unterschiedlicher Auflösung gesteuert werden, kann dies zu Ungenauigkeiten und Inkonsistenzen in der Bewegungssteuerung führen. Ein Encoder mit höherer Auflösung liefert feinere Positionsdaten als einer mit niedrigeren Auflösung, was die Synchronität der Achsen beeinträchtigen und die Qualität des Endprodukts mindern kann. Zudem erhöht sich die Komplexität der Datenverarbeitung, was zusätzliche Rechenleistung erfordert und die Effizienz des Systems beeinflussen kann.

Nicht alle Positionieraufgaben innerhalb einer Maschine erfordern hochauflösende Encoder. Eine kosteneffiziente Erweiterung der Funktionalität von Inkrementalencodern, die eine feinere Positionsmeßung ermöglicht, ist das Prinzip der Mikroinkremente.

Maximierung der physikalischen Encoderauflösung durch Mikroinkremente

Mikroinkremente ermöglichen es, zusätzliche Inkremente zwischen den vom Encoder gezählten Schritten zu interpolieren. Dies erhöht die Auflösung des Zählerwertes, ohne den Encoder physisch zu verändern. Das Prinzip der Mikroinkremente basiert auf der Interpolation der Positionsdaten mit einer Auflösung von 8 Bit, was 256 weiteren Schritten entspricht. Dadurch nähert sich der Zählerwert mit Mikroinkrementen sehr genau der realen Achsposition an – die abgefragte Position entspricht zu jedem Zeitpunkt recht genau der physikalischen Position. Die Funktion ist besonders bei langsamem Geschwindigkeiten hilfreich, da sie einem Encoder mit niedriger Auflösung hilft, wie ein hochauflösender Achsgeber zu agieren.

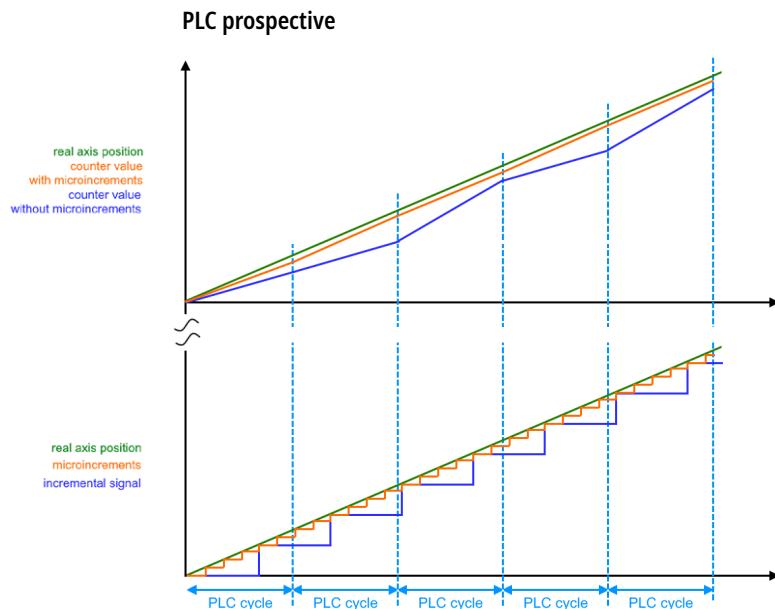
Die Distributed-Clocks-Technologie ergänzt die Funktion der Mikroinkremente sinnvoll, indem sie sicherstellt, dass der Zählerstand regelmäßig und konsistent ermittelt wird, was die Präzision und die Zuverlässigkeit der Positionsmessung verbessert.

Die folgende Abbildung zeigt das Prinzip der Mikroinkremente. Zusätzliche Schritte (orange) zwischen den tatsächlich gemessenen Encoder-Schritten (blau) werden interpoliert. In der vereinfachten Darstellung sind zwischen den Encoderschritten nur vier Mikroinkremente gezeigt.

Beispiel:

- Encoder mit 1.024 Strichen
- 4-fach Auswertung
- eingeschalteten Mikroinkrementen 8 Bit

$$1.024 \text{ Striche} \times 4\text{-fach Auswertung} \times 256 \text{ Mikroinkremente} = 1.048.576 \text{ Striche}$$



Zusammenfassung

Die Mikroinkremente erhöhen die Auflösung eines Encoders, ohne physische Änderungen vorzunehmen, und sorgen für eine präzise Anpassung des Zählerwerts an die momentane Achsposition. Diese Technik ist nützlich, wenn die mechanische Konstruktion die Auflösung des Encoders begrenzt und eine höhere Genauigkeit benötigt wird.

Bei der Synchronisierung mehrerer Achsen mit inkrementellem Feedbacksystem ermöglicht die Funktion eine gleichmäßige und hochauflösende Positionsbestimmung, auch wenn Encoder mit unterschiedlicher Auflösung eingesetzt werden. Durch die Integration der Distributed-Clocks-Technologie wird die Synchronität und die Genauigkeit der Achsen weiter verbessert, was bei komplexen Bewegungsabläufen von Vorteil ist. Besonders wichtig ist dies in Automatisierungssystemen, bei denen mehrere Achsen gleichzeitig bewegt werden müssen. Durch die präzise Steuerung der Bewegungen können unerwünschte Vibratoren und mechanische Belastungen minimiert werden, was die Lebensdauer der Maschinen erhöht.

BECKHOFF

Sie möchten mehr erfahren?

Wir informieren Sie gern und freuen uns auf Ihre Anfrage:

support@beckhoff.com

► www.beckhoff.com/mikroinkremente

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülsborstweg 20

33415 Verl

Deutschland

Telefon: +49 52469630

info@beckhoff.com

www.beckhoff.com

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® und XTS® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltener Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Kennzeichen führen.

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Die Informationen in dieser Druckschrift enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Technische Änderungen vorbehalten.