

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

Keywords

Drehgeber
EL5021
Sinus
Encoder
SinCos
Geber
Position
Interface
Inkrement

Präzise Positionierung mit Positionsgebern 1 V_{SS}

Dieses Application Example befasst sich mit inkrementellen Positionsgebern zur Lagefeststellung von Antrieben mit sinusförmigen Ausgangsspannungen (1 V_{SS}) und der Signalauswertung durch das EtherCAT-Encoder-Interface EL5021 von Beckhoff.

Messwertaufnehmer

Drehgeber setzen mechanische Bewegungsabläufe (translatorisch | rotatorisch) in digitale Spannungswerte um. Sie werden hauptsächlich für Drehbewegungen an Antrieben eingesetzt, die einer permanenten Positionierung unterliegen oder in einer geschlossenen Regelstrecke betrieben werden. Meist arbeiten Drehgeber bzw. Encoder nach dem Prinzip der photoelektrischen Abtastung feiner Gitter und haben häufig eine rundliche Bauform. Drehgeber besitzen keinen eigenen Antrieb, sondern müssen aktiv mechanisch von einer Welle angetrieben werden.

Die Auflösung des Encoders limitiert die Genauigkeit der wiedergegebenen Position. Bei rotatorischen Bewegungen entspricht die Auflösung dem Quotienten aus Umdrehung (360°) und Anzahl der Segmente. Man erhält den kleinstmöglichen messbaren Unterschied zwischen zwei Positionen. Je mehr Segmente, desto höher die Auflösung und präziser die Positionsangabe. Für einfache Positionieraufgaben ist diese Auflösung oft ausreichend, um jedoch neben der Position auch noch den Gleichlauf der Achse zu überwachen, ist eine feinere Auflösung erforderlich.

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

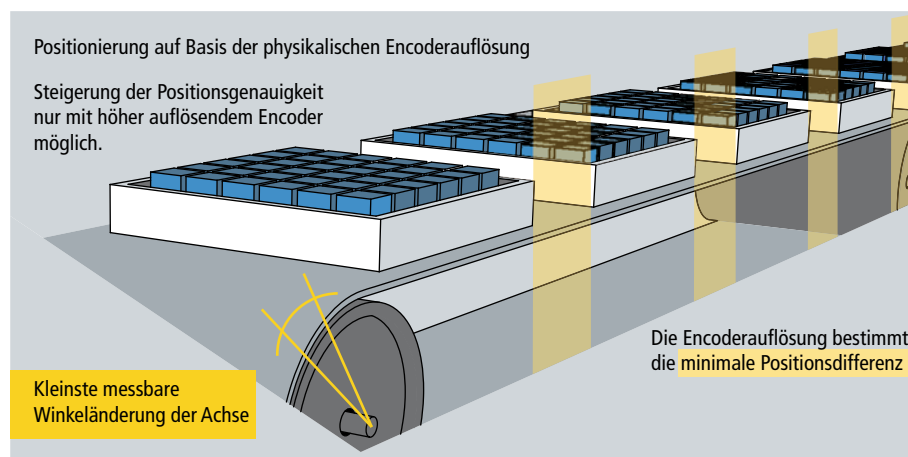


Abb.1 Die Auflösung des Encoders limitiert die Genauigkeit der wiedergegebenen Position.

Positionserfassung: absolut oder inkrementell

Entsprechend der Meß- und Auswerteverfahren unterscheidet man zwischen Absolutdrehgebern und Inkrementaldrehgebern.

Absolutdrehgeber geben jeweils auf Abruf die momentane Absolutposition des Meßsystems in Form eines eindeutigen Positionswerts aus, der in binärer Form an die Folgeelektronik weitergegeben wird. Zu den Vorteilen des Absolutwertgebers zählt, dass auch nach einem Spannungsausfall der Positionswert zuverlässig abgelesen werden kann, weil dieser in der Gebermechanik z. B. durch ein Getriebe „mechanisch gespeichert“ wird.

Die Ausgangssignale eines **inkrementelle Drehgebers** müssen immer durch eine Elektronik „gezählt“ und dort in Bezug zu einem Referenzpunkt/Startsignal gesetzt werden. Im Unterschied zum Absolutdrehgeber ist die Position des inkrementellen Gebers nach einem Spannungsausfall der Auswertelektronik nicht mehr bekannt. Deshalb werden nach dem Einschalten sogenannte Referenzfahrten zur „Nullung“ auf unabhängige Positionssensoren bzw. Endlagen ausgeführt.

Man unterscheidet zwischen ein- und zweikanaligen Positionsgebern: Geber mit nur einem Kanal eignen sich nicht zur Drehrichtungserkennung. Bei zweikanaligen Gebern lässt sich die Drehrichtung aus dem Phasenversatz der beiden Kanäle (meist A und B genannt) zueinander ableiten, evtl. wird ein zusätzlicher Referenzimpuls (Index C) pro voller Umdrehung auf einem weiteren Kanal ausgegeben.

Signalart: Rechteck- oder Sinusspannungen

Bei inkrementellen Gebern werden für die Kanäle A und B Rechtecksignale oder Sinusspannungen ausgegeben. Die sinusförmigen Spannungen sind um 90° phasenverschoben (entsprechend auch als Sinus und Cosinus bezeichnet) und können über die Folgeelektronik vielfältig weiterverarbeitet werden.

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

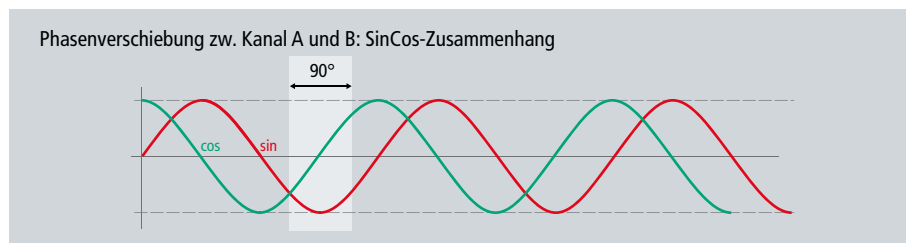


Abb.2 SinCos-Zusammenhang

Eine volle Umdrehung der Welle (360°) wird durch eine vollständige Sinus-Periode abgebildet. Die Ausgangsspannung des Gebers ist herstellerabhängig, üblich ist jedoch ein Ausgangspegel von einem Volt Spitze-Spitze ($1 V_{SS}$, engl. $1 V_{pp}$ „peak-to-peak“). Die Bezeichnung V_{SS} steht für den Spannungspegel vom unteren Punkt bis zum höchsten Punkt der Amplitude. Durch den Zusatz „Spitze-Spitze“ ist eine angegebene Spannung von der Referenz 0 V bzw. „Erde“ losgelöst und kann auf ein beliebiges Offset bezogen werden.

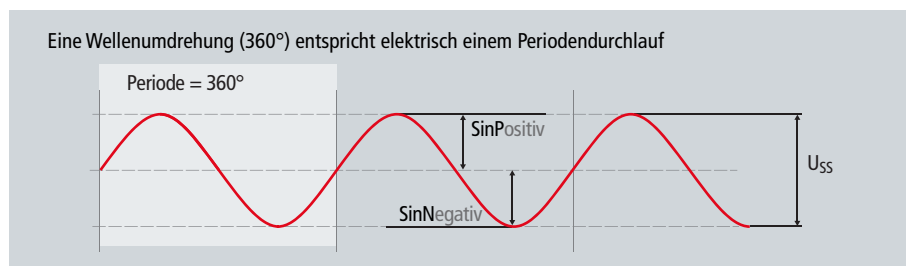


Abb.3 Durch den Zusatz „Spitze-Spitze“ ist eine angegebene Spannung von der Referenz 0 V bzw. „Erde“ losgelöst und kann auf ein beliebiges Offset bezogen werden.

Zur Vermeidung von Störungen auf den Signalleitungen werden jedoch nicht die GND-bezogenen Sinus- oder Cosinussignale, sondern deren potentialfreies Differenzsignal Sin_{Diff} bzw. Cos_{Diff} übertragen. Die Differenzsignale setzen sich daher aus dem Signal und dem invertierten Signal (Komplementärsignal) zusammen ($\text{Sin}_{\text{Diff}} = \text{Sin}_{\text{Pos}} - \text{Sin}_{\text{Neg}}$). Das Ausgangssignal des Sensors ist der Amplituden-Scheitelwert des Differenzsignals mit einem Pegel von $1 V_{SS}$ und entspricht dem Zweifachen der Signalspannung (vgl. Abb. 4).

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

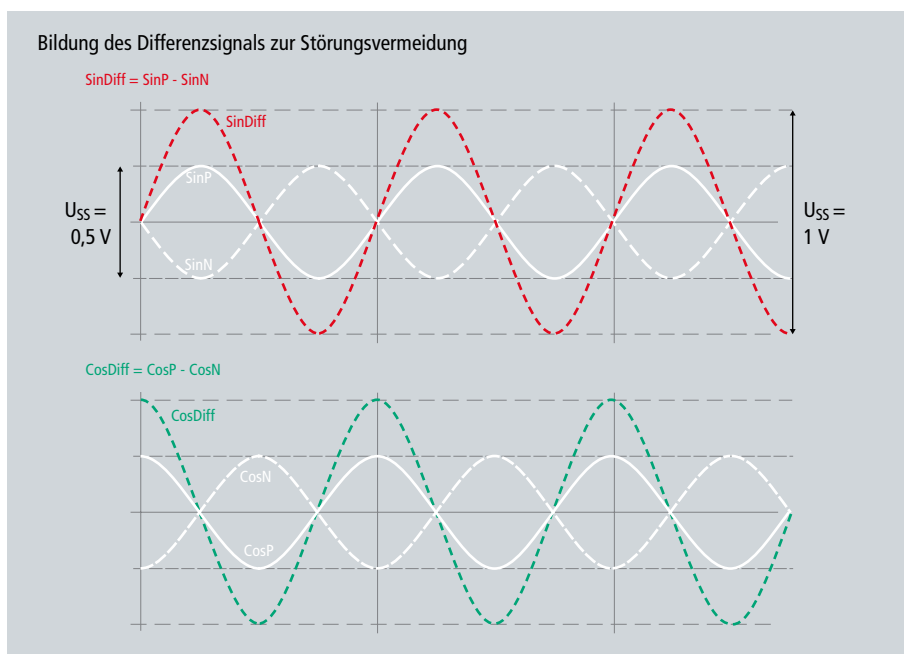


Abb.4 Bildung des Differenzsignals

Andere mögliche Spannungspegel von SinCos-Gebern reichen vom mV-Bereich bis hin zu mehreren Volt. Geber mit Stromschnittstelle haben typischerweise einen Pegel von $11 \mu\text{A}_{\text{SS}}$ bei $1 \text{ k}\Omega$ Last. Weiterhin typisch bei inkrementellen Gebern sind auch rechteckförmige Ausgangssignale mit 5 V TTL oder auch 30 V HTL, die wiederum nicht potentialfrei sind, sondern Bezug zur Masse haben.

Die Leistungsdaten eines Encoders liegen üblicherweise bei $100 \dots 10.000$ -SinCos-Perioden je Umdrehung. Die Drehbewegung der Welle definiert sich somit aus einer Mehrzahl von Positionsinformationen, aus denen die Folgeelektronik im ersten Schritt eine grobe Positionsbestimmung durch Zählung der Pulse bzw. Halbwellen ermittelt. Im zweiten Schritt werden die beiden momentanen Amplitudenwerte der Kanäle A und B (Sin_{Diff} und Cos_{Diff}) durch lineare Interpolation mathematisch zueinander ins Verhältnis gesetzt. Damit liegt auch innerhalb einer Halbwellen die aktuelle Winkellage des Amplitudenverlauf ($0 \dots 360^\circ$) vor. Somit wird bei SinCos-Signalen, im Gegensatz zu rechteckigen TTL-Signalen, eine nochmals höhere Ortsauflösung erreicht. Durch diese Form der Impulsvervielfachung lässt sich eine Maximierung der mechanischen Auflösung des Drehgebers erzielen, so dass auch bei sehr langsamen Bewegungen ausreichende Informationen zur Positionsbestimmung vorliegen. Gängige Interpolationsraten liegen oft bei $4 \dots 8$ Bit.

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

Bewertung der Signalgüte am Oszilloskop – Lissajous-Figuren

Zur visuellen Bewertung der Signalgüte können beide Ausgangssignale als XY-Darstellung auf dem Oszilloskop angezeigt werden. In dieser Darstellung ergeben die Signale Sin_{Diff} und Cos_{Diff} eine Lissajous-Figur, im idealsten Fall entsteht ein gleichmäßig runder Graph mittig auf der Anzeige. Erkennbare Abweichungen in Kreisform und Lage geben Rückschluss auf die Signalgüte und die Ausrichtung des Gebers. Die Größe des Kreises entspricht der Amplitude der Ausgangssignale. Verglichen mit dem Normkreis bei $1 V_{\text{SS}}$ deutet ein größerer Kreis einen Gain-Fehler an (blau). Offset-Fehler zeigen sich durch eine außermittige Position des Kreises (grün), während ellipsenförmige Abbildungen einen Phasenfehler abbilden (rot).

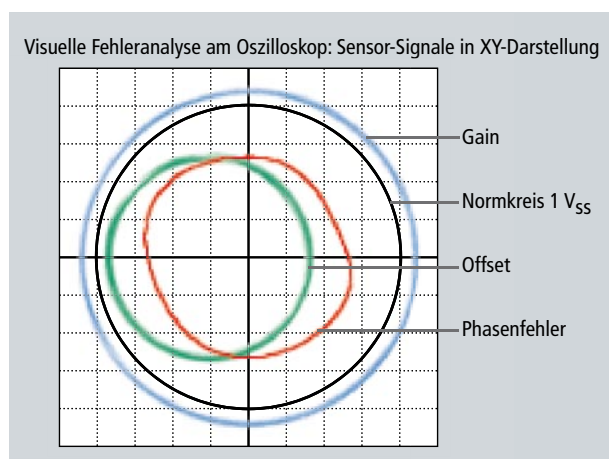


Abb.5 Lissajous 'scher Kreis zur Analyse von SinCos-Signalen am Oszilloskop

Praxisbeispiel | Genaue Positionierung in Echtzeit auch bei geringem Vorschub

Je höher die Interpolationsrate und damit die Ortsauflösung ist, umso genauer kann in der NC positioniert werden. Die benötigte Rechenzeit zur Interpolation in der Auswerteeinheit setzt dem Prinzip bei hohen Geschwindigkeiten aber Grenzen. Das 1-Kanal-SinCos-Encoder-Interface EL5021 von Beckhoff bietet zur Maximierung der Encoderauflösung in solchen Applikationen eine dynamische, frequenzabhängige Interpolationsrate. Bei einer dynamischen Anpassung an die aktuelle Geschwindigkeit wird deshalb bei niedrigen Verfahrgeschwindigkeiten oder im Stillstand die Position mit einer hohen Auflösung z. B. 13 Bit berechnet, bei höheren Verfahrgeschwindigkeiten nur noch mit geringerer Auflösung von bspw. 8 Bit.

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

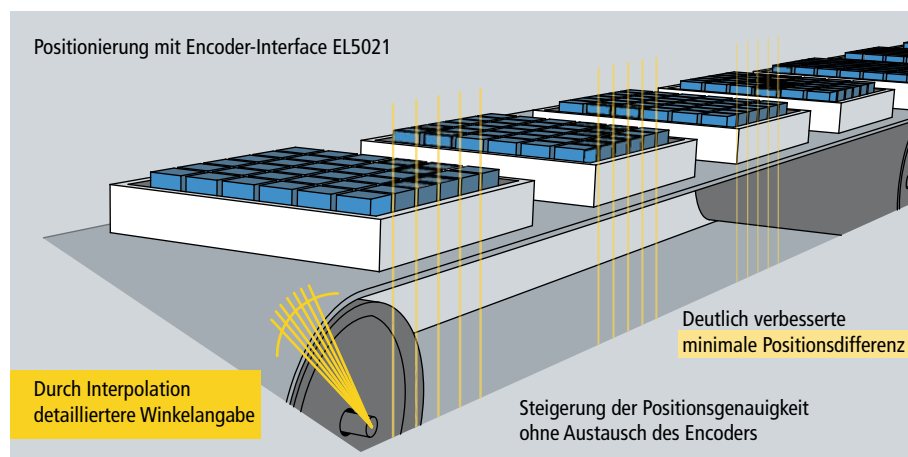


Abb.6 Verbesserte Positionierfähigkeit durch das Encoder-Interface EL5021

Wird ein Encoder mit einer Teilung von 1.000 Signalperioden pro Umdrehung verwendet, um pro Umdrehung einen Verfahrweg von 1 mm abzubilden, liefert die EL5021 bei niedrigster Interpolationsrate (8 Bit | 256fach) eine Auflösung von $1.000 \times 256 = 256.000$ Einheiten. Der Verfahrweg von 1 mm wird somit auf $1/256.000$ mm genau bestimmt. Bei einer mittleren Interpolationsrate von 10 Bit ist mit der identischen Messvorrichtung eine Positionsbestimmung auf $1/1.024.000$ mm genau möglich. In der maximal möglichen Interpolationsstufe von 13 Bit kann der Verfahrweg auf $1/8.192.000$ mm genau bestimmt werden, was einer Steigerung der Genauigkeit bei Einsatz der identischen Hardware um den Faktor 35 entspricht.

1-Kanal-SinCos-Encoder-Interface (1 V_{SS}) EL5021

Ein typisches Anwendungsgebiet von interpolierten inkrementellen Encoder-Signalen sind hochauflösende Feedback-Systeme für Positionierung in Echtzeit. Das SinCos-Encoder-Interface EL5021 dient zum direkten Anschluss eines Positionsgebers (5 V DC) an den übergeordneten Feldbus EtherCAT. Das sinusförmige Ausgangssignal 1 V_{SS} wird aufbereitet, interpoliert und als 32-Bit-Wert zur Verfügung gestellt, so dass eine einzige Signalperiode in einer Auflösung von bis zu 13 Bit zur Positionierung genutzt werden kann. Die EL5021 misst kontinuierlich beide differentiellen Analogsignale (Kanal A und B) und verrechnet sie zu einem Positionswert. Der Positionswert besteht aus der Anzahl der Perioden (Periodenzähler) und der aktuellen Position innerhalb der Periode (Periodenanteil). Zusätzlich wird auch die Referenzmarke in 32-Bit-Breite ausgegeben. Der aktuelle Zählwert und der Wert der Referenzmarke können permanent ausgelesen werden. Die maximal zulässige Eingangsfrequenz für die Messsignaleingänge beträgt 250 kHz. Die EL5021 führt eine Offset-, Gain- und Phasenfehlerkorrektur durch und stellt auch Diagnosewerte mit Prozessdatum zur Verfügung, beispielsweise eine Überschreitung der max. Frequenzgrenze des gültigen Auflösungsbereichs oder die zu geringe Spannung des Eingangssignals.

Application Note DK9221-1211-0053

Positionierung

Impulsvervielfachung durch Interpolation

Die Besonderheit des Encoder-Interface EL5021 ist die dynamische, frequenzabhängige Interpolationsrate zur Maximierung der Encoderauflösung zur Positionierung in Echtzeit. Die Ermittlung des Periodenanteils mit einer Auflösung von 8...13 Bit entspricht 256...8192 Abstufungen innerhalb einer Sinus-Periode. Durch den Anwender festgelegte Minima und Maxima in den oberen und unteren Frequenzbändern ermöglichen eine automatische Anpassung der Interpolationsrate an die Frequenz des Eingangssignals. Bei steigender Frequenz bzw. Verfahrensgeschwindigkeit reduziert sich die Interpolationsbreite automatisch. Sinkt die Signalfrequenz wieder ab, wird die Interpolationsrate automatisch bis zur maximal gewünschten Rate erhöht. 13 Bit ist die theoretische maximal gewünschte Auflösung, mit der das Signal bei Stillstand oder langsamer Bewegung ausgegeben wird. Dagegen werden bei eingestellter max. Periodenauflösung von 12 Bit bei der dann typischen max. Eingangsfrequenz von 80 kHz und damit schnellem Verfahren noch 6 Bit Periodenauflösung ermittelt.

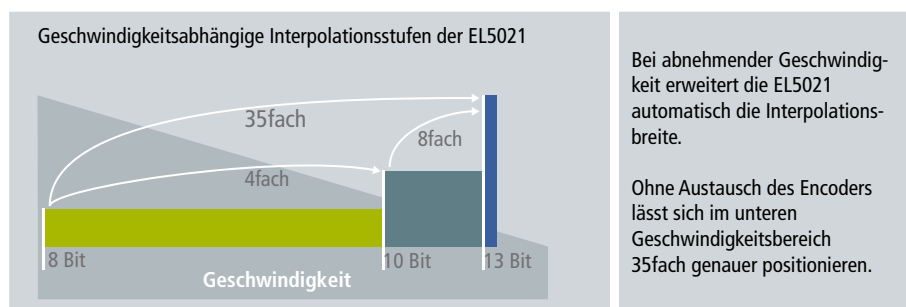


Abb.7 Geschwindigkeitsabhängige Interpolationsstufen der EL5021

– 1-Kanal-SinCos-Encoder-Interface, 1 V_{SS} www.beckhoff.de/EL5021

– EtherCAT www.beckhoff.de/EtherCAT

Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Kunden zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben. Eine detaillierte Beschreibung unserer Produkte enthalten unsere Datenblätter und Dokumentationen, die darin enthaltenen produktspezifischen Warnhinweise sind unbedingt zu beachten. Die aktuelle Version der Datenblätter und Dokumentationen finden Sie auf unserer Homepage (www.beckhoff.de).

© Beckhoff Automation GmbH, Dezember 2011

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.