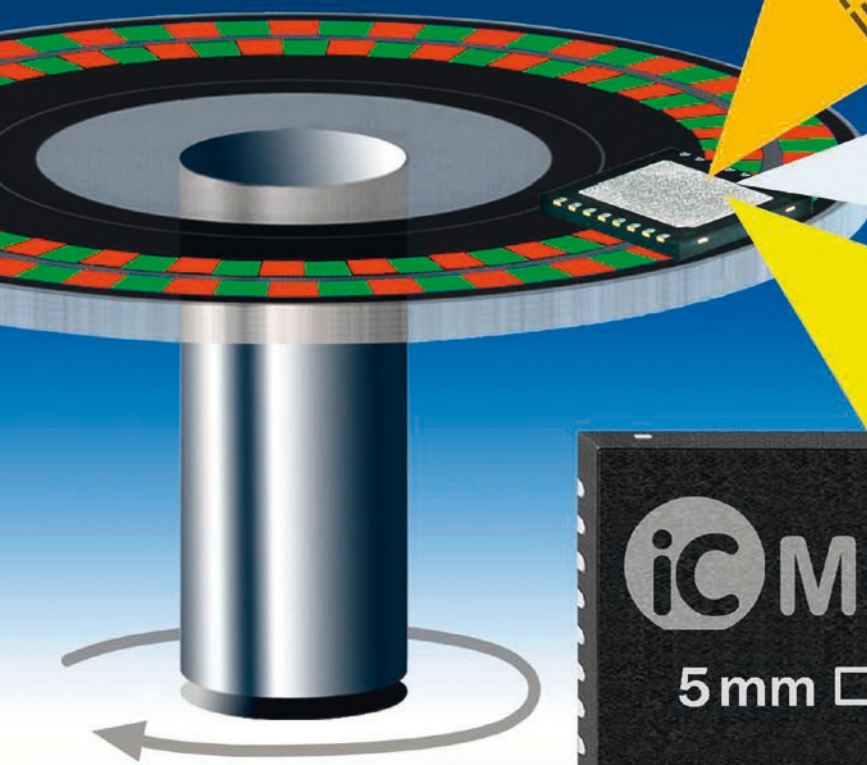


**18 bit**  
**5 arcsec**



incremental

commutation

absolute  
SPI BiSS

## 18 Bit Absolut Encoder-IC

Magnetisch, für Hohlwellen- und Lineargeber

Die meisten magnetischen Positionsgeber verwenden einen Diametral-Magneten und tasten zentrisch ab. Die dabei erreichbare Winkelauflösung und Genauigkeit wird allerdings durch die mögliche Interpolationstiefe und die verfügbare Feldqualität begrenzt. Optische Positionsgeber hingegen erreichen durch die Abtastung vieler Sinusperioden pro Umdrehung mühelos sehr hohe Auflösungen. Mit iC-MU wurde nun eine magnetische Chip-Lösung gefunden, die die Vorteile beider Lösungsansätze kombiniert und auf die prinzipiellen Vorteile magnetischer Sensorik nicht verzichten muss.

*Autoren: Hartmut Scherner und Joachim Quasdorf*

**A**ls Spezialist für optische und magnetische Sensor-ICs liefert iC-Haus GmbH hochintegrierte Chip-Lösungen für industrielle Sensoren. Der hier vorgestellte neue Hall-Encoder iC-MU ist ein System-On-Chip mit Noniusberechnung, der viele magnetische Nord-/Südpol-Paare auf einer Trommel, einer flachen Scheibe oder auf einem Band erfasst.

Die zu iC-MU passende magnetische Maßverkörperung benötigt zwei Inkrementalspuren mit Polbreiten von ca. 1,28 mm, wo-

bei sich die Anzahl der Polpaare über die Messdistanz um ein Polpaar unterscheiden muss. Zur Digitalisierung der Hall-Sensorsignale kommen zwei synchron arbeitende Sinus-Digitalwandler zum Einsatz, die als Vektor-Nachlaufwandler Feldänderungen mit 8 Msp/s nahezu verzögerungsfrei verfolgen. Anhand der Phasendifferenz zwischen den beiden Spursignalen berechnet der Hall-Encoder die Absolutposition über eine Noniusberechnung mit bis zu 18 Bit Auflösung, ohne dass eine Bewegung erforderlich wäre.

Eine Auflösung von 5 Winkelsekunden wird mit rotativen Anwendungen erreicht, wobei Eingangsdrehzahlen von bis zu 24.000 U/min möglich sind. Bei Anordnung der Polpaare auf einem magnetisierten Polymer oberhalb einer flachen Scheibe sind sehr kompakte Systeme möglich – ideal für einen direkten Anbau an den Motorflansch. Für die planparallele Abtastung erlaubt das IC typischerweise einen Arbeitsabstand von 4/10 mm.

Der Mikrochip integriert alle gewünschten Encoder-Funktionen auf kleinstmöglichem Bauraum, im 16-poligen DFN-Gehäuse auf nur 5 x 5 Millimetern. Die außermittige, so genannte Off-Axis-Platzierung erlaubt erstmalig Hohlwellen für hochauflösende magnetische Absolutgeber. Mit der Standardscheibe MU2S mit 32 Polpaaren im Durchmesser von 30 mm sind beispielsweise Achsen bis 10 mm durchsteckbar.

Zuverlässigkeit, hohe Schock- und Vibrationsfestigkeit, keine zerbrechlichen Teile, Unempfindlichkeit gegen Verschmutzung und Feuchtigkeit – Vorzüge, die für magnetische Systeme sprechen. Die ebenfalls verlangte hohe magnetische Störfestigkeit erreicht iC-MU durch seine mehrfach-differenzielle Feldabtastung.

## Montage

Gegenüber der zentrischen On-Axis-Platzierung des Sensorchips ergeben sich andere mechanische Fehlerquellen, die bei der Inbetriebnahme eines derartigen Systems zu beachten sind. Ein nicht auf dem idealen Abtastradius sitzender Hall-Encoder (Bild 2, Fig. B) verfälscht die Sinussignale; der radial verschobene Baustein erfasst die Maßverkörperung, bzw. die kuchenstückartigen, segmentierten Pole nicht mit dem richtigen Pitchmaß. Es entsteht ein konstanter Phasenfehler zwischen den Sinus- und Cosinusignalen aus der Hall-Abtastung, der dank der integrierten Signalabgleichmöglichkeit kompensierbar ist.

$$ERR_{RAD} = 90^\circ \cdot \left( \frac{D + \Delta R}{D} - 1 \right)$$

Formel 1 bestimmt den elektrischen Phasenfehler der Sensorsignale mit D als Abtastdurchmesser und  $\Delta R$  als Verschiebung in radialer Richtung. Ein radialer Versatz des Hall-Encoders um beispielsweise 1/10 mm ergibt bei einem Abtastdurchmesser von 26 mm (Standardscheibe mit 32 Polpaaren) einen Phasenfehler von 0,35°, bezogen auf eine elektrische Sinusperiode. Zur Umrechnung auf den mechanischen Winkelfehler pro Umdrehung von 360 Grad muss man durch die Anzahl der Polpaare teilen: bei 32 Polpaaren nur noch ca. 0,01 Grad.

Ein tangential verschobener Baustein ( $\Delta X$ ) hingegen beeinflusst den elektrischen Phasenwinkel beider Spursignale relativ gleichmäßig (Bild 2, Fig. A), so dass die Phasendifferenz für die Absolutwertberechnung weitgehend unverändert bleibt. Auch das Pitchmaß ändert sich nur geringfügig.

Eine exzentrisch aufgebraachte Maßverkörperung verursacht einen Taumel derselben (Bild 2, Fig. C). Je kleiner der Durchmesser ist, desto stärker ändert sich das Pitchmaß der Maßverkörperung und es entsteht ein langweiliger Fehler, der die Absolutgenauigkeit beeinflusst.

$$ERR_{WOB} = 360^\circ \cdot \frac{\Delta E}{2 * p}$$

Der Exzentrizitätsfehler errechnet sich aus der Verschiebung  $\Delta E$  der Maßverkörperung zur Drehachse und der Polbreite p der Maßverkörperung. Demnach führt ein Exzentrizitätsfehler von 10 Mikrometern auf einen Phasenfehler von 1,4 Grad bezüglich der Sinusperiode, bzw. auf einen mechanischen Winkelfehler von 0,05 Grad bezogen auf die mechanische Umdrehung (Beispielrechnung für die Standardscheibe, bzw. einen Abtastdurchmesser von 26 mm mit einer Polbreite von 1,28 mm und 32 Polpaaren). Bei der Bestimmung der Phasendifferenz zur Noniusberechnung spielt der Exzentrizitätsfehler nur eine untergeordnete Rolle, da er beide Signalspuren gleichermaßen beeinflusst.

Typisch für Hall-ICs sind Automatikfunktionen, die Amplitudenänderungen ausgleichen und Offsetfehler eliminieren. Jedoch können auch Sensor-Anbaufehler zu Signalfehlern führen, die die Messgenauigkeit verringern. Deshalb verfügt iC-MU über spezielle Kompensationsmöglichkeiten zur statischen Korrektur von anbaubedingten Signalfehlern.

## Schnittstellen

Die digitale Winkelposition kann über das inkrementale A/B/Z-Interface in beliebiger Auflösung und mit Interpolationsfaktoren von 1 bis 65536 ausgegeben werden. Diese als Flex Count bezeichnete Arithmetik ermöglicht es, mit nur einem Geberdesign auf unterschiedliche Anforderungen zu reagieren. Ein Design löst verschiedenste Gebertypen ab, unterschiedliche Maßverkörperungen sind nicht notwendig. Fertig aufgebaute Geber können mit der Auslieferung programmiert werden, für ein minimales Time to Market. Das Indexsignal ist bezüglich der Logikverknüpfung mit A und B sowie der absoluten Lage flexibel; das Setzen der Nullposition ist nach dem Anbau möglich.

Für die Ansteuerung bürstenloser Gleichstrommotoren bietet iC-MU drei Kommutierungssignale (U, V, W) für Motoren mit 1 bis 16 Polpaaren und ist damit ideal geeignet, als Positions- und Lagesensor in den Motor integriert zu werden. Die sonst als Kommutierungsgeber üblichen Hall-Schalter entfallen; die elektronische Einstellung der U/V/W-Signallage auf den Rotor ist ebenfalls ein nennenswerter Vorteil. Die Möglichkeit zur Hohlwellenmontage erlaubt es, auch Resolver einbaukompatibel zu ersetzen. Im Gesamtsystem betrachtet kann sich ein durchaus kostengünstiger Resolver-Ersatz ergeben, der dank seiner hohen Auflösung eine genauere Motorregelung ermöglicht.

Als serielle Schnittstellen stehen SPI für den direkten Anschluss an einen Mikrokontroller, BiSS für die bidirektionale und CRC-gesicherte Steuerungskommunikation auch über längere Anschlusskabel, oder SSI als Standard-Encoder-Schnittstelle zur Verfügung. Alle Schnittstellen erlauben Taktfrequenzen von bis zu 10 MHz. Mit Hilfe eines Dateneingangs unterstützt iC-MU Multi-Slave-Applikationen unter BiSS für eine Kettenschaltung mehrerer

## Auf einen Blick

### Kombi der Vorteile aus magnetischem und optischem Positionsgeber

Als vollintegrierte Single-Chip-Lösung eignet sich iC-MU zur Abtastung magnetischer Polräder und Bänder für typische Motion-Control-Applikationen, wie beispielsweise für absolute Positionsgeber, Inkrementalgeber und Kommutierungsgeber für bürstenlose Motoren. Die Positionsdaten werden in Echtzeit erzeugt und über serielle Schnittstellen (BiSS, SSI, SPI) sowie als Inkrementalsignal verzögerungsfrei angeboten – dank der besonderen FlexCount-Interpolation ist eine beliebige Impulszahl wählbar.

 infoDIREKT [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de)

526ei0312

Positionsgeber mit taktsynchroner Datenerfassung. Wird ein Referenzgeber verschaltet, kann die Absolutgenauigkeit während der Inbetriebnahme aufgenommen und ausgewertet werden, sogar bei höchster Geschwindigkeit. Die von iC-Haus kostenfrei zur Verfügung gestellte BiSS Reader-Software unterstützt durch Mathematik- und Grafikfunktionen beim Vergleich der Messwerte. Bild 3 zeigt beispielhaft eine derart aufgenommene Genauigkeitskurve.

**Messgenauigkeit**

Die dargestellte Messkurve zeigt die absolute Winkelgenauigkeit für ein iC-MU-System mit Standardscheibe. Die hier erreichte Winkelgenauigkeit ist besser als +/-0,1 Grad über eine komplette mechanische Umdrehung von 360 Grad.

Die Genauigkeit der Polrad-Magnetisierung kennt systematische Grenzen – variieren einzelne Pole, ergeben sich leichte Verschiebungen. Die vorliegende Messung lässt diesen Effekt im Bereich von 45° und 90° erkennen. Auch die mechanische Achsenkopplung zum Referenzgeber kann einen Zentrierungsfehler aufweisen, der als geringe langwellige Abweichung über eine Umdrehung sichtbar ist. Weil die magnetische Periode hier einem Winkel von nur 11,25 Grad entspricht, sind Periodenfehler bei der gezeigten Auflösung kaum wahrnehmbar; die Reproduzierbarkeit der Winkelschritte ist jedoch deutlich besser als 0,1 Grad.

**Lineare Anwendungen**

iC-MU ist ebenfalls für lineare Applikationen geeignet und kann Wegstrecken von 40, 80 oder 160 mm absolut messen, bei einer Positionsauflösung von ca. 160 nm. Für größere Messdistanzen können zwei Bausteine kaskadiert werden (Bild 4), wodurch sich die maximal mögliche absolute Wegstrecke um einen Faktor von 2 bis 64 verlängert. Absolute Wegmesssysteme für einige Meter sind so realisierbar mit Verfahrensgeschwindigkeiten von bis zu 16 m/s.

Wie Bild 4 zeigt, arbeitet iC-MU(2) als Multiturn-Baustein für iC-MU(1). Der Multiturn-Baustein bestimmt aus der mittleren Spur, mit z. B. 1024 Perioden, und der oberen Spur, mit z. B. 1023 Perioden, die absolute Position. Über den gesamten Messbereich von 2,6 Meter ist die Phasendifferenz eindeutig. Allerdings ist der Informationsgehalt sehr hoch, leichte Messfehler würden eine falsche Lageinformation erzeugen.

Der untere Baustein iC-MU(1) berechnet die Phasendifferenz zwischen der mittleren Spur, mit z. B. 1024 Perioden, und der unteren Spur, mit z. B. 992 Perioden. Damit erzeugt dieser Baustein ebenfalls eindeutige Positionswerte, die sich aber 32-mal auf der gesamten Messdistanz wiederholen. Die Multiturn-Information von iC-MU(2) kann dann zur Unterscheidung der 32 Segmente herangezogen werden.

Außer einer Kaskadierung von zwei iC-MU Bausteinen können auch andere Multiturn-Sensoren, beispielsweise Getriebesysteme, verwendet werden und ihre Multiturn-Daten an iC-MU liefern. Die Multiturn-Daten werden nach dem Anlegen der Versorgungsspannung automatisch eingelesen und im laufenden Messbetrieb zyklisch überprüft.

iC-MU arbeitet an 5 V im Einsatztemperaturbereich von -40 °C bis 95 °C. Der Baustein kommt im platzsparenden 16-Pin DFN-Gehäuse und benötigt nur 5 mm x 5 mm Platz auf der Platine. Zur Bemusterung stehen verschiedene magnetische Maßverkörperungen, Demo-Boards, PC-Adapter sowie eine Bediensoftware für Windows zur Verfügung. (sb)



Die Autoren: Dipl.-Ing. Hartmut Scherner, Entwickler, und Dipl.- Ing.Joachim Quasdorf, ASSP-Vertrieb bei iC-Haus.

Bild 1: Prinzipielle Anordnung von Polrad und Hall-Encoder iC-MU.

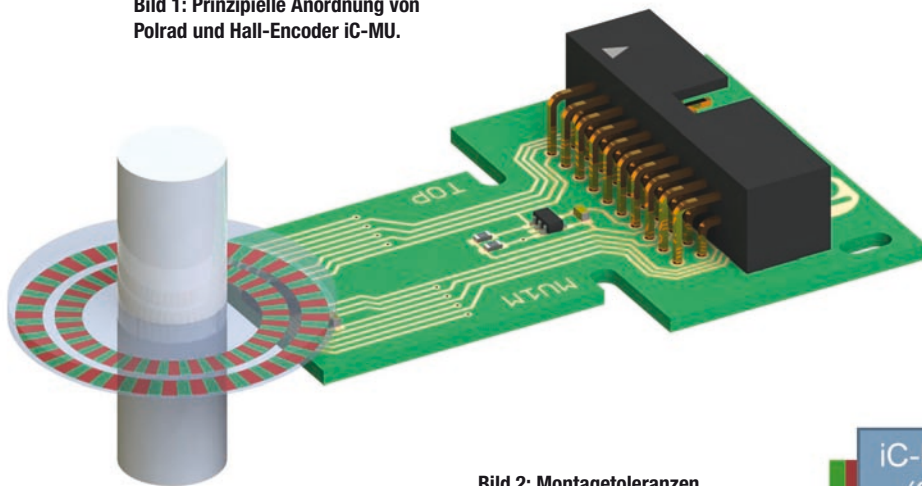


Bild 2: Montagetoleranzen.

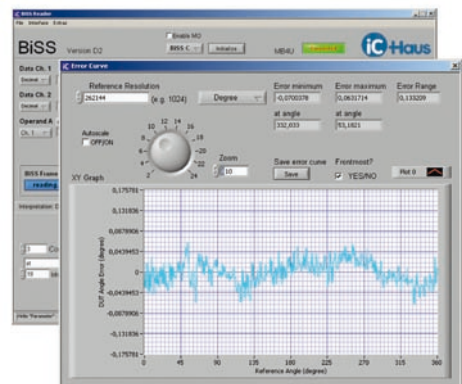
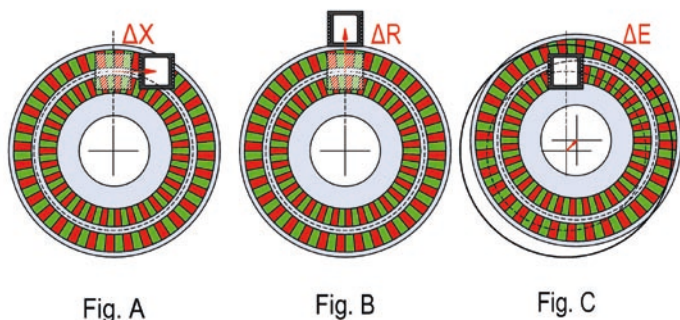


Bild 3: Gemessene Winkelgenauigkeit im System (Beispiel).

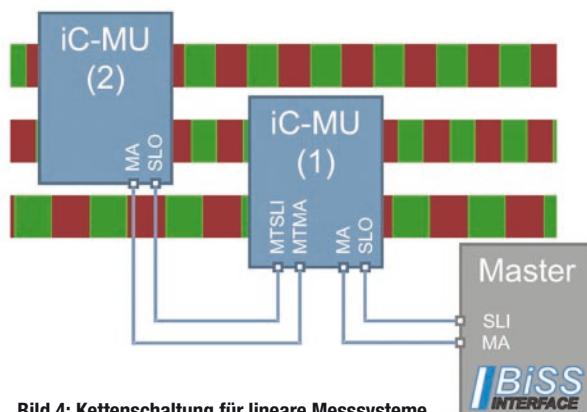


Bild 4: Kettenschaltung für lineare Messsysteme.