

Eine Fallstudie – Teil 1

# MR- und Hall-Winkelsensorik zur Positionserfassung im Vergleich

Dieser mehrteilige Beitrag gibt Hilfestellung anhand eines Praxis-Beispiels und nähert sich der Thematik durch eine Untersuchung zweier Winkelsensoren, als Stellvertreter für die AMR-beziehungsweise Hall-Technologie.

Der anisotrope magnetoresistive Effekt (kurz AMR-Effekt) ist ein „Widerstandseffekt“, der auf der Abhängigkeit des elektrischen Widerstands vom Winkel zwischen Stromfluss- und Magnetisierungsrichtung eines ferromagnetischen Materials basiert. Ein äußeres Magnetfeld kann die interne Magnetisierungsrichtung verdrehen und so Widerstandsänderungen ( $\Delta R/R$ ) von typisch einigen Prozent bewirken.

Zur Messung von Winkeln verwendet man mehrere zu einer Wheatstone-Brücke verschaltete Widerstände. Hier liefert jeder Teilwiderstand einen Änderungsbeitrag zur Differenz-Ausgangsspannung der Brücke, in Abhängigkeit der X/Y-Feldrichtung in der Ebene des Sensors sowie der in den Teilwiderständen vorhandenen Stromflussrichtung (Bild 1). Diese ist entweder durch die Ausrichtung der Widerstandsbahnen vorgegeben oder durch Kurzschlusskontakte (Barber Poles) in eine andere Richtung erzwungen.

Im Ergebnis liefert die Brücke eine Sinus-Differenzspannung von z. B. 70 mV (Beispiel aus Tabelle 1) mit einem periodischen Verlauf über  $180^\circ$  – ein genau entgegengesetztes Feld bewirkt ebenfalls den gleichen Widerstandseffekt.

Zur Auswertung dieser Brückenspannung bedarf es einer sinnvollen Referenz, besser einer Vergleichsspannung. Idealerweise ist dies eine zweite, verdreht angeordnete

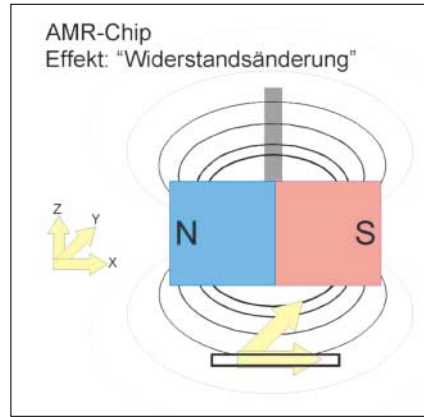


Bild 1: Beim AMR-Chip sind  $H_x$  und  $H_y$  die relevante Feldkomponenten, Winkelinformation durch Feldrichtung.

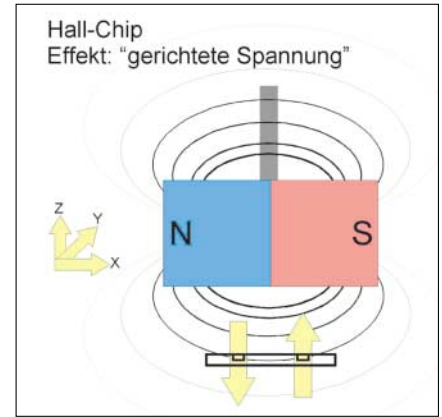


Bild 2: Beim Hall-Chip ist  $H_z$  die relevante Feldkomponente, die Winkelinformation durch lokale Gradienten.

te Brücke, die eine Cosinus-Differenzspannung liefert. Jetzt ist der zu messende Winkel aus dem Verhältnis beider Brückenspannungen zu ermitteln und gleichlaufende Veränderungen des Effektes heben sich auf.

Anders als beim MR-Sensor, der die Winkelinformation der Achse bzw. des Magneten durch den Feldvektor in der Chip-Ebene aufnimmt, ist für den hier behandelten Hall-Sensor die zum Chip vertikal verlaufende Feldkomponente interessant: der Hall-Effekt liefert eine gerichtete Span-

nung, typischerweise nur wenige mV, in Abhängigkeit der Magnetfeldstärke in der Z-Richtung (Bild 2).

Mithin sieht ein einzelnes Hall-Element nur den Abstand zum Magneten. Verwendet man aber mehrere Elemente, die an verschiedenen Stellen das Z-Feld aufnehmen, kann die Winkelinformation durch die Auswertung lokaler Gradienten ermittelt werden. Einmal festgelegt, bestimmt die Anordnung der Hall-Elemente auf dem Chip die Magnetauswahl – der Sensor muss das gekrümmte Nahfeld sehen.

**AUTOR**  
 Dipl.-Ing. Joachim Quasdorf ist bei IC-Haus im ASSP-Vertrieb und -Marketing in leitender Position für die technische Kundenbetreuung und Pressearbeit zuständig.

	MR-Sensor KMZ43T (Philips)	Hall-Sensor iC-MA (IC-Haus)
<b>Typ</b>	2x Doppelbrücke (Rb 3,2 kΩ)	4x HALL auf Kreis D 2 mm
<b>Gehäuse</b>	5 x 6,2 mm (SO8)	4 x 4 mm (DFN 10)
<b>Betrieb</b>	5...9 V, <4 mA, OTR -40...150 °C	5 V, <20 mA, OTR -40...125 °C
<b>Anregung</b>	$H_x/y > 25$ kA/m	$H_z > 20$ kA/m
<b>Sensorsignale</b>		
Winkelbereich [°]	180	360
Winkelgeschwindigkeit [kHz]	1 000 max.	1 max. (60 000 RPM)
Signalamplitude [mVp]	70 typ.	1 000 typ.
Signalamplitude TC [%/K]	-0,33 max.	geregelt
Signaldifferenzen [%]	$\pm 0,5$ max.	$\pm 5$ max.
Offset [mV]	$\pm 10$ max. (@ 5 V)	$\pm 50$ max. (über OTR)
Offset [%]	$\pm 14$ max.	$\pm 5$ max.
Offset TC [ $\mu$ V/K]	$\pm 20$ max. (@ 5 V über OTR; 0,3 % ab RT)	k. A.
Phasenfehler	k. A.	k. A.
Winkelabweichung [°]	$\pm 0,1$ max.(zur Gehäuseachse)	$\pm 3$ max.(zur Gehäuseachse)
Hysterese [mV]	bis 0,2 % FS (1,4 mV)	keine

Tabelle 1: Ausgewählte Sensor-Kenndaten.



## KOMPAKT

Den Entwicklungsingenieur von magnetischer Winkel- und Wegmess-Sensorik beschäftigt oftmals die Frage, welche anwendungsrelevanten Unterschiede zwischen magneto-resistiven Sensoren oder integrierten Hall-Sensoren bestehen. Kosten- und letztendlich Wettbewerbsvorteile sind nur dann erreichbar, wenn passend zur gestellten Aufgabe die am besten geeignete Systemlösung gefunden wird. Die Klärung dieser Frage ist nicht einfach und kann zeitaufwändig sein. Es müssen möglicherweise Sensoreigenschaften berücksichtigt werden, die ein Hersteller-Datenblatt nicht widerspiegelt.

Dabei ist von Vorteil, dass externe Gleichfelder nicht als Störung gesehen werden. Weil die Polarität der Hall-Spannung der Feldrichtung folgt, ist ein magnetischer Nordpol von einem Südpol unterscheidbar. Der Winkelmessbereich reicht deshalb bis  $360^\circ$ , bei einer im Vergleich zum MR-Sensor halbierten Empfindlichkeit für Winkeländerungen innerhalb von  $180^\circ$ . Sind die prinzipiellen Unterschiede verstanden, kann der Anwender als erste Erwartungen notieren:

- ▶ *Für den AMR-Sensor:* hohe Empfindlichkeit, rauscharmes Signal, großer Arbeitsabstand zum Magneten möglich, Messwinkel bis  $180^\circ$  (höhere Winkelpfindlichkeit), mögliche Störung durch externe Gleichfelder.
- ▶ *Für den Hall-Sensor:* vergleichbare Empfindlichkeit durch interne Vorverstärkung, Funktion nur im Nahfeld des Magneten, Messwinkel bis  $360^\circ$ , mögliche Störung durch „Dipolfelder“.

### Sensor-Spezifikationen im Vergleich

Als Beispiel für magnetische Sensorik zur Positionserfassung seien stellvertretend der MR-Winkelsensor KMZ43T (Philips) und der Hall-Sensor iC-MA (iC-Haus) ausgewählt. Für beide Sensoren geben die Datenblätter und Applikationshinweise unterschiedliche Vorschläge zur Auswahl des Magneten.

Der nachfolgende Versuch bestätigte aber, das für Messauflösungen bis  $0,18^\circ$  der gewählte NdFeB-Magnet von 4 mm Durchmesser den Anforderungen beider Sensoren genügt. Für die weitere Diskussion betrachten wir nur die analogen Sensorsignale, wie sie im nachfolgenden Experiment der Auswerteschaltung, dem Sinus-Digital-Wandler iC-NQ, zugeführt werden sollen.

Die Qualität der analogen Sinus-/Cosinus-Sensorsignale bezüglich oberwellenfreier Kurvenform, Amplitudengleichlauf, Phasengenauigkeit und Offset, sowie Veränderungen in Abhängigkeit der Feldstärke (auch durch Störfelder) oder Temperatur geben die Hersteller-Datenblätter in der Regel nicht komplett wieder (Tabelle 1). Zur Anpassung der Auswerteschaltung an den Sensor und zur Korrektur von Signalfehlern erster Ordnung sind die Angaben jedoch ausreichend.

Die Signalamplitude des MR-Sensors von typisch 70 mV erfordert eine Vorverstärkung, die der Hall-Sensor bereits ab Chip liefert. Allerdings ist die absolute Signalthöhe bei der Interpolation weniger fehlerbestimmend als eine Differenz zwischen der Sinus- und Cosinus-Signalamplitude. Beispielsweise bewirkt eine Signaldifferenz von 0,7% bereits einen Winkelfehler von ca.  $0,2^\circ$  bezogen auf die Signalperiode. Der MR-Sensor erreicht die 1%-Differenz nicht, die Kalibrierung des Hall-Sensors wird aufgrund der signalbezogenen Angabe von 5% erforderlich sein.

Noch wichtiger ist die Kalibrierung des Offsets; hier führt ein 1%-Fehler für das Sinus- und gleichzeitig für das Cosinus-Signal auf einen Winkelfehler von ca.  $0,8^\circ$ , wiederum bezogen auf die Signalperiode. Im Vergleich ist der Offset beim MR-Sensor deutlich höher als beim Hall-Sensor, der bereits im Chip konditioniert. Für genaue Winkelmessungen werden allerdings beide Sensoren die Offset-Kalibrierung erfordern. (jj)

*(wird im nächsten Heft fortgesetzt)*



## KONTAKT

iC-Haus  
www.ichaus.com

Kennziffer 597