

PRÜFSTAND FÜR EINEN INTELLIGENTEN HALBLEITER-WINKELSENSOR MIT ONLINE-DIAGNOSE

# Schnelle, sichere und hochauflösende Winkelmessung im Fahrzeug

Sensorsysteme mit Online-Diagnose sind die Voraussetzung für Anwendungen im Automobilbereich, in denen 'x-by-wire'-Systeme eine hohe Fehlerelbsterkennung auch im normalen Betriebsmodus verlangen. Zu den neueren hochintegrierten Halbleitersensoren zählen intelligente und kontaktlos arbeitende Winkelsensoren.

DIE AUTOREN



**Dr. Hans-Jürgen Meyer** ist Mitgeschäftsführer der 1995 gegründeten A.M.S. Software GmbH, Quickborn.



**Dipl. Ing. Ingobert Gort** ist bei Philips Semiconductors GmbH, Hamburg beschäftigt und dort verantwortlich für das Qualitätsmanagement der Produktlinie Halbleitersensoren.



**Dr. Ing. Marcus Weser** ist Systemingenieur bei der Philips Semiconductors GmbH, Hamburg, und dort verantwortlich für Systemkonzepte bei Winkelsensoren.

**Der Sensor**

Winkelsensoren, die den anisotropen magnetoresistiven (AMR-) Effekt ausnutzen, sind den herkömmlichen magnetischen Sensoren, die auf der Basis des Hall-Effekts beruhen, überlegen. Dieser Vorteil des KMA200 beruht darauf, dass die Richtung des Magnetfeldes gemessen wird und nicht die Magnetfeldstärke.

Diese „echte“ Winkelmessung realisiert der KMA200 mit Hilfe zweier AMR-Wheatstone-Brücken im Sensorkopf und einem Signalverarbeitungs-IC. Die miniaturisierte Bauweise des Winkelsensors (Bild 1, Maße ca. 5mm x 20mm x

1mm) erlaubt einen vielfältigen Einsatz.

Über die Anschlüsse des ICs wird der Winkelsensor mit einem Rechner bzw. einem Meßsystem verbunden, wobei sich die Ausgangssignale applikationsspezifisch anpassen lassen.

**Das Messprinzip**

Bild 2 zeigt eine typische Anordnung zur berührungslosen Winkelmessung mit magnetoresistiven Sensoren. Die Drehung des Magneten an einer Welle verursacht eine Änderung des Magnetfeldes.

Dieses Magnetfeld, bzw. dessen Winkel, wird vom Sensor erfasst und steht als Information z.B. für Motorsteuerung- und EGAS-Systeme zur Verfügung. Einsatzfelder sind im Automobil z.B. die Erfassung

der Position von Brems- und Gaspedal, Lenkrad oder Drosselklappe. Der magnetoresistive Effekt bewirkt bei magnetischen Materialien wie Permalloy, daß sich unter Einwirkung eines externen Magnetfeldes ihr Widerstand ändert. Dabei hängt die Widerstandsänderung nur von der Richtung des Magnetfeldes ab, nicht von der Magnetfeldstärke. Das ist der entscheidende Vorteil gegenüber Hall Sensoren.

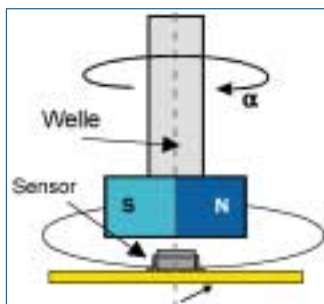
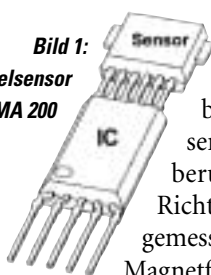
Die Widerstandsänderung wird im Sensor über zwei Wheatstone-Brücken erfaßt, die auf einem Siliziumsubstrat aufgebracht sind. Jede der Brücken liefert eine sinusförmige Ausgangsspannung, die dem Winkel zwischen dem externen Magnetfeld und dem Sensor entspricht. Die Signale sind dabei um 90° phasenverschoben. Werden diese als real- und imaginär Teil einer komplexen Zahl interpretiert, so kann gemäß der Eulerschen Korrelation  $\alpha = 1/2 \arctan(X/Y)$  der gesuchte Winkel bestimmt werden.

**Die Sensor-Systemarchitektur**

Ein Blockschaltbild des Winkelsensors KMA200 zeigt Bild 3. Der IC verbindet die Signalverarbeitungselektronik mit der Funktion der Eigenüberwachung (Online-Diagnose).

Die Eingangsstufe nimmt die analogen Brückensignale auf stellt sie über einen A/D-Wandler (16 Bit Auflösung) dem im ROM integrierten Programm zur Verfügung. Gemäß einer kundenspezifischen Programmierung des EEPROMs

**Bild 1:** Winkelsensor KMA 200



**Bild 2: Mechanischer Aufbau für Winkelmessungen**

wird das Ergebnis über die Ausgangsstufe digital (SPI-Protokoll) oder analog dem übergeordneten System zur Verfügung gestellt.

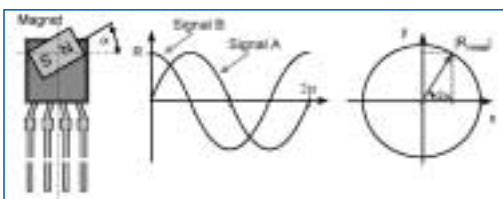
Die Online-Diagnose während des normalen Betriebsmodus stellt einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor dar. Bestandteile der Überwachung sind

- ▷ Plausibilitäts-Überprüfung der magnetoresistiven Sensorsignale
- ▷ Temperaturmessung für Warn- und Shut down- Funktionen
- ▷ Ausgangssignalüberwachung

- ▷ Spannungsquelle mit programmierbaren Betriebsspannung von 0 – 24 VDC und stufenlos regulierbarer Strombegrenzung
- ▷ Zwei-Kanal-Oszilloskop, um Flanken von Rechteckpulsen bis zu 1 MHz messen zu können
- ▷ Digital-Multimeter mit 5 ? Digits Auflösung
- ▷ Digital-I/O-Karte, zur Behandlung des bitseriellen Protokolls bis zu einer Frequenz von 1 MHz
- ▷ Multi-DAQ-Karte zur Erfassung

von digitalen und analogen Überwachungssignalen

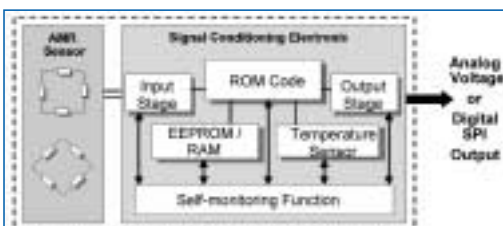
- ▷ DAC-Karte zur Ansteuerung von Stromquellen für die Hexapol-Magnetversorgung
- Folgende Anforderung sind von der Prüfsoftware zu erfüllen:
- ▷ Kommunikation mit dem Prüfling über die SPI-Schnittstelle für Betriebs- und Programmierungsfunktionen
  - ▷ Betrieb aller I/O-Karten und externen Geräte



**Bild 3: Messprinzip eines magnetoresistiven Sensors mit zwei Wheatstone-Brücken**

über ein Rücklesen der analogen Signale

- ▷ RAM- und EEPROM-Inhalte mittels eines CRC (Cyclic Redundancy Check)
- ▷ eine unabhängige Schaltung zur Überprüfung des Oszillatortaktes
- ▷ Watchdog und Fail-Safe Funktionen zur Ablaufüberwachung



**Bild 4: Das integrierte Winkelmeßsystem mit Online-Diagnose**

Eine detaillierte Beschreibung ist in [1] und [2] angegeben. Auf die sich ergebenden Anforderungen des Prüfstandes wird im folgenden eingegangen.

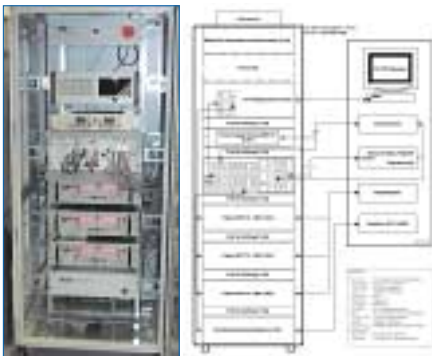
#### Anforderungen an den Prüfstand

Folgende Anforderungen sind von der Prüf- und Meßtechnik des Prüfstandes zu erfüllen, wobei alle Geräte von der Prüfsoftware auf dem Prüfstands-PC gesteuert bzw. ausgelesen werden müssen:

- ▷ Überwachungsfunktionen für die Sensor-Prüfbox und die Magnetspulen
- ▷ Einfache Erstellung, Änderung und Ausführung von Prüfbläufen

**Prüftechnik**

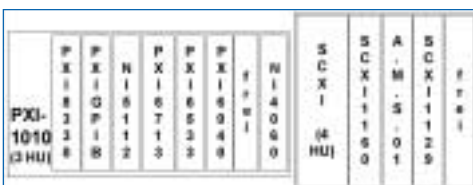
Der Prüfstand insgesamt ist schematisch im Diagramm von **Bild 5** und die Prüftechnik allein zusätzlich in dem Photo dargestellt.



**Bild 5: Photo und schematische Darstellung des Prüfstandsbaus**

Die Prüftechnik besteht aus folgenden Komponenten mit ihren Funktionen (**Bild 4** von oben nach unten):

- ▷ 19"-Rack mit Lüfteraufsatz, Glasstür sowie Automaten, Netzschalter und Notaus
- ▷ 19"-Prüfstands-PC
  - mit serieller Schnittstelle für den Betrieb der Drehtischsteuerungseinheit -
  - Netzwerkkarte zum Anschluß an das Labornetzwerk im Qualitätslabor
  - PCI-MXI-3-Karte zum Betrieb des PXI-System



**Bild 6: Photo und schematische Darstellung des integrierten PXI/SCXI-Systems**

- ▷ IEEE programmierbare Spannungsquelle zur Versorgung des Prüflings
- ▷ PXI-System zur Aufnahme der Meßtechnik (s. Meßtechnik)
- ▷ 3 analog steuerbare Stromquellen zur Versorgung der Magnetspulen mit Strömen bis zu 16 A
- ▷ Drehtischsteuerungseinheit mit serieller Schnittstelle zur programmierbaren Steuerung des Drehtisches

**Meßtechnik**

Die Meßtechnik ist vollständig in kompakter Form in ein PXI-System der Fa. National Instruments integriert, wobei hier ein gemischtes PXI/SCXI-System gewählt wurde, um notwendige Switch- und Matrix-Module in der geforderten Kanalzahl gleichzeitig aufnehmen zu können.

Im **Bild 6** ist ein Ausschnitt aus **Bild 4** zur besseren Beschreibung der Meßtechnik dargestellt, die aus folgenden Komponenten mit ihren Funktionen besteht:

- ▷ PXI-1010: PXI-Überrahmen mit 8 Steckplätzen für PXI-Module und 4 Steckplätzen für SCXI-Module
- ▷ PXI-8330: MXI-3-Controller zum Betrieb des PXI-Systems vom Prüfstands-PC
- ▷ PXI-GPIB: GBPI-Modul zum Anschluß der externen Geräte Spannungsquelle und Thermosteam
- ▷ NI-5112: Zwei-Kanal-Oszilloskop mit 100 MHz für die Auswertung schneller Signale
- ▷ PXI-6713: DAC-Modul zur analogen Ansteuerung der Stromquellen
- ▷ PXI-6533: Digital I/O-Modul zum Anschluß und Betrieb der bitseriellen Schnittstelle des Prüflings
- ▷ PXI-6040: Multi-DAQ-Modul zur Aufnahme von analogen und digitalen Überwachungssignalen aus der Sensor-Prüfbox
- ▷ PXI-4060: Multimeter-Modul zur Messung statischer Spannungen und Ströme sowie zur Anbindung des SCXI-Busses an den PXI-Bus
- ▷ SCXI-1160: Switch-Modul zur gesteuerten und schnellen Auf-



**Bild 7: Oberfläche der LabNet-Software für den automatisierten Prüflauf**

und Abschaltung von Versorgungsspannungen

- ▷ AMS-01: Adapter-Modul zur Aufnahme einer spezifischen Schaltung zum Betrieb der digitalen Schnittstelle des Prüflings und zur Aufbereitung des Thermocouple-Signals
- ▷ SCXI-1129: Matrix-Modul (8x32) für die Aufnahme der Schnittstelle des Prüflings und die steuerbare Verteilung der einzelnen Anschlüsse zu den Ein- oder Ausgängen der einzelnen Meßgeräte.

**Prüfsoftware**

Um die Flexibilität der hier vorgestellten und ähnlich komplexer Prüfstands-Hardware voll ausnutzen zu können, wurde die konsequent modular aufgebaute, universelle Software LabNet mit LabVIEW unter Windows NT entwickelt.

LabNet wird für die Qualitätsprüfung der Prüflinge eingesetzt, womit die Messung von relativ vielen Parametern in einem automatisierten Ablauf gemeint ist. Es stellt eine allgemeine Umgebung für die Ausführung frei definierbarer Steuerskripte, das Visualisieren und Archivieren der Daten, sowie eine Schnittstelle zu den Geräte-Steuermodulen zur Verfügung. Die Steuerskripte können mit Hilfe eines in LabNet integrierten Skript-Editors und -Interpreters entwickelt und getestet werden. Unterschiedliche Prüflinge und deren Vielzahl an Parametern wird durch Excel-basierte, prüflingspezifische Parameterlisten erfaßt.

Die eigentliche Kommunikation mit der Meßtechnik-Hardware (Steuern und Messen) wird in den Geräte-Steuermodulen realisiert (Lab-

VIEW). Diese sind ans LabNet dynamisch angeschlossen (LabVIEW VI-Server). Somit können bei Bedarf weitere Geräte-Steuermodule hinzugefügt bzw. die bestehenden modifiziert werden, ohne daß das Hauptprogramm (LabNet) neu kompiliert werden müßte. Damit ist der Einsatz von LabNet auf verschiedenen Prüfständen und unter sich weiterentwickelnden Anforderungen erzielt, was die Akzeptanz beim Anwender deutlich steigert.

Die Benutzung des MAX (Measurement and Automation Explorer), speziell der dort definierbaren virtuellen Kanäle, kommt diesem Ansatz

durch den hohen Abstraktionsgrad entgegen.

Ein zentrales Software-Modul ist die Kommunikation mit dem KMA200-Sensor über die bitserielle Schnittstelle (SPI). Das SPI-Protokoll wurde unter Einsatz der schnellen digitalen I/O-Karte

realisiert, deren Fähigkeit programmierbare Bitfolgen (Pattern) zu generieren, zu speichern und auszuführen, benutzt wird.

Neben der Qualitätsprüfung mit Hilfe von LabNet können mit einer speziellen Software (KMA200-SLH, siehe **Bild 7**) direkte, „manuelle“ Programmierungen, Messungen und Untersuchungen an den Sensoren vorgenommen werden. Diese Software nutzt einige der für LabNet entwickelten Geräte-Steuermodule.

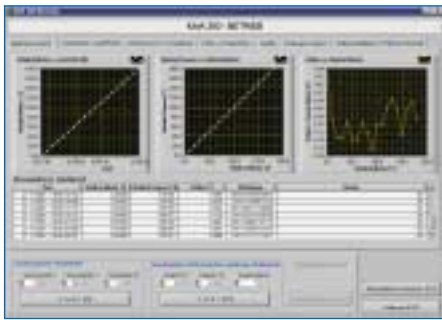
### Zusammenfassung

Das berührungslose Sensorsystem KMA 200 basiert auf den magnetoresistiven Effekt kombiniert mit umfangreichen Diagnosefunktionen während des normalen Betriebes. Dieses neuartige Prinzip der Winkelmessung ermöglicht einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor und setzt damit neue Maßstäbe.

Der vorgestellte Prüfstand zeichnet sich durch seine komplexe und hochintegrierte Prüf- und Meßtechnik aus. Der PXI-Gerätestandard von National Instruments erleichtert dabei nicht nur die komfortable hardware-seitige Integration sondern auch die einfache Anbindung an der mit LabVIEW erstellten Prüfsoftware. Die VI-Server-Eigenschaft von LabVIEW führte zu dem LabNet-Konzept, die sich inzwischen bei der Realisierung mehrerer Prüfstände bewährt hat.

[www.philipssemiconductor.com](http://www.philipssemiconductor.com)

308



**Bild 8: Oberfläche der KMA-SLH Software für den Betriebs-Modus**