

Sensorsignale sicher übertragen

Alle Türen offen

Sensoren erfassen dezentral Messwerte für eine breite Palette von physikalischen Parametern und kommunizieren diese als elektrische Größe an die Systemsteuerung zur weiteren Verarbeitung. Für den Entwickler der Sensorelektronik liegt die Herausforderung nun darin, die meist sehr kleinen Signaländerungen in einer gestörten industriellen Umgebung optimal zu konditionieren und sicher an die Systemsteuerung zu übertragen. Eine modulare Lösung hält dem Entwickler alle Türen offen.

Horst Huse

Ein Sensor erzeugt je nach Funktionsprinzip eine Widerstands-, Kapazitäts-, Induktivitäts-, Spannungs- oder Stromänderung proportional der zu messenden physikalischen Größe. Zumeist sind diese Signaländerungen sehr klein, und in der Umgebung, in der sie arbeiten müssen, herrschen oft starke elektromagnetische Störungen, die das Signal beeinträchtigen können. Wie ist es möglich, über meterlange Kabel sich schnell ändernde Sensorsignale zu übertragen? Bei der Festlegung der Systemstruktur für den Anschluss von Sensoren muss der Anwender jeweils die unterschiedlichen Anforderungen der Zielanwendungen berücksichtigen. Oft gibt es dabei mehrere Alternativen, und es gilt, die jeweiligen Vorteile gegen eventuelle Nachteile abzuwägen. Folgende Punkte sind detailliert zu analysieren:

- physikalische Übertragungsart (z.B. einphasig oder differenziell),
- geforderte Leitungslänge und zu erwartende Störumgebung,
- Übertragungsgeschwindigkeit oder auch geforderte Zykluszeit,

- erforderliche Übertragungsprotokolle und Störsicherheit,
- Sensorsignal-Konditionierung (z.B. Verstärkung und/oder Kalibrierung), lokal oder zentral,
- Art der Sensorsignal-Digitalisierung (z.B. Auflösung, Geschwindigkeit, etc.) und deren Ort (lokal oder zentral in der Steuerung),
- Spannungsversorgung des Sensors und der Übertragungsmittel,
- Funktionsüberwachung und Fehlererkennung (des Sensors oder der Übertragungsstrecke auf eventuellen Kurzschluss oder Leitungsbruch),
- Betriebssicherheit (für Safety-Anwendungen) und Installation (Toleranz gegen

Verdrahtungsfehler, keine Zerstörung) sowie
 ■ Zielkosten pro Übertragungsstrecke zum Sensor. Speziell der letzte Punkt, die Zielkosten, kann bei Anwendungen mit einer hohen Sensoranzahl im System ein wesentlicher Faktor für die Entwurfsentscheidungen sein. Dabei gilt es, den ständigen Konflikt zwischen »nice to have« und »must have« aufzulösen, um sowohl die Zielspezifikation zu erfüllen als auch die Zielkosten einzuhalten. Optimal allerdings wäre es, wenn es gelänge, die gesamten Systemkosten für alternative Lösungen zu bewerten. Häufig verringert nämlich ein höherer Aufwand an einer Stelle die Kosten an einer anderen Stelle. Dieser »systemische« Ansatz soll zu neuen, innovativen Lösungen im Gesamtsystem führen, denn er soll das Gesamtprodukt in seinem PreisLeistungsverhältnis ständig konkurrenzfähiger machen. Als ein typisches Beispiel für derartige Systemüberlegungen soll hier die Anbindung von schnellen Wegsensoren in einer industriellen Anwendung dienen.

Analog oder digital?

Bild 1 zeigt als Blockdiagramm die gesamte Übertragungsstrecke vom mag-

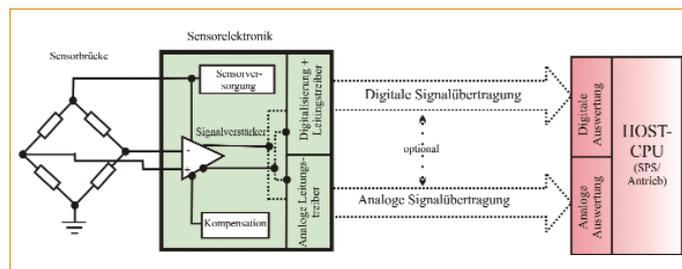


Bild 1: Systemlösungen zur Sensorsignalübertragung

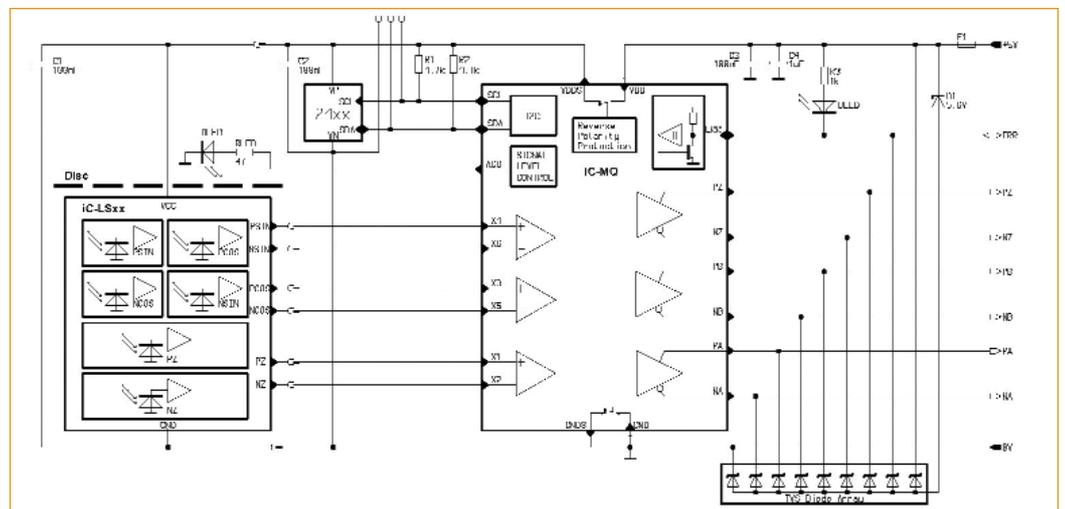


Bild 2: Optischer Encoder mit digitaler Signalübertragung

netischen oder optischen Wegsensor bis zum zentralen Rechner (Host-CPU). Meist gibt es hier die Forderung, eine Übertragungsstecke von 10 m bis 100 m – oder auch mehr – im industriellen Umfeld zu realisieren. Die wichtigsten Funktionsblöcke in Bild 1 sind die Sensorbrücke mit Stromversorgung, die Signalkonditionierung mit Verstärkung, die Digitalisierung, die Übertragungsstrecke und die zentrale Host-CPU der SPS oder des Antriebs.

Für die schnelle Weg- und Winkelerfassung kommen meist magnetische oder optische Sensorbrücken zum Einsatz. Eine differenzielle Übertragung liefert auch in einem gestörten Umfeld sichere Sensorsignale für die Sinus- und Kosinussignale sowie den Nullimpuls. Die kleinen differenziellen Signalgrößen sprechen hier eindeutig für eine lokale Signalverstärkung mit Konditionierung möglichst direkt im Sensor. Alternativ können der Abgleich, die Kompensation der Alterung und die Linearisierung im Sensor oder auch im Antrieb erfolgen.

In vielen traditionellen Anwendungen wandelt eine Elektronik die Sensorsignale in eine proportionale Spannung oder einen proportionalen Strom um (z.B. 0 V bis 10 V oder 0 mA bis 20 mA) und gibt diese dann über verdrehte Kabel (mit Spannungsversorgung) an die Steuerung aus. Die für Störungen empfindliche analoge Übertragungsstrecke beeinflusst jedoch die Signalqualität und kann die Messgenauigkeit begrenzen. Dieses Manko kennen digitale Schnittstellen nicht, jedoch bestimmt dann die A/D-Wandlung im Sensor Auflösung und Genauigkeit. Dies begrenzt die Möglichkeiten der zentralen Steuerung, genauere Signalanalysen durchzuführen.

Ein alternativer Ansatz ist hier, die differenziellen Sensorsignale direkt analog zu verstärken, sodass eine differenzielle analoge Datenübertragung über längere Leitungen stattfinden kann. Die Signale lassen sich dann zentral über Multiplexer mit nachgeschalteter A/D-Wandlung mit viel höherer Auflösung digitalisieren. Sind mehrere Sensoren auszuwerten, könnte die zentrale Digitalisierung mehrerer Signale kostengünstiger erfolgen als dezentral in jedem Sensor. Die Abtastung der Sensorsignale mit dem Steuerungstakt und die Parameter für Datenwandlung und Fehlerkompensation lassen sich beim analogen Ansatz flexibel wählen.

Die Digitalisierung der Messsignale im Sensor mit nachfolgender digitaler Übertragung bietet sich an, um die zentrale Steuerung von analogen Baugruppen zugunsten von Bauraum und Steckverbindungen zu entlasten, was Kosten spart. Bild 1 zeigt daher beide Optionen als alternative Pfade. Um die jeweiligen Vorteile optimal nutzen zu können, sollte ein Sensor mit beiden Optionen verfügbar sein. Erreichen lässt sich dies durch ein modulares Konzept in der Sensorelektronik und anschlusskompatible IC-Lösungen, die entweder die analoge oder die digitale Signalübertragung als Option bieten.

Modulare Lösung

Um auf Sensor- und Systemebene möglichst flexibel zu sein, ist eine Pin-Kompatibilität auf der IC-Ebene einzuplanen. Dadurch lassen sich unterschiedliche Optionen durch eine alternative Bestückung einfach realisieren. Alle sensorspezifischen Eigenschaften für Signalverstärkung und Konditionierung, Sensorspannungsversorgung, Fehlererkennung/

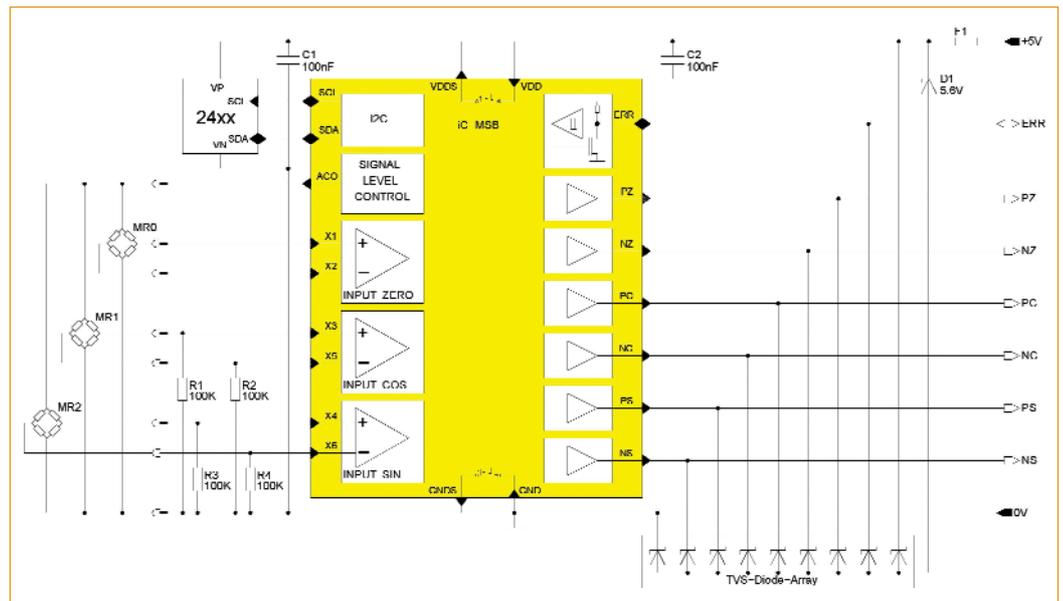


Bild 3: Magnetischer Encoder mit analoger Signalübertragung für sicherheitskritische Anwendungen

Behandlung sowie Schaltungsschutz sind dabei identisch ausgeführt. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass einmal die Sensorsignale differenziell per Analog-Leitungstreiber ausgegeben werden und ein anderes Mal als digitalisierte Signale über differenzielle RS-422-Leitungstreiber – und zwar an den gleichen Anschlüssen. Dies ist speziell bei optischen oder magnetischen inkrementellen Encodern möglich, da die Signale für Sinus und Kosinus den A/B-Signalen entsprechen und der Nullimpuls getrennt verfügbar ist. Bild 2 zeigt das Beispiel eines optischen inkrementellen Encoders mit drei Spuren (Sinus, Kosinus und Nullindex) auf Basis des »iC-MQ« von iC-Haus. Die optische Sensorbrücke wird direkt vom Chip aus versorgt, und die Eingangsverstärker verstärken die Brückensignale und kompensieren Alterung und Temperaturschwankungen. In dem externen EEPROM mit I²C-Bus-Schnittstelle werden die Daten der In-Circuit-Kalibrierung mit CRC-Code fehlertolerant gespeichert. Mit dem programmierbaren Verstärker lassen sich Offset, Amplitude und Phase kompensieren.

Der integrierte und latenzfreie Sinus/Digital-Wandler arbeitet mit 9 Bit Auflösung und liefert bis zu 400 Winkelschritte pro Signalperiode. Die erreichbaren Eingangsfrequenzen liegen in Abhängigkeit von der Anzahl der Interpolationsschritte zwischen 10 kHz und 200 kHz. Die Signal- und Betriebsüberwachung ist einstellbar und generiert ein Fehlersignal für die externe Auswertung. Es sind umfangreiche Funktionen für Selbsttest und Systemdiagnose zur Überwachung des optischen oder magnetischen Sensors integriert. Die integrierten fehlertoleranten RS-422-Leitungstreiber liefern typisch 60 mA für die schnelle Datenübertragung in 5-V-Systemen. Für 24-V-Anwendungen können externe Kabeltreiber (z.B. »iC-HX«) die Stromfähigkeit verbessern und durch thermisch optimierte Gehäuse höhere Wärmeverluste abführen. 24-V-Signalfrequenzen bis 1 MHz mit Leitungslängen von 100 m stellen kein Problem dar.

Sicherheit inklusive

Die funktions- und anschlusskompatible Realisierung für die differenzielle analoge Sig-

nalübertragung zeigt Bild 3 anhand eines magnetischen inkrementellen Encoders. Die magnetischen Sensorbrückensignale (alternativ auch optische, wie in Bild 2 gezeigt) verstärkt und konditioniert der »iC-MSB« in der gleichen Weise wie der »iC-MQ«. Es fehlt lediglich die Digitalisierung mit dem 9-Bit-Sinus/Digital-Wandler. Die digitalen RS-422-Leitungstreiber wurden beim iC-MSB durch differenzielle analoge Leitungstreiber ersetzt. Diese liefern an einer Leitung mit 100-Ω-Abschluss einen Signalhub von 1 V und sind kurzschlussfest und fehlertolerant ausgelegt. Auch hier haben die Entwickler einen Verpolungsschutz für die Versorgungsspannung bereits integriert. Der iC-MSB ist schaltungstechnisch so ausgelegt, dass er eine sicherheitstechnische Analyse (FMEA, Failure Mode and Effects Analysis) besteht und daher auch für Safety-Anwendungen einsetzbar ist (z.B. Sinumerik-Steuerung von Siemens). (rh)

Horst Huse
 ist selbstständiger Analyst für
 neue Technologien und Märkte
iC-Haus
 Telefon 0 61 35/92 92 0
 www.ichaus.de