

all-electronics.de

# elektronik industrie

Was Entwickler wissen müssen

## SENSOREN

Mit präzisen Farbsensoren  
die Benutzererfahrung von  
Displays verbessern 26

## LEISTUNGSELEKTRONIK

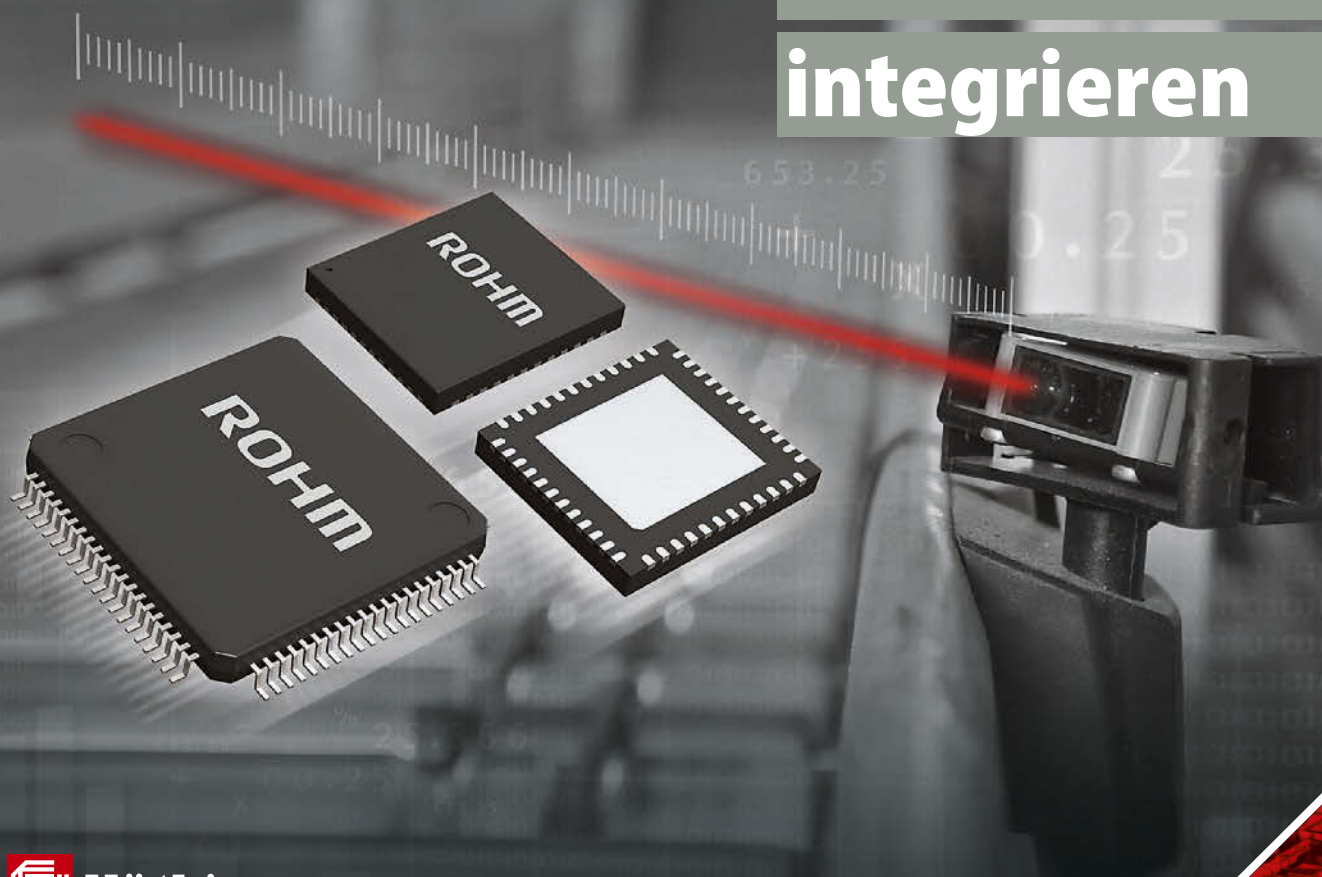
Die Halbleiterindustrie setzt  
verstärkt auf GaN-on-Si-  
HEMT-Technologie 40

## EMBEDDED

Sichere Software Supply  
Chain durch Analyse von  
Binärcode 58

ANALOG-FRONT-ENDS IN DER INDUSTRIE 4.0

# Sensoren einfach integrieren 14

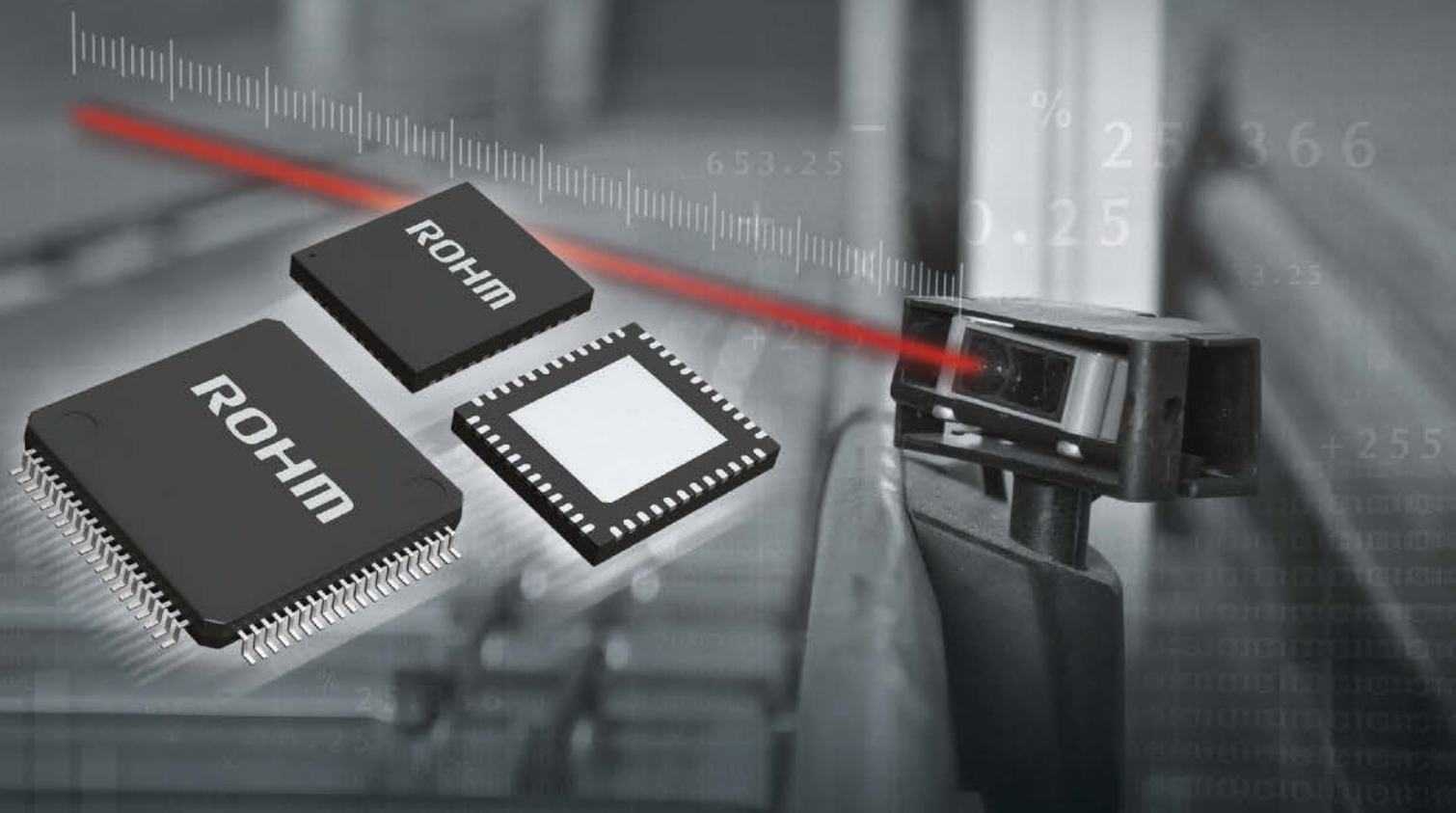


# Den Herausforderungen der Industrie 4.0 gewachsen

## Mit Analog-Front-Ends Sensoren unkompliziert integrieren

Die Zahl der Sensoren in Industrie-4.0-Anwendungen steigt zunehmend. Mittels eines Analog-Front-Ends (AFE) lassen sie sich unkompliziert integrieren, da es verschiedene Funktionen wie beispielsweise Signalaufbereitung übernimmt. Allerdings ist die Entwicklung eines solchen AFEs mit verschiedenen Herausforderungen verbunden.

*Autor: Akihiro Ota*



**D**urch Automation lassen sich in der Produktion Kosten sparen, Ausfälle vermeiden und neue Geschäftsmöglichkeiten entwickeln. Condition Monitoring und die „Losgröße 1“ gehören zu den am häufigsten genannten Begriffen in diesem Zusammenhang, doch damit hören die Möglichkeiten von Industrie 4.0 oder dem Industrial Internet of Things (IIoT) noch nicht auf.

Die Grundlage des IIoT sowie der Industrie 4.0 bilden die Daten von Magnetfeld-,

Temperatur-, Luftdruck- oder Beschleunigungssensoren. Sie geben einen Aufschluss über Produktionsbedingungen oder den Zustand der Maschinen, sodass die Zentrale zu jedem Zeitpunkt weiß, welchen Produktionsstatus jedes einzelne Produkt hat. Dies alles ist nur mit einer wachsenden Zahl Sensoren möglich, da sie die notwendigen Daten sammeln, ehe ein Mikrocontroller (MCU) sie weiterverarbeitet.

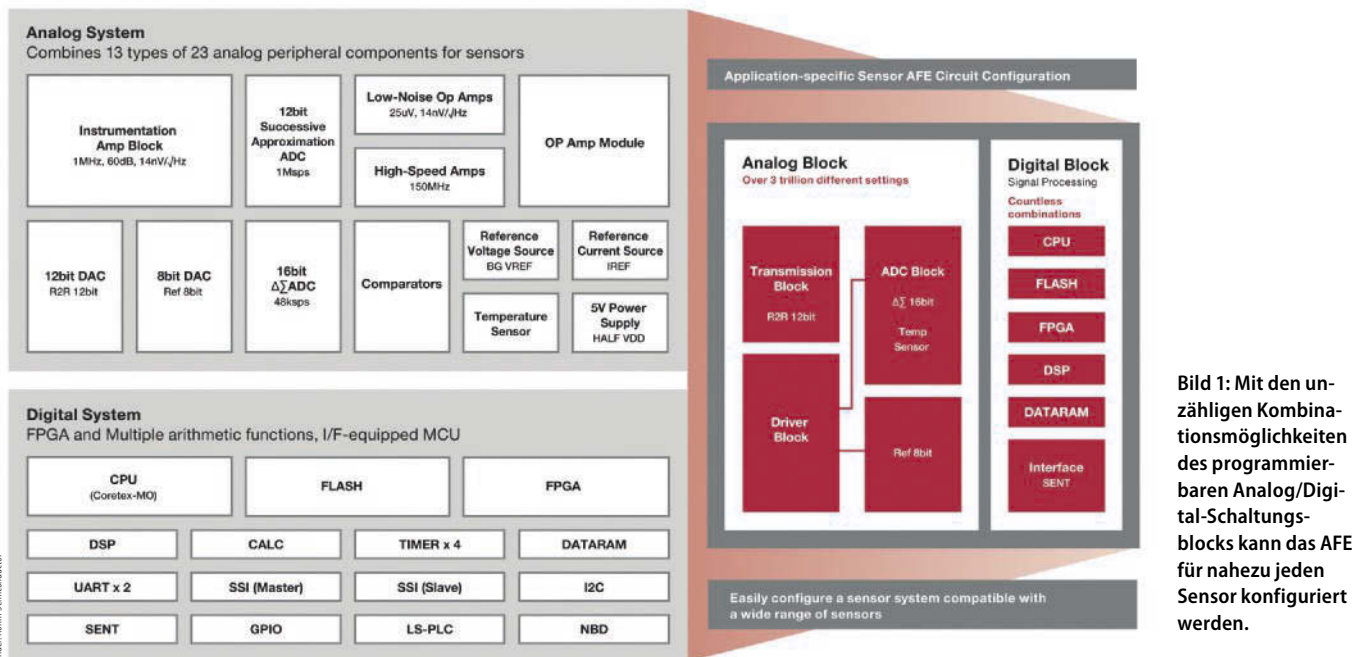
Schon heute werden jedes Jahr weltweit über eine Milliarde Sensoren installiert

und die Zahl wird weiter steigen. Das gilt genauso für nicht-industrielle Anwendungen, denn eine effektive Nutzung der Sensordaten ist weltweit die Grundlage für IoT-Anwendungen aller Art.

### Design-Schwierigkeiten überwinden

Viele der heutigen Sensoren haben ein geringes analoges Ausgangssignal. Zur Unterdrückung von Störgeräuschen muss das System die schwachen Signale verstärken und eventuell vorher filtern, bevor ein A/D-Wandler es digitalisiert und der

**AFE Circuit Configuration optimized for sensor systems leverages breakthrough platform technology**



**Bild 1:** Mit den unzähligen Kombinationsmöglichkeiten des programmierbaren Analog/Digital-Schaltungsblocks kann das AFE für nahezu jeden Sensor konfiguriert werden.

Mikrocontroller es verarbeiten kann. Dies trifft auf die meisten Sensoren zu, ob sie beispielsweise die Beschleunigung, das Magnetfeld, den Druck, die Temperatur oder das Licht messen. Schaltungen, die diese Funktionen übernehmen, sind als Analog-Front-End bekannt.

Jedoch ist die Entwicklung von diskreten AFEs alles andere als einfach, denn Entwickler müssen nicht nur die Eigenschaften der Zielsensoren verstehen. Vielmehr müssen sie auch die ideale Schaltung einschließlich der Verstärker-, Filter- und A/D-Wandler-ICs entwickeln, die Leiterplatte entwerfen und bestücken und schließlich das Design überprüfen. Falls sie dabei die gewünschten Eigenschaften

nicht erreichen, muss der gesamte Entwicklungsprozess noch einmal auf den Prüfstand.

Darüber hinaus können die von den Sensoren ausgehenden analogen Signale je nach Sensortyp variieren. Entwickler stehen vor der Herausforderung, mit ihren AFE-Entwicklungen unterschiedliche Spannungsamplituden, Abtastfrequenzen, Rauschverhalten und Signalimpedanzen verarbeiten zu müssen. Auch geben einige Sensoren statt einer Spannung einen analogen Strom aus, was wiederum voraussetzt, dass der AFE-Entwickler die Ausgangseigenschaften genau kennt. Die Notwendigkeit, all diese Faktoren zu berücksichtigen, macht die Entwicklung von diskreten AFEs äußerst anspruchsvoll.

Allerdings liegt die Schwierigkeit nicht nur in der Entwicklung. So haben die meisten Unternehmen heute nur noch sehr wenige oder gar keine Schaltungsentwickler, die mit der AFE-Entwicklung vertraut sind. Dies ist vor allem auf die sinkende Anzahl an Entwicklern analoger Schaltungen in der Industrie zurückzuführen, was mit der steigenden Digitalisierung elektronischer Geräte einhergeht.

### **Viele Sensoren mit nur einem einzigen IC unterstützen**

Wenn Unternehmen diese zahlreichen Herausforderungen nicht überwinden,

so lässt sich ein großer Bereich der Industrie 4.0 nicht annähernd realisieren. Rohm entwickelte deshalb einen Analog-Front-End-IC mit dem Namen Flexible-Platform-Sensor-AFE, der eine Vielzahl von Sensoren unterstützt. Zusätzlich zu den analogen Schaltungen, welche Messverstärker, Operationsverstärker, AD/DA-Wandler und Komparatoren beinhalten, integriert der BD40002TL einen digitalen Schaltungsblock, der aus einer MCU oder einem FPGA besteht. So kann dieser schnelle numerische Berechnungen wie beispielsweise die Temperaturkompensation der Messwerte durchführen und die korrigierten Ergebniswerte zeitnah der nächsthöheren Instanz zur Verfügung stellen.

Die Kombination der analogen Blöcke können Entwickler je nach verwendeter Sensorik frei wählen. Mit anderen Worten, der Rohm-IC kann Sensoren mit unterschiedlichen Eigenschaften wie Spannungsamplitude, Frequenz, Rauschen und Ausgangsimpedanz unterstützen.

Ein weiterer Vorteil dieses Rohm-ICs ist, dass er dabei behilflich sein kann, die Entwicklungszeit signifikant zu verkürzen und das Risiko von Re-Designs zu minimieren. Rohms GUI(Graphic User Interface)-Tool RapidMaker ermöglicht es Entwicklern, die analogen und digitalen Schaltungsblöcke einfach zu konfigurieren.

## **Eck-DATEN**

Sensoren gelten als Grundgerüst für das IoT, da sie essenzielle Daten sammeln, mit denen sich etwa Produktionsbedingungen oder der Zustand der Maschinen kontrollieren lassen. Allerdings haben heutige Sensoren ein geringes analoges Ausgangssignal, weshalb es oftmals notwendig ist, es zu filtern und zu verstärken, bevor ein A/D-Wandler es in ein digitales Signal transformieren kann. Analog-Front-Ends, wie sie Rohm anbietet, übernehmen diese Funktionen. Die Entwicklung eines solchen AFEs ist jedoch mit diversen Herausforderungen verbunden, lassen sich diese jedoch überwinden, ermöglichen sie eine unkomplizierte Integration von Sensoren in Anwendungen der Industrie 4.0.

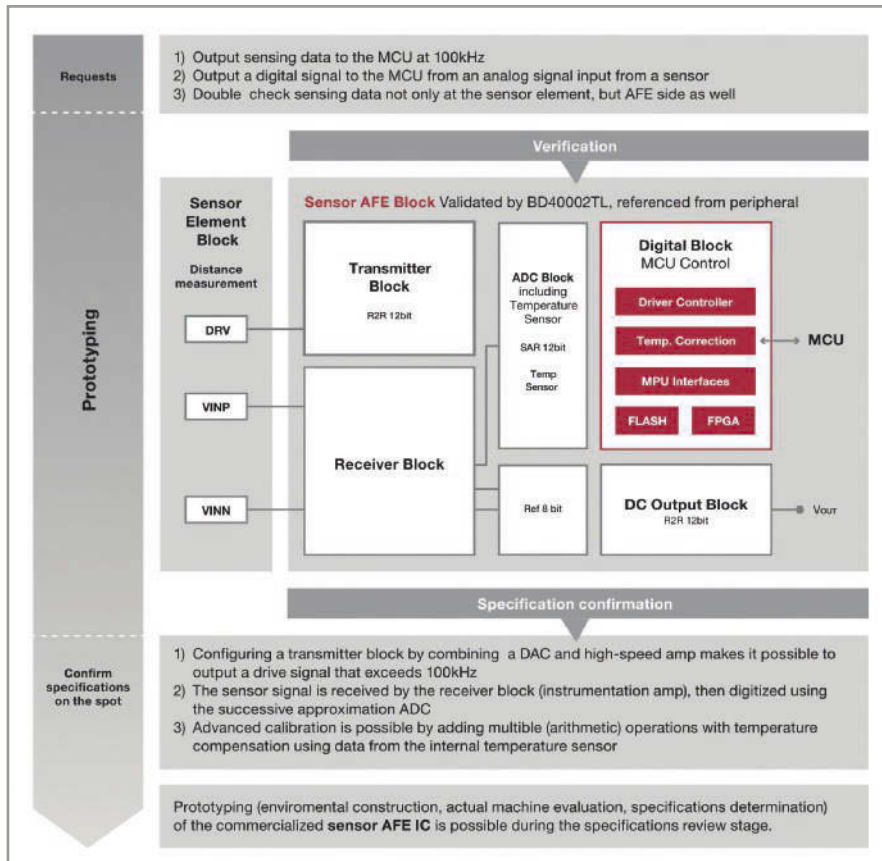


Bild 2: Eine spezifische Konfiguration des AFE am Beispiel eines Wirbelstrom-Wegensors.

Anwendungen, die Hochgeschwindigkeitsbetrieb erfordern, bis zu 1 MSamples/s leisten kann. Weitere Komponenten sind etwa ein 12-Bit-D/A-Wandler, ein 8-Bit-D/A-Wandler, ein Komparator, eine Bandgap-Referenzspannungsversorgung, ein Temperatursensor und eine 5-V-Eingang-/2,5V-Ausgangsstromversorgung.

Der digitale Schaltungsblock, der FPGAs, DSPs und eine Flash-MCU integriert, besteht aus einem ARM Cortex-M0-Kern, einem FPGA, 24-Bit-Festkomma-DSP, 36 KB Flash-Speicher, 12 KB RAM, Divider, PWM-Generator, 24-MHz-Ausgangs-Siliziumoszillator, 33-kHz-/100-kHz-Ausgangs-Siliziumoszillator und mehreren Ein-/Ausgangsschnittstellen. Auch die digitale SENT-Schnittstelle (Single-Edge-Nibble-Transmission), die vor allem im Automobilbereich zum Einsatz kommt, gehört zu den Auswahlmöglichkeiten.

Gleichzeitig lässt sich die benötigte Leiterplattenfläche gegenüber diskreten Lösungen deutlich reduzieren. Der IC kann insbesondere unter Berücksichtigung der für die Entwicklung und den Arbeitsaufwand erforderlichen Kosten einen erheblichen Vorteil in Bezug auf die Kosteneffizienz bieten.

**Das größte Differenzierungsmerkmal – analoge Leistungsfähigkeit**

Rohms Stärke ist das analoge IC-Design, auf das das Unternehmen auch hier besonderen Wert legt. So konnte Rohm etwa die Funktionen des analogen Blocks innerhalb des IC optimieren. Die Konfiguration des analogen Hauptblocks ist wie folgt: Der integrierte Instrumentenverstärker besteht aus drei Operationsverstärkern. Die Bandbreite des Eingangssignals ist 1 MHz, und die Rauschdichte beträgt 14 nV/√Hz. Der rauscharme Verstärker verfügt über ein Ausgangsrauschen von 25 µV und eine eingangsäquivalente Rauschdichte von 14 nV/√Hz. Ein Hochgeschwindigkeitsverstärker mit einer Eingangssignalbandbreite von 150 MHz ist ebenfalls integriert.

Zudem sind zwei A/D-Wandler eingebaut, wobei einer davon ein 16-Bit-A/D-

Wandler (Delta-Sigma-Typ) mit 48 kSamples/s ist und sich ideal für hochpräzise Anwendungen eignet. Der andere ist ein 12-Bit-A/D-Wandler mit sukzessivem Approximationsregister (Successive Approximation Register, SAR), der bei

**Semi-kundenspezifisches Designs**

Welche Arten von Sensorsystemen lassen sich konfigurieren? Konkretes Beispiel: ein System, das Entfernungen mit einem Wirbelstrom-Wegsensor misst. Der Wirbelstrom-Wegsensor liefert einen hoch-

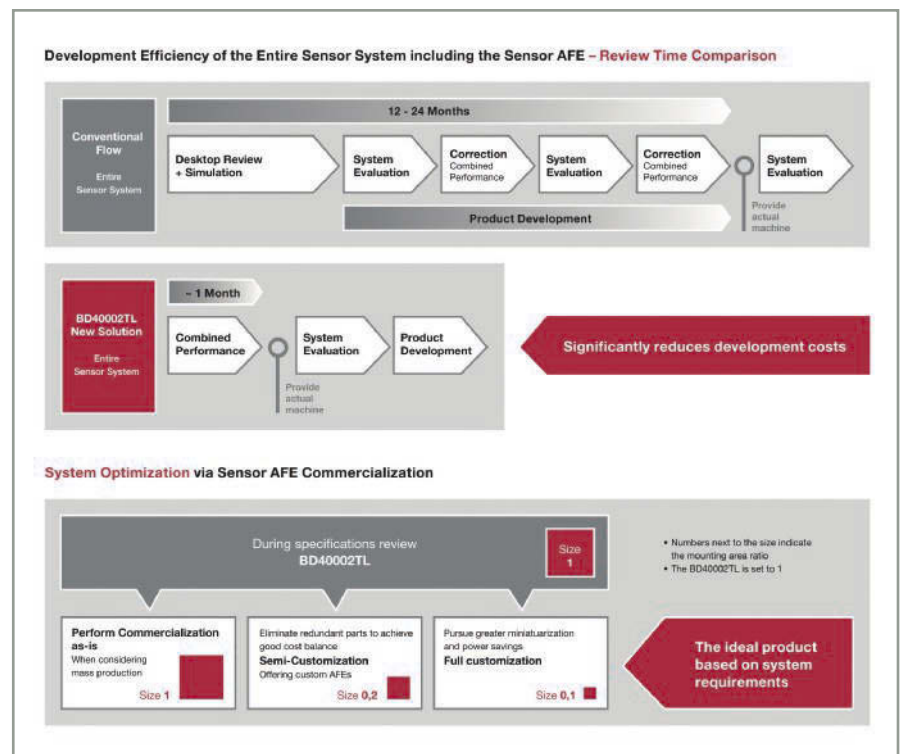


Bild 3: Verbesserte Effizienz der Entwicklung.



**Bild 4:** Vielseitig einsetzbar: Sensoren sind in nahezu allen IoT- und Industrie-4.0-Anwendungen für die Erfassung von Messwerten nötig. Analog-Frontends verkürzen und vereinfachen hier die Entwicklungszeit.

frequenten Strom an eine Spule, um ein hochfrequentes Magnetfeld zu erzeugen. Tritt ein Metallobjekt in dieses Magnetfeld ein, fließt ein Wirbelstrom auf der Oberfläche und die Impedanz der Spule ändert sich. Die Erkennung dieser Änderung ermöglicht es, den Abstand zu messen.

Bild 2 zeigt ein entsprechendes Sensorsystem. Frequenzen von 100 kHz sind dann möglich, wenn Entwickler einen Hochfrequenz-Treiber (Übertragungsblock) mit einem 12-Bit-A/D-Wandler und einem Hochgeschwindigkeitsverstärker implementieren. Der Messverstärker empfängt den Ausgang des Wirbelstrom-Wegsensors, woraufhin ein 12-Bit-SAR-A/D-Wandler die Daten in ein digitales Signal umwandelt. Ebenfalls enthalten ist ein Verfahren zur Temperaturkompensation der Messergebnisse mit dem eingebauten Temperatursensor.

Das Hauptmerkmal dieses Designs ist die Möglichkeit, die Konfigurationen und Einstellungen auf einem PC zu ändern und dann die Leistungsfähigkeit auf dem eigentlichen Gerät zu überprüfen. Der

Anschluss von Sensoren ermöglicht es, die AFE-Spezifikationen unmittelbar zu bestimmen. Wenn es also ein Problem mit dem Design gibt, können Nutzer sofort mit der Überprüfung beginnen (Bild 3). Da Entwickler während der Entwicklungsphase häufig Nacharbeiten durchführen

*Durch Rohms ICs entfällt der Nachbearbeitungsaufwand und die Entwicklungszeit verkürzt sich auf die Hälfte.*

müssen, dauert die Entwicklungszeit in der Regel mindestens ein Jahr. Im Gegensatz dazu ermöglicht der Einsatz des Rohm-ICs die sofortige Änderung der Einstellungen und Konfigurationen, die sich dann am realen Gerät überprüfen lassen. Dadurch entfällt der Nachbearbeitungsaufwand und die Entwicklungszeit verkürzt sich auf rund die Hälfte.

Da im BD40002TL mehrere analoge und digitale Schaltungsblöcke integriert sind,

kommen unter Umständen und abhängig von der Anwendung mehrere Schaltungsblöcke nicht zum Einsatz. In solchen Fällen bietet Rohm je nach Abnahmemenge möglicherweise semi-kundenspezifische ICs. Für die Zukunft sollen sie nach entsprechenden Anpassungen und Upgrades als Serienprodukte auf den Markt kommen.

#### Fazit

Mit dem BD40002TL steht ein AFE zur Verfügung, mit dem sich Sensoren im Internet of Things – insbesondere in der Fabrikautomation – einsetzen lassen. Denn die unkomplizierte Integration einer wachsenden Zahl von Sensoren ist eine wesentliche Herausforderung auf dem Weg zu Industrie 4.0. (prm) ■

#### Autor

**Akihiro Ota**  
Engineer bei Rohm Co.



all-electronics.de  
infoDIREKT

900ei0419