

MEMS-Drucksensoren mit sehr gutem Signal-Rausch-Verhältnis:

# Revival der rein analogen Technik

Die meisten Drucksensoren auf dem Markt verwenden für die Signalkonditionierung einen ASIC eines renommierten Herstellers. In diesem Konzept wird das analoge Signal in ein digitales umgewandelt, bevor es im digitalen Signalprozessor (DSP) weiterverarbeitet wird (Bild 1) – ein Prinzip, das inzwischen zu einem Quasi-Standard bei den MEMS-Drucksensoren geworden ist.

In der analogen Version dieses Konzepts wird das digitale Signal dann wieder DA-umgesetzt, in der digitalen Version direkt über eine SPI- oder I<sup>2</sup>C-Schnittstelle ausgegeben. Dieses Kon-

zept hat absolut seine Berechtigung und ist für viele Anwendungen die richtige Lösung. Die Signalverarbeitung im DSP-Block des ASICs eröffnet mächtige Möglichkeiten, die allerdings durch die Rechenleistung definiert beziehungsweise begrenzt werden.

Von Philipp Kistler

zept an seine Grenzen. Entweder erfüllt die Lösung nur einen Teil der Spezifikation – oder sie wird äußerst kostspielig. Diese Lücke will Fujikura mit der AG3/AP3-Serie schließen, die einen anderen Ansatz verfolgt (Bild 2).

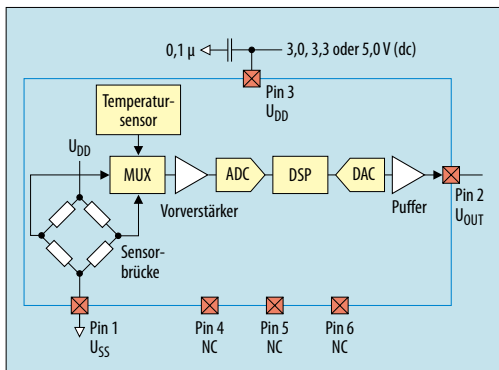


Bild 1. Verbreitetes Konzept mit digitaler Signalverarbeitung (Beispiel die AG2/AP2-Serie von Fujikura).

(Quelle: Pewatron)

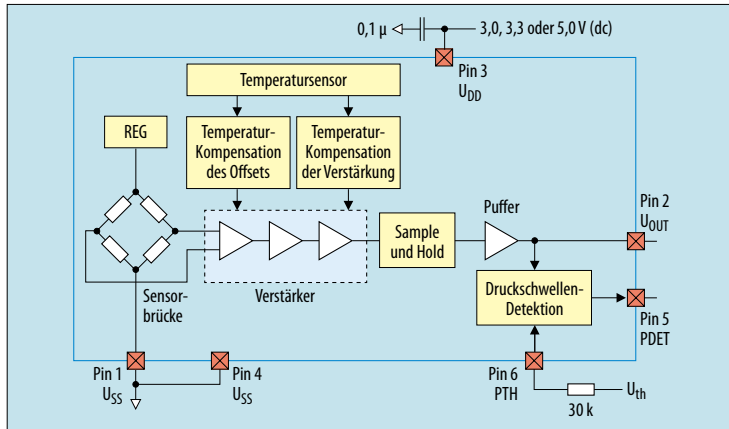
## Analoge Signalkonditionierung und Kennlinienkorrektur

Die ASIC-Hersteller dimensionieren ihre Produkte so, dass sie den größten Teil des Marktes und der Applikationen abdecken können. Das Ziel: eine gute Lösung mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis.

Liegen die Kundenanforderungen jedoch über denen dieser Mainstream-Applikationen, stößt das Kon-

Nicht immer ist digital besser. Manche altbewährten Konzepte haben weiterhin ihren Charme und bieten entscheidende Vorteile. Bei der AG3/AP3-Serie heißt das Zauberwort „voll analoge Signalkonditionierung“: Der ASIC von Fujikura verzichtet ganz auf die AD-/DA-Umsetzung und somit auf eine digitale Signalverarbeitung. Nicht nur der Signalpfad ist rein analog, sondern auch die Temperatur- und Kennlinienkorrektur. Durch den Einsatz neuer Analogtechnik wird eine sehr gute Signalqualität

**SENSORIK**



**Bild 2. Voll analoges Konzept ohne digitale Signalverarbeitung im Signalpfad (AG3/AP3-Serie von Fujikura).** (Quelle: Pewartron)

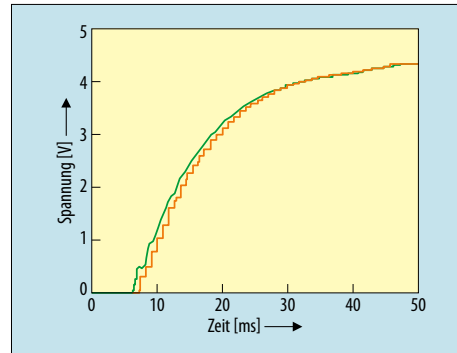
erreicht. Ein Vergleich der **Bilder 3 und 4** zeigt den Unterschied deutlich: Im Gegensatz zum digital verarbeiteten Drucksignal (**Bild 5**) sind am Ausgang keine Stufen zu sehen – die volle Auflösung kann weiterverarbeitet werden.

**Vorteile durch externe AD-Wandlung**

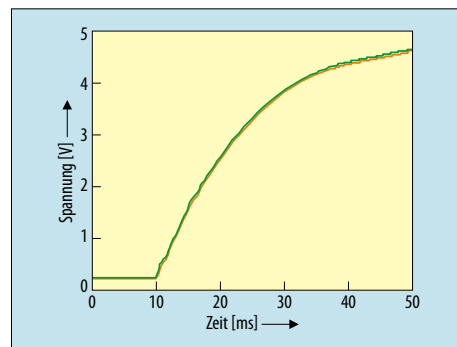
Diese analoge Verarbeitung in Kombination mit einer externen AD-Umsetzung bietet in vielen Applikationen entscheidende Vorteile. Das sehr rauscharme, stufenlose Analogsignal bietet die Grundlage für eine hohe Auflösung der Ausgangsspannung (bis zu 16 bit); es kann aber auch sehr schnell abgetastet werden (bis zu 120 µs). Natürlich ist die resultierende Performance auch vom verwendeten AD-Umsetzer und somit vom Anwendungs-Design abhängig. Mit diesem Aufbau – Drucksensor mit verstärktem Analog-Ausgang und externer AD-Umsetzung – bestimmt der Anwender die Kosten der Gesamtlösung maßgeblich mit (Güte der AD-Umsetzung)

beziehungsweise kann diese nach seinen Anforderungen dimensionieren und optimieren.

Einige Anwender benötigen zudem eine echte synchrone Abtastung mehrerer (bis zu fünf) Drucksensoren, was mit den markttypischen digitalen Drucksensoren nicht exakt durchführbar ist. Zwar lässt sich theoretisch ein quasi-synchrones Auslesen über mehrere I<sup>2</sup>C/SPI-Busse realisieren, jedoch nicht exakt; echte äquidistante und synchrone Abtastwerte sind nicht möglich. Dafür müssten die verschiedenen Clocks der digitalen Drucksensoren beziehungsweise ihrer digitalen Blöcke miteinander synchronisiert werden, was bei den genannten Sensoren nicht machbar ist – im Unterschied zum voll analogen Konzept mit der nachfolgenden AD-Umsetzung, die der Kunde definiert und so nach seinen Anforderungen konzipieren kann.



**Bild 3. Digital verarbeitetes Signal mit der im Markt verbreiteten digitalen ASIC-Lösung.** (Quelle: Pewartron)



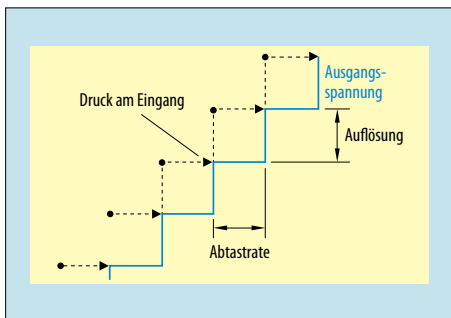
**Bild 4. Rein analog verarbeitetes Signal mit der ASIC-Lösung der Serie AG3/AP3.** (Quelle: Pewartron)

**Applikationsbeispiel: Hochgenaue Blutdruckmessung**

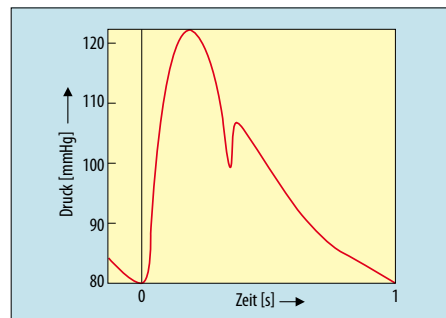
Bei der indirekten arteriellen Druckmessung (oft mit „NIBP“, Non-Invasive Blood Pressure abgekürzt) wird der arterielle Druck mit Hilfe eines Blutdruckmessgerätes an einer Extremität, meist dem Arm, gemessen. Dabei wird der obere, systolische arterielle Druck (zum Beispiel 120 mmHg) und der untere diastolische Wert (zum Beispiel 80 mmHg) ermittelt. **Bild 6** zeigt eine typische Blutdruckkurve, bei der es den oberen und unteren

Wert zu ermitteln gilt, beziehungsweise auf die beiden Wendepunkte getriggert werden soll. Dabei sind neben der eigentlichen Genauigkeit des Sensors vor allem die Auflösung und die Abtastrate der A/D-Umsetzung entscheidend für die Gesamtgenauigkeit und Zuverlässigkeit der Blutdruckmessung.

Dafür bietet sich das rein analoge Sensorprinzip an. Natürlich gibt es auch viele

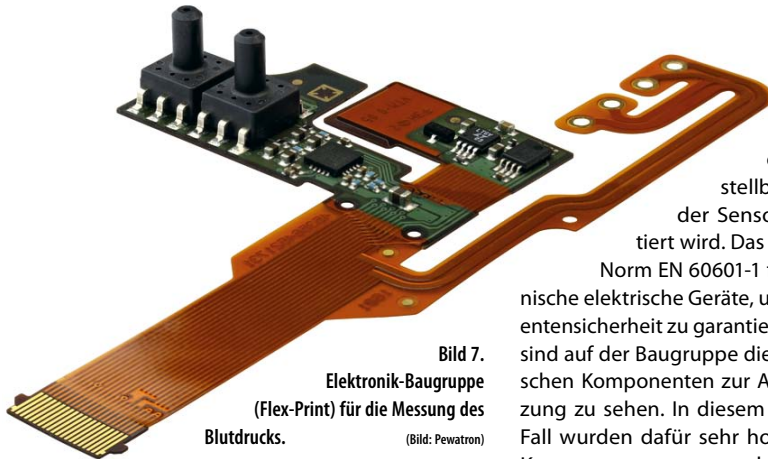


**Bild 5. Typisches digital verarbeitetes analoges „Treppensignal“.** (Quelle: Pewartron)



**Bild 6. Typische Blutdruckkurve über die Dauer eines Herzschlags.** (Quelle: Pewartron)

## SENSORIK



**Bild 7.**  
Elektronik-Baugruppe  
(Flex-Print) für die Messung des  
Blutdrucks.  
(Bild: Pewartron)

Low-cost Blutdruckmessgeräte auf dem Markt die mit „einfacheren“ Lösungen auskommen, jedoch sind die angezeigten Messwerte eher als Richtwerte zu betrachten – das genaue Treffen der Minima und Maxima bei tieferer Abtastung und geringerer Auflösung ist eher ein Glücksfall. Sicherlich haben diese Geräte für den Heimbedarf durchaus ihre Berechtigung und eignen sich für eine grobe Beurteilung – in professionellen Geräten hat eine solche rudimentäre Sensorik jedoch keinen Platz.

Beispiel einer professionellen Anwendung ist der sogenannte Patientenmonitor, der in Krankenhäusern zur Überwachung und Aufzeichnung der Vitalparameter der Patienten eingesetzt wird. Typische Parameter sind: EKG zur Beurteilung des Rhythmus und der Herzfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffsättigung, Körpertemperatur und der Kohlendioxidanteil an der Ausatemluft.

Bild 7 zeigt die Elektronik eines Modules zur Blutdruckmessung, das Bestandteil eines solchen Patientenmonitors ist. Gut ersichtlich sind die beiden AG3-Sensoren. Wie in vielen Medizintechnik-Produkten werden zwei Sensoren als Redundanz verwendet. Durch diese doppelte Messwerterfassung wird si-

chergestellt, dass jeder vorstellbare Fehler der Sensorik detektiert wird. Das fordert die Norm EN 60601-1 für medizinische elektrische Geräte, um die Patientensicherheit zu garantieren. Weiter sind auf der Baugruppe die elektronischen Komponenten zur A/D-Umsetzung zu sehen. In diesem konkreten Fall wurden dafür sehr hochwertige Komponenten verwendet, um die Performance der rauscharmen Drucksensoren optimal auszunutzen. Das ermöglicht nicht nur eine bessere Spezifikation der Messung gegenüber Konkurrenzprodukten, sondern auch eine zuverlässige Blutdruckmessung bei Neugeborenen und Säuglingen, was mit den meisten Produkten auf dem Markt nicht möglich ist.

### Technische Details der Serie AG3 (SMD) / AP3 (THT)

Bei der analogen Serie AG3/AP3 handelt es sich jeweils um ein Zwei-Chip-System, bestehend aus einem MEMS-Sensorchip und einem Signalkonditionierungs-Chip (ASIC). Der Signalkonditionie-



**Bild 8.**  
Gehäuse AG3 (SMD) und AP3 (THT).  
(Bild: Pewartron)

rungs-IC besitzt im Gain-Verstärker keine A/D- und D/A-Umsetzestufen, und durch die Verstärkung wird ein sehr störungsarmes Ausgangssignal erreicht.

Mit der richtigen Filterung liegen die Peak-to-Peak-Störsignale deutlich unter 0,02 mmHg (entspricht ungefähr 0,027 mbar). Die störungsarme Verstärkung über den gesamten Messbereich bietet vor allem große Vorteile für den Einsatz in High-End-Messgeräten für die nichtinvasive Blutdruckmessung (NIBP).

Eine weitere Funktion, die immer wichtiger wird, ist die Einpunkt-Druckschwellen-Erkennung. Das analoge Ausgangssignal der Druckmessung und

eine Schwellenspannung werden an einen internen Komparator geschickt, der die beiden Spannungen miteinander vergleicht. Das Resultat ist das digitale Ausgangssignal. Dadurch werden sehr kleine und kostengünstige Druckschalter möglich, was insbesondere wichtig ist für Anwendungen in begrenzten Platzverhältnissen oder für die Druckmessung in kleinen, leichtgewichtigen Konstruktionen.

Der Standardmessbereich der Sensoren liegt zwischen 0 bis 250 mbar und 0 bis 12 bar. Weitere Messbereiche sind auf Anfrage möglich. Der Druckmessbereich kann für positive, negative oder bidirektionale Messwerte konfiguriert werden, die Spannungsversorgung für 3,0, 3,3 oder 5,0 V (DC).

Die großen Stückzahlen, die hochautomatisierte Produktion in Japan und annähernd Null Prozent Ausschuss verschaffen dem Sensor ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Mit der Auswahl an SMD- und THT-Gehäusen (Bild 8) lässt sich zudem der Bestückungsprozess beim Kunden optimieren, was weiter zur Reduktion der Gesamtkosten beiträgt.

Ein produktionstechnischer Aspekt ist die flexible Leiterplatte beziehungsweise die Kombination von Flex-Print-Technologie mit einem herkömmlichen Streifen (grüne Bereiche) – was den optimalen Einbau bei beschränkten Platzverhältnissen ermöglicht. Sowohl die Herstellung des Sensors als auch Produktion des Flex-Prints (FPC) und die Bestückung der Baugruppe finden in der gleichen Fabrik statt. Anwender bekommen somit die komplett getestete, kalibrierte Sensorbaugruppe von einem Sensorhersteller geliefert. mh



#### Philipp Kistler

ist Produkt-Manager für Drucksensoren und hat als Elektroingenieur mit MBA über zehn Jahre in der Produktentwicklung gearbeitet – unter anderem als Soft- und Hardware-Entwickler, Projektleiter und Abteilungsleiter in renommierten HLK-, Medizintechnik- und Messtechnik-Firmen. Seit Anfang 2016 verbindet er seinen technischen und wirtschaftlichen Background sowie seine Branchenerfahrung als Produkt-Manger bei der Pewartron in Zürich.

**CelsiStrip®**  
Temperatur-Etikette  
dokumentiert  
Maximalwerte durch  
Dauerschwärzung  
im Bereich von  
+40 bis +260°C

GRATIS Musterset von  
celsi@spirig.com

Kostenloser Versand ab Bestellwert  
EUR 200 (verzollt, exkl. MwSt) [www.celsi.com](http://www.celsi.com)



Headquarter Switzerland:  
Pewatron AG  
Thurgauerstrasse 66  
CH-8050 Zurich  
Phone +41 44 877 35 00  
info@pewatron.com

Office Germany:  
Pewatron Deutschland GmbH  
Edisonstraße 16  
D-85716 Unterschleißheim  
Phone +49 89 374 288 87 00  
info.de@pewatron.com



**PEWATRON**  
SENSORS · POWER SOLUTIONS

## We are here for you. Addresses and Contacts.

---

### Sales Germany & Austria

**Geometrical sensors  
Other products**

Kurt Stritzelberger  
Phone +49 89 374 288 87 22  
kurt.stritzelberger@pewatron.com

**Pressure sensors  
Other products**

Gerhard Vetter  
Phone +49 89 374 288 87 26  
gerhard.vetter@pewatron.com

**Gas sensors and modules**

Peter Felder  
Phone +41 44 877 35 05  
peter.felder@pewatron.com

---

### Sales Switzerland & Liechtenstein

Postcode 3000 – 9999

Basil Frei  
Phone +41 44 877 35 18  
basil.frei@pewatron.com

Postcode 1000 – 2999

Christian Mohrenstecher  
Phone +41 76 444 57 93  
christian.mohrenstecher@pewatron.com

### Sales International Key Accounts

Peter Felder  
Phone +41 44 877 35 05  
peter.felder@pewatron.com

---

### Sales Other Countries / Product Management

**Pressure Sensors  
Load Cells**

Philipp Kistler  
Phone +41 44 877 35 03  
philipp.kistler@pewatron.com

**Gas sensors  
Gas sensor modules**

Dr. Thomas Clausen  
Phone +41 44 877 35 13  
thomas.clausen@pewatron.com

**Flow / Level / Medical products**

Dr. Adriano Pittarelli  
Phone +49 89 374 288 87 67  
adriano.pittarelli@pewatron.com

**Power supplies**

Sebastiano Leggio  
Phone +41 44 877 35 06  
sebastiano.leggio@pewatron.com

**Linear position sensors  
Angle sensors**

Eric Letsch  
Phone +41 44 877 35 14  
eric.letsch@pewatron.com

**Accelerometers  
Sensor elements**

Christoph Kleye  
Phone +49 89 374 288 87 61  
christoph.kleye@pewatron.com

**Drive technology**

CH Postcode 5000 – 9999 / DE

Roman Homa  
Phone +41 76 444 00 86  
roman.homa@pewatron.com

**Drive technology**

CH Postcode 1000 – 4999 / AT / IT / FR

Christian Mohrenstecher  
Phone +41 76 444 57 93  
christian.mohrenstecher@pewatron.com

Harald Thomas

Phone +49 89 374 288 87 23  
harald.thomas@pewatron.com