

## Miniaturisierte Systeme aus dem Baukasten

Gerd Bauer, Peter Doslik, Stuttgart

Miniaturisierte, vernetzbare Sensor-/Aktorsysteme sind heute in ersten Varianten aus dem Baukasten verfügbar. Ermöglicht wird dies mit einer konsequenten Modularisierung, die Kosten spart, sowie einer einfachen Konfiguration, die für kurze Entwicklungszeiten sorgt. Der »Match-X«-Baukasten eignet sich besonders für kleine und mittlere Stückzahlen.

Die Integration zusätzlicher Funktionen in Systemkomponenten wie Sensoren und Aktoren ist ein wesentlicher Trend in der Investitionsgüterindustrie. Die Überwachung von Prozessen bis hin zur Regelung angeschlossener Systeme erfordert zunehmend signalverarbeitende Elektronik in den vor Ort installierten Komponenten. Damit verbunden ist die Forderung nach Vernetzbarkeit dieser Systeme, Serviceschnittstellen zur Diagnose im laufenden Betrieb und Verringerung des Installations- und Wartungsaufwands. Die Reduzierung des Verkabelungsaufwands durch vernetzbare Sensor-/Aktorsysteme und der damit verbundene Kostenvorteil sind dabei wesentliche Aspekte. Anstatt die Sensoren und Aktoren über aufwändige sternförmige Verbindungen mit

dem Steuerrechner zu verdrahten, erfolgt der Anschluss über ein schlankes Buskabel. Mit der »Intelligenz vor Ort« steigen die Erwartungen an einen größeren Messbereich und/oder eine höhere Genauigkeit.

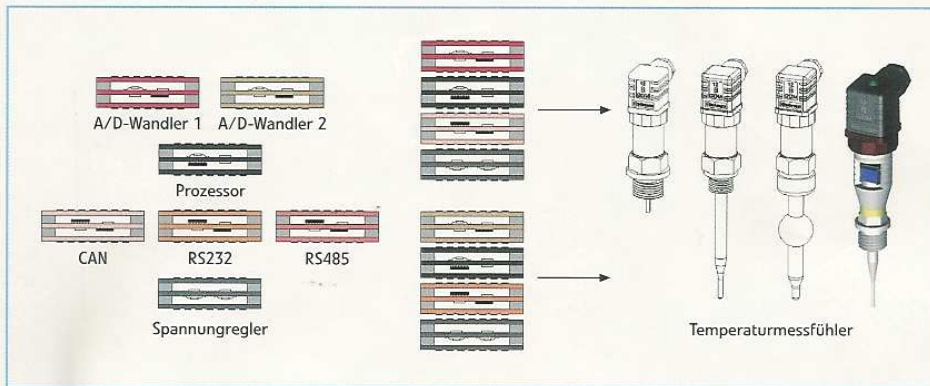
In vielen Fällen stehen aber nur kleine und mittlere Stückzahlen hinter diesen Forderungen. Für die kostengünstige Entwicklung und Fertigung dieser Systeme bietet das mikrotechnische Baukastensystem »Match-X« [1] interessante Möglichkeiten. Das Beispiel der Temperaturmesstechnik zeigt seine Chancen.

### Einfacher Übergang zur größeren Serie

In der Messtechnik wird zunehmend die Forderung gestellt, sensornah das Mess-

signal zu digitalisieren, auszuwerten und über einen Bus weiterzuleiten. Dafür sollte das dezentrale System jederzeit kalibrier- und rekalkulierbar sein und über Serviceschnittstellen Auskünfte über seine Systemparameter geben können. Zudem ist erforderlich, dass sich das Sensorsystem an unterschiedliche Bussysteme anschließen lässt. Hinsichtlich der Genauigkeit und der Größe des Messbereichs differieren die Anforderungen jedoch je nach Anwendung erheblich.

Das mikrotechnische Baukastensystem Match-X ermöglicht die effektive Entwicklung und Fertigung solcher kundenspezifischer Systeme. Match-X besteht aus unterschiedlichen mikrotechnischen Bausteinen (Bild 1), mit A/D-Wandlern, Prozessoren (Bild 2), Sensorelementen und



**Bild 1.**  
Aus den zahlreichen mikrosystemtechnischen Komponenten lassen sich verschiedene Sensoren mit dezentraler Auswertung kombinieren

**Sensor mit kleinem Betriebssystem**

Das Basissystem für die Temperaturmesstechnik besteht aus drei Bausteinen:

Spannungsreglern, die über einheitliche, standardisierte Schnittstellen [2] verfügen und sich zu anwendungsspezifischen Systemen kombinieren lassen. Die Bausteine werden herstellerübergreifend entwickelt und gefertigt. Durch die Verwendung der Bausteine lassen sich meist 60 bis 80 Prozent eines Systems darstellen. Nur für den sensor- oder aktorspezifischen Teil (Sensor-/Aktorinterface) ist meist eine spezielle Entwicklung erforderlich.

Entwicklung und Einsatz der Systeme erfolgen in drei Phasen. In der ersten Entwicklungsphase werden die Bausteine lösbar miteinander verbunden. Grundlage hierfür ist eine Federmatrix, die zwischen die Bausteine eingesetzt wird und die über federnd gelagerte Kontaktstifte die elektrische Verbindung der einzelnen Bauelemente sicherstellt (Bild 3). Dieses Konstruktionsprinzip ermöglicht den schnellen Aufbau von Sensoren sowie deren einfache Variation. Die herausgeführten Serviceschnittstellen ermöglichen jederzeit die Programmierung und Kalibrierung der Sensoren, aber auch den Zugriff auf einzelne Messpunkte.

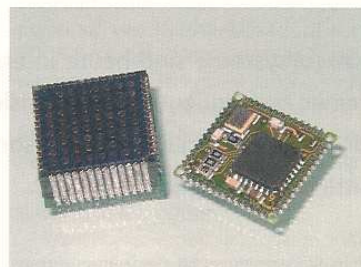
Die Phase 2 ermöglicht die Fertigung der Systeme in Kleinserie. Dabei sind die in Phase 1 verwendeten Bausteine vollständig verwendbar, jedoch lassen sich die Deckel- und Bodenplatten der Bausteine nun einsparen (Bild 4). Eine neue Aufbautechnik ermöglicht diese kosteneffiziente Bauweise. Das abschließende System besteht nur noch aus den Trägerplatten der einzelnen Ebenen, die über Rahmenelemente miteinander verbunden sind. Die Rahmen sind vorgefertigte, preisgünstige, in Leiterplattentechnik hergestellte Standardbauelemente. Die Trägerplatten werden ebenfalls in Leiterplattentechnik (minimale Strukturweite 120 µm) gefertigt.

Die Verbindung der Bausteine erfolgt über Außenkontaktierung, wodurch sich konventionelle Lötprozesse nutzen lassen und die Bausteine für Tests gut zugänglich sind. Der Aufbau eines Serienprodukts erfolgt somit ohne Änderungen des Layouts oder der Geometrie der Bausteine aus dem Entwicklungsstadium (Phase 1).

Mit diesen Systemen ist es möglich, Kundenanforderungen flexibel und in kleineren Stückzahlen zu erfüllen. Gleichzeitig lässt sich der Markt für neue Produkte ohne hohe Produktionskosten testen. Sollte für

dem CPU-Baustein, einem A/D-Wandlerbaustein mit Pt-100-Interface und einem Spannungsreglerbaustein. Jedes dieser Elemente hat eine Grundabmessung von 12,5 mm x 12,5 mm. Der Spannungsreglerbaustein ermöglicht den Betrieb mit Eingangsspannungen von 9 bis 35 V. Er liefert auf zwei Ausgängen (digital und analog getrennt) eine stabilisierte Spannung von 5 V. Der CPU-Baustein verfügt über einen 8-bit-RISC-Prozessor mit vollständiger Beschaltung und einem RS-232- oder einem RS-485-Transceiver. Die interne Kommunikation zwischen der CPU und den restlichen Bausteinen eines Stapels erfolgt über den SPI-Bus.

Der angeschlossene A/D-Wandlerbaustein enthält neben der Beschaltung des Wandlers einen EEPROM und eine Modulselect-Schnittstelle. Über Modulselect können gezielt unterschiedliche Bausteine im Stapel angesprochen werden. Das EEPROM (in jedem peripheren Baustein inte-



**Bild 2.** Ein CPU-Baustein als Beispiel für eine mikrotechnische Komponente

eine einzelne Variante dabei eine verstärkte Nachfrage auftreten, kann der Übergang zur dritten Phase erfolgen, dem integrierten Produkt auf Match-X-Basis. Hierfür werden die bereits entwickelten und getesteten Schaltungen und Layouts in einen konventionellen Aufbau überführt. Die Schaltung bleibt dabei völlig unverändert, lediglich das Layout wird angepasst und auf eine Platine überführt. Dies ermöglicht auch die Weiterverwendung der bereits entwickelten Software. Auf Grund der geringen Änderung kann dieser Schritt in kurzer Zeit und zu sehr geringen Kosten erfolgen.



**Bild 3.** In der ersten Phase des Aufbaus werden die Komponenten vorläufig über eine Federmatrix miteinander verbunden

griert) übernimmt die Funktion eines »Notizbuchs«. Für das System wurde ein eigenes Betriebssystem entwickelt, das die angeschlossenen Bausteine über dieses Notizbuch erkennt und die darin enthaltenen Daten verwaltet. So kann das Notizbuch zum Beispiel Informationen über die Rechte zum Zugriff auf die Daten enthalten. Außerdem enthält es beispielsweise die Korrektur-, Kalibrier- und Herstellerdaten des Bausteins. So ist es möglich, jeden Baustein automatisch zu vermessen und die so ermittelten Korrekturdaten als Parametertabelle abzuspeichern.

Ein aus diesem Baukasten zusammengesetzter Sensor kann zum Beispiel einen Messbereich von -50 bis 250 °C und eine Messgenauigkeit von 0,1 bis 0,2 K erzielen. Die Linearisierung der Messwerte wird im Messsystem durchgeführt. Kalibrierung und Rekalibrierung können über Netz erfolgen. Die Kalibrierdaten werden ebenso wie die Fertigungsdaten des Bausteins in den geschützten Bereich des Notizbuchs gespeichert.

Zusätzliche Funktionen wie Berechnung von Minima und Maxima, die Überwachung einzustellender Grenztemperaturen oder die Speicherung unzulässiger Betriebszustände sind über die Software



**Bild 4.** Bei der Kleinserie lassen sich die im Prototyp verwendeten Komponenten unverändert verwenden und miteinander verlöten

implementierbar. Darüber hinaus lassen sich auch im eingebauten Zustand neue Softwareversionen oder Diagnoseprogramme über einen Bootloader aufspielen.

### Viele Varianten sind möglich

Das Baukastensystem Match-X bietet nun die Möglichkeit, dieses Basissystem einfach an verschiedene Anforderungen anzupassen. Die Flexibilität wird insbesondere bei der Anbindung unterschiedlicher Kommunikationsanschlüsse deutlich. Ne-



**Bild 5.** Entwicklungsphasen von links nach rechts: einzelne Match-X-Bausteine, lösbare Stapel mit Federmatrix, Match-X-Stapel verlötet, auf Leiterplatte überführtes System, komplettes Temperatursystem mit eingebautem Match-X-Stapel

ben dem im Prozessorbaustein vorliegenden RS-232-Port lässt sich der Sensor alternativ um einen RS-485-Baustein (Modbus) oder einen CAN-Busbaustein (CAN, CAN Open) ergänzen. Dies erfolgt durch einfaches Hinzufügen oder Variieren der beschriebenen Bausteine.

Das dargestellte Temperatursystem durchlief alle drei beschriebenen Phasen. Die Variante mit RS-485-Schnittstelle wurde nach der Kleinserie in einen konventionellen Aufbau überführt.

Wie beschrieben war dafür lediglich die Anpassung der Layouts erforderlich. Die eigentlichen Schaltungen, die verwendeten Bauelemente und die Software sind identisch mit der Vorgängerversion. Die Vorteile des Baukastensystems – kurze Entwicklungszeiten bei reduzierten Entwicklungskosten, einfache Handhabung und hohe Variantenvielfalt – kommen somit voll zum Tragen (Bild 5).

### Fazit

Das Beispiel des intelligenten Temperatursystems verdeutlicht, dass bei Einhaltung bestimmter Randbedingungen die preisgünstige Entwicklung und Fertigung miniaturisierter Sensor-/Aktorsysteme möglich ist. Das Baukastensystem Match-X ermöglicht die Entwicklung und Fertigung kundenspezifischer Systeme kostengünstig in kleineren und mittleren Stückzahlen. Die Modularisierung auf Baustein- und Fertigungsebene ermöglicht dabei den effizienten Übergang von der Nullserie zur

Klein- und Mittelserienfertigung. Durch Verwendung konventioneller Fertigungsverfahren und Bauelemente ist dieses offene System für einen großen Anwenderkreis nutzbar.

Mit dem Ziel der Überführung des mikrotechnischen Baukastensystems an den Markt hat sich beim VDMA die Arbeitsgemeinschaft Match-X gebildet. Zur Mitarbeit sind interessierte Unternehmen auch außerhalb des VDMA eingeladen.

### Literatur

- 1 M. Schuenemann, G. Bauer, K. Irrgang, W. Schaefer, V. Grosser: »Modular Sensors and Modular Signal Processing Units«; in: Sensor 01, Proc., 10. Internationale Messe mit Kongress für Sensoren, Meßaufnehmer & Systeme, Wunstorf (DE): AMA, 2001
- 2 VDMA-Einheitsblatt VDMA 66305: Bausteine und Schnittstellen der Mikrotechnik; VDMA 2002, Frankfurt/Main

### Autoren

Dipl.-Ing. Gerd Bauer ist Geschäftsführer bei efm-systems in Stuttgart und stellvertretender Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft »Match-X« im VDMA.

Dipl.-Ing. Peter Doslik ist seit 1978 Inhaber des Entwicklungsbüros für Computer- und Automationstechnik in Stuttgart.

### KONTAKT

efm-systems GmbH,  
70563 Stuttgart,  
Tel. 07 11 /65 67 71 10,  
Fax 07 11 /65 67 71 15,  
www.efm-systems.de