

# HDP oder ASIC: was hilft KMUs bei der Miniaturisierung von Sensoren?

Autoren: Dr. Thomas Gillen, Dr. Michael Scheffler  
Art of Technology AG, Badenerstrasse 734, CH-8048 Zürich, Schweiz  
Tel. +41 (0) 43 311 77 00, Fax +41 (0) 43 311 77 99  
www.art-of-technology.com

Der beständige Zwang zur Produktinnovation und Miniaturisierung macht auch vor den Sensoren nicht Halt: Erhöhte Ausfallsicherheit und erweiterte Funktionalität bei gleichzeitiger Reduktion von Volumen, Gewicht und Leistungsaufnahme sind gefordert. Dies erfordert eine stetige Produktweiterentwicklung und Erhöhung der Integration bei gleichzeitiger Beibehaltung oder Reduktion der Stückkosten.

Produktinnovationen bedeuten jedoch speziell für KMUs grosse Investitionen, die gut überlegt sein wollen, um das Risiko zu minimieren. Die weithin bekannten Erfolge der Halbleiterintegration führen fast reflexhaft zur ASIC-Entwicklung, wenn ein elektronisches System miniaturisiert werden soll. Davon bleibt auch die Sensorik nicht verschont. Die zahlreichen Berichte über die Fortschritte in der Integration von elektronischen Schaltungen und Sensoren fördern diese Einschätzung zusätzlich.

**ASIC** bezeichnet die Integration von unterschiedlichsten Schaltungsteilen (z.B. analog, digital, Speicher, optische Komponenten) auf einem Chip mit festgelegtem Prozess (z.B. CMOS, CMOS/Flash, BiCMOS, Opto-CMOS, etc) und Strukturweite (0.8µm, 0.35µm, ...).

**HDP** umfasst alle hochdichten Aufbau- und Verbindungstechniken, die auf der Basis von meist ungehäuteten ICs und hochdichten Leitungsträgern eine Miniaturisierung von Schaltungsgruppen ermöglichen. Diese Technologie ist dabei der Standard-SMD-Technik sehr verwandt, da im Prinzip die einzelnen Komponenten immer noch erkennbar sind, sie werden nur anders montiert.

Damit liegt der Wunsch nahe, dass gleich der ganze Sensor zusammen mit der Auswerteelektronik und dem Digitalteil, also Mikrocontroller und Speicher, auf einem Chip integriert wird. Teilweise ist dies berechtigt, da bei einigen speziellen Sensorsystemen diese Integration erfolgreich umgesetzt wurde, wie die Beispiele der Beschleunigungssensoren für Crashdetektion / Airbagysteme oder Hallsensoren zeigen. Leider lassen sich Integrationserfolge für diese Sensortypen nicht beliebig auf andere Sensoren übertragen.

Die Gründe hierfür sind vielfältig: Zum einen ist bei diesen integrierten Sensoren der Erfolg das Ergebnis sorgfältiger Vorauswahl gepaart mit einer langen Entwicklungszeit. Der notwendige Entwicklungsaufwand und die zahlreichen Misserfolge im Verlauf der Entwicklung werden hierbei bestenfalls in einem Nebensatz erwähnt. Zudem erleichtern physikalische Grössen wie Beschleunigung und Magnetfeld eine Integration, weil sie durch das schützende Gehäuse aus Kunststoff oder Keramik bis zum eigentlichen Sensor auf dem Chip vordringen können.

Bei der Miniaturisierung ist aber auch noch zu beachten, dass ja nicht nur die Elektronik, sondern das ganze Sensorsystem verkleinert werden. Dies bedingt eine Verkleinerung des eigentlichen Sensors und in der Folge eine Verschlechterung des Signal-Störabstandes des oft ohnehin kleinen Sensorsignals. Sofern die Integration nicht ein besseres, integrationsfreundliches Auswerteverfahren ermöglicht, steigen damit die Anforderungen an die Auswerteelektronik deutlich an.

Dem stehen aber die Beschränkungen der Chip-Integration entgegen. Da der komplette Chip in einer einheitlichen Technologie gefertigt wird, erfolgt eine Optimierung auf ein spezielles Feature, z.B. Low Noise, High voltage, Precision analog, High Frequency, digital, optisch. Es ist naheliegend, dass ein solcher Prozess in den anderen Disziplinen kaum Höchstleistung erbringen kann.

Bereits bei Mixed-signal ICs stellt sich die Frage, wieviel Digitaltechnik sinnvoll integriert werden kann: Ein Analog-Prozess ist nicht auf Digitaltechnik mit hoher Packungsdichte ausgelegt; ein einfaches Interface zur Steuerung des Analogteils ist machbar, die Integration eines Prozessorkerns ist unwirtschaftlich, die Integration von grossen Speicherblöcken mit grosser Wahrscheinlichkeit unmöglich.

Auf der Digitalprozessseite scheinen die Erfolge der Speicherintegration für Microcontroller eine andere Sprache zu sprechen, doch darf man nicht übersehen, dass schon bei diesen Anwendungen die Integration von Speicher nur mit grossem Aufwand möglich ist. Die Integration analoger Elektronik ist zwar ebenfalls möglich, wie die integrierten A/D-Wandler beweisen, nur wird hierbei gern übersehen, dass echte Analogkomponenten wie Verstärkerstufen in der Regel nicht integriert sind.

Dies alles lässt erahnen, mit welchen Problemen dann erst bei einer Voll-Integration eines Sensorsystems zu kämpfen ist. Und der Entwickler steht vor dem Dilemma, entweder einen Kompromiss bezüglich Sensor, Analogsignalverarbeitung oder Digitalteil einzugehen, oder womöglich den Integrationswunsch ganz zu begraben.

Dies bedeutet nun aber nicht, dass eine Miniaturisierung eines Sensorsystems völlig unmöglich ist. Der Einsatz von High-density Packaging (HDP) Techniken ermöglicht hier einen gangbaren Weg mit überschaubarem Risiko. Und manches „integrierte“ System entpuppt sich bei genauerem Hinsehen als HDP-Lösung.

HDP erreicht eine Miniaturisierung oder Erhöhen der Packungsdichte auf drei Wegen:

1. durch Minimierung der Gehäuse
2. durch Einsatz technologieoptimierter Standardkomponenten
3. durch Nutzen der 3. Dimension

#### ***Minimierung der Gehäuseanteile:***

Bei herkömmlichen Gehäusetechniken gibt es ein eklatantes Missverhältnis zwischen der aktiven Chipfläche und der durch das Gehäuse und die Anschlüsse belegten Printfläche. Neue Verbindungstechnologien wie Flip-Chip oder CSP reduzieren den Gehäuseanteil und verbessern damit die Flächennutzung.

#### ***Technologieoptimierte Standardkomponenten:***

Bedingt durch den Kostendruck wird bei den Standardkomponenten mit hohen Stückzahlen in der Regel ein flächenoptimierter Prozess eingesetzt. Besonders offensichtlich ist dies bei Speicherblöcken. Üblicherweise benötigt ein Speicherblock auf einem ASIC etwa 4 mal mehr Fläche, als auf einem dedizierten Speicherchip. Bei kleinen Speicherblöcken fällt dies weniger ins Gewicht, aber bei grossen Speichern im Megabit-Bereich sieht das schon anders aus.

#### ***Nutzen der dritten Dimension:***

Mit HDP-Techniken können mehrere Chips übereinander gestapelt werden, und damit Grundfläche mehrfach genutzt werden. Dabei entsteht nicht zwingend ein hoher Turm, so können durchaus in einem nur 2 mm hohen Baustein 2 oder 3 Chips übereinander gestapelt sein.

Dazu kommt, dass mit HDP mehrere Chips, die in vollkommen unterschiedlichen Prozessen gefertigt werden, miteinander in einem einzigen Package kombiniert werden können. Für die Sensortechnik bedeutet dies, dass die einzelnen Halbleiterkomponenten im jeweils optimalen Prozess gefertigt werden können. Dies kann insbesondere funktional für die Sensoren wie auch die analoge Signalverarbeitung entscheidend sein, da nunmehr optimierte Komponenten, z.B. spezielle Operationsverstärker eingesetzt werden können.

Ein miniaturisiertes Sensorsystem kann damit aus folgenden Teilen zusammengesetzt werden:

- Sensor als kundenspezifische Ausführung oder erprobter Standardsensor als Chip oder in einem kleinen Gehäuse.
- Analoge Signalverarbeitung als ASIC, auch in Kombination mit Standardkomponenten
- Digitales ASIC oder FPGA stellt spezielle digitale Funktionen zur Verfügung
- Standardmicrocontroller
- Zusatzspeicher (Flash, RAM, EEPROM) als Standardkomponenten

Diese Komponenten können einzeln auf Standardleiterplatten, oder auf hochdichten Substraten als ein oder mehrere Module montiert, falls notwendig, sogar in mehreren Lagen übereinandergestapelt werden.

Wenn im Einzelfall auch nicht alle Vorteile einer Halbleiterintegration erzielt werden können, so sind einige Vorteile gleichwohl verfügbar, z.B. niedrigere I/O-Kapazitäten zwischen Funktionsblöcken gegenüber gehäusten Chips, Reduktion der Anzahl der externen Verbindungen und Reduktion der

Leitungslänge. So könnte in einem Modul der Sensor mit minimalen Leitungslängen direkt an den ASIC zur Signalverarbeitung gebondet werden.

Für das Packaging steht eine breite Palette von Möglichkeiten zur Verfügung. Neben Standardgehäusen wie z.B. Modulen mit BGA-Anschlüssen können auch MLF-ähnliche Sonderformen zum Einsatz kommen.

Die Kosten sind bei einem frühzeitigem Einbezug der HDP Technik deutlich niedriger als bei einer ASIC-Entwicklung und liegen je nach Komplexität bei ca. 25 – 100 kEUR. Prototypen schlagen mit 10-20 kEUR zu Buche. Die Durchlaufzeiten hängen stark von Komponentenverfügbarkeit ab, bei geschickter Disposition sind die Durchlaufzeiten vergleichbar mit einem reinen SMD-Design. 4 – 6 Monate incl. Komponentenbeschaffung sind realistisch. Ein Redesign ist oft deutlich schneller möglich, besonders wenn keine neuen Komponenten beschafft werden müssen. Auch Mindestabnahmemengen sind oft kein Problem, da z.B. vor allem Microcontroller und diskrete Bauteile bereits ab wenigen 100 Stück ungehäust erhältlich sind. Zeitbestimmend ist dann die Substratfertigung und die Bestückung. Die Stückkosten sind natürlich etwas höher als bei einer ASIC Einzelkomponente, wenn diese nicht in einem exotischen Prozess und mit hoher Ausbeute gefertigt werden muss.

Auch der Test ist in der Regel deutlich einfacher als bei einem ASIC, denn prinzipiell sind alle Knotenpunkte der Schaltung zugänglich, wenn vielleicht auch nur mit einer feinen (Test-) Nadel und ohne Gehäuse. Dennoch erleichtert diese Möglichkeit die Fehlersuche bei der ersten Inbetriebnahme und bei Erstqualifikation sehr. Allerdings ist der Produktionstest komplexer als bei einer reinen SMD-Schaltung. Es bleibt nur wenig Platz für Testpunkte, und daher muss der Entwickler das Testkonzept gleich bei der Entwicklung berücksichtigen.

Schliesslich hilft HDP bei der Risikominimierung. Auch wenn sich eine ASIC-Entwicklung vielleicht nicht ganz vermeiden lässt, die Möglichkeit zur Partitionierung des Systems reduziert die Komplexität der verbleibenden ASICs. Der Einsatz von bewährten Einzelkomponenten reduziert ebenfalls das Risiko.

**Zusammenfassung:**

HDP verbindet die Vorteile von ASIC und Standardkomponenten, ermöglicht Optimierungen, die auf einem Chip nicht möglich sind, ohne die Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Durch geschickte Kombination von Standardkomponenten, spezifischen ASICs, Standard- oder auch Speziensensoren kann eine leistungsfähiges und dennoch kompaktes Sensorsystem aufgebaut werden, bei gleichzeitiger Begrenzung des Entwicklungs- und Kostenrisikos. Damit eignet sich HDP speziell für kleine und mittlere Unternehmen, die das Risiko einer vollen Integration nicht eingehen können oder wollen.

# HDP or ASIC: SME strategies for miniaturizing sensors

Authors: Dr. Thomas Gillen, Dr. Michael Scheffler  
Art of Technology AG, Badenerstrasse 734, CH-8048 Zürich, Schweiz  
Tel. +41 (0) 43 311 77 00, Fax +41 (0) 43 311 77 99  
www.art-of-technology.com

Continuous market demand for product innovation is putting sensor products under pressure. Increasing reliability and extending functionality are a must while reducing size, weight and power consumption at the same time.

At first glance ASIC technology seems to be one obvious answer to this challenge, especially when integration and lower units costs are mandatory. Recent news indicates that even sensors could be integrated onto a single piece of silicon.

However, as can be learned from the mixed-signal ASIC design, combining various IC technologies on a single chip, though feasible, is not always a good solution when considering design complexity, investment cost, and implementation risk.

High-density packaging (HDP) is a viable low-risk alternative, using unpackaged ICs and high-interconnection substrates. Every functional block can be implemented in its premier IC technology (e.g. MEMS sensors, digital, high-precision analog, memory), and then be mounted side-by-side – or even stacked! – in order to minimize the assembly volume required.

Compared to ASIC developments, designing HDP prototypes is faster and less expensive. Unit costs, on the other hand, are slightly higher, when compared to a high-yield low-complexity ASIC, but HDP design and implementation is less risky since the technology is much closer to the well-known SMD assembly.

In principle, HDP gives SMEs the opportunity to build more powerful yet more compact systems with reasonable risk and effort.