

# Elektronik

FACHZEITSCHRIFT FÜR INDUSTRIELLE ANWENDER UND ENTWICKLER

8. Juli 2003

14

4,90 € 9.- sfr.

**42** **FPGA-Entwicklung auf ASIC-Niveau: Schaltungsentwickler können jetzt ihre Systeme mit einer neuen Design-Software sowohl als FPGA wie auch als „Hardcopy“-ASIC realisieren.**

## Ein Weg für zwei Lösungen

**46** **Software-Entwicklung**  
Schneller zu besserer Software

**54** **Optische Inspektion**  
Stärken und Schwächen von AOI-Systemen

**58** **Wireless LAN**  
Zugeschnittene Entwicklungssysteme erleichtern Design

**65** **Leistungselektronik**  
Designkriterien für den „Buck-Converter“

**68** **Programmierbare Analogtechnik**  
Was die marktgängigen FPAA-Chips und die dazugehörigen Tool



Sonderdruck für



# Sämtliche Analogfunktionen auf einem ASIC

## Kundenspezifische analoge Bipolar-ICs im Industrie-Einsatz

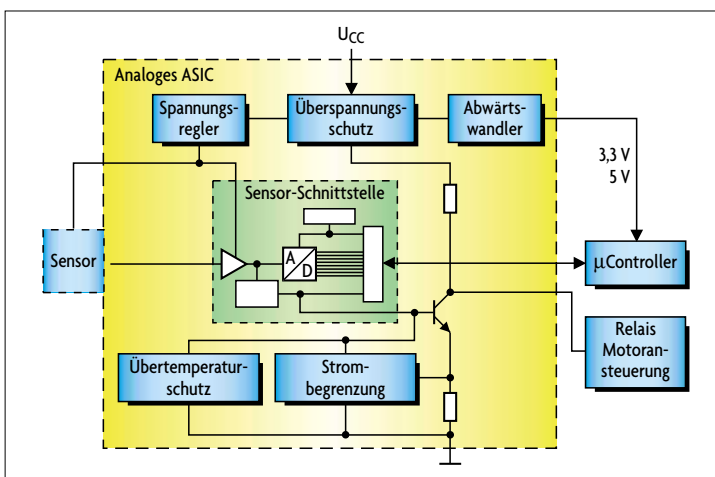
**Im industriellen Umfeld sind analoge ICs meist großen Spannungsspitzen und unterschiedlichen Lasten ausgesetzt. Gleichzeitig werden hohe Ansprüche an Sensorverstärker und A/D-Wandler gestellt. Standard-ICs erfüllen da meist nicht alle Anforderungen oder benötigen komplexe externe Zusatzbeschaltungen. Bei größeren Stückzahlen stellen kundenspezifische Schaltungen eine kostengünstige und platz sparende Alternative dar.**

Von Anne Stroot und Dr. Matthias Linde

Analoge ASICs für den industriellen Einsatz, aber auch für die Gebäudetechnik, werden besonders hohe Ansprüche gestellt. So liegt die zur Verfügung stehende Versorgungsspannung typischerweise bei 20 bis 30 V, mit Spannungsspitzen bis über 50 V. Die Aufgaben, die ein analoges ASIC in diesem Umfeld zu erfüllen hat, sind von der jeweiligen Applikation abhängig. Anhand eines Beispiel-ASIC lässt sich gut aufzeigen, welche Funktionen in einem analogen ASIC integriert werden können und welche Vorteile kundenspezifische Schaltkreise im industriellen Umfeld bieten.

Im Unterschied zu einem allgemein verfügbaren Standard-IC handelt es sich bei dem angeführten Beispiel (Bild 1) um ein kunden- und applikationsspezifisches IC (ASIC). Kundenspezifische Schaltungen (manchmal auch CSIC = customer specific integrated circuit genannt) finden dort Einsatz, wo Standard-ICs nicht alle Anforderungen erfüllen, wo zusätzliche Funktionen zu integrieren sind oder wo die Schaltung vor Produktkopien geschützt werden soll. Diese ICs werden ausschließlich für einen Kunden nach dessen Anforderungen entwickelt und gefertigt und sind somit nicht auf dem freien Elektronikmarkt erhältlich. Daher

schützt ein kundenspezifisches IC sehr sicher vor dem Nachbau des eigenen Produktes. Die Bezeichnung „Analoges Bipolar-ASIC“ bedeutet nicht zwangsläufig, dass nur analoge Schaltungselemente enthalten sind. Integrierbar sind mit modernen Bipolar-Processen, wie dem von PREMA Semiconductor, auch digitale Komponenten, beispielsweise A/D-Umsetzer.



**Bild 1. Analog-ASIC für eine Sensoranwendung: Neben der Signalaufbereitung des Sensorsignals lassen sich in das ASIC diverse Schutzfunktionen, Spannungsregler, Treiberschaltungen und eine Mikrocontroller-Schnittstelle integrieren.**

## Integriertes Power-Management

Typische Versorgungsspannungen im industriellen Umfeld und in der Gebäudeautomation liegen bei 20 bis 30 V, zum Teil auch darüber. Für ein ASIC bedeutet das, dass man einen Prozess auswählen muss, der eine ausreichende Spannungsfestigkeit besitzt. Dies bietet z.B. der bipolare ModuS-U6-Prozess von PREMA (Kasten).

Versorgungsspannungen im industriellen Umfeld sind meistens nicht ideal. So hängen an einem Versorger oft mehrere Verbraucher, die zu unterschiedlichen Zeiten Ströme abziehen und damit Spannungseinbrüche verursachen. Motoren und induktive Lasten erzeugen Spannungstöße und -spitzen auf dem Netz. Andererseits werden beispielsweise von integrierten Präzisionsverstärkern hohe Anforderungen an die interne Versorgungsspannung eines ASIC gestellt. Hier wird ein Spannungsregler benötigt, der die Schwankungen auf der Versorgung wirkungsvoll unterdrückt. Im einfachsten Fall lässt sich ein Längsregler einsetzen.

Für größere Ströme wird – wie im gezeigten Beispiel – oft ein Abwärts-wandler (Step-Down-Converter) in ein ASIC integriert, der an externen Bauteilen nur noch einen Kondensator und eine Induktivität benötigt. Dieser dient vor allem zur Versorgung externer Komponenten; in der beschriebenen Beispiel-Applikation werden damit ein CMOS-Mikrocontroller mit 3,3 V Betriebsspannung sowie weitere Peripheriebausteine versorgt. Zusätzlich ist eine Spannungsüberwachung eingebaut, die bei Spannungsabfällen unter einen definierten Wert ein „Save“-Signal an den Mikrocontroller weitergibt. Ein „Power-On-Reset“ sorgt dafür, dass im analogen ASIC nach einem Spannungsausfall die richtigen Zustände gesetzt werden.

## Hochwertige Verstärker für empfindliche Sensorsignale

Zum Einlesen von Sensorsignalen (z.B. Photodioden, Druck- und Temperaturfühler) lassen sich in ASICs spezielle Schnittstellen integrieren (Bild 2). Eine typische Sensoranwendung ist die Auswertung von Druck- oder Temperatur-

sensoren. Für die Verstärkung dieser meist sehr kleinen und störungsempfindlichen Signale werden Präzisions- bzw. Instrumentenverstärker eingesetzt, die sich durch niedriges Rauschen, geringe Eingangsruheströme und kleine Offsetspannungen – im Beispiel sind unter 100  $\mu\text{V}$  gefordert – auszeichnen. Um Thermospannungen an den Anschlüssen zu unterdrücken, lassen sich die Signaleingänge periodisch umpolen. Häufig ist zusätzlich eine Speisung der Sensoren mit einer konstanten Spannungs- oder Stromquelle erforderlich. Eine auf 1 % abgleichbare integrierte Bandabstands-Spannungsquelle leistet hier als präzise und temperaturstabile Spannungsreferenz gute Dienste.

Eine Besonderheit stellen die Photodioden und Phototransistoren dar. Der ModuS-U6-Prozess bietet die Möglichkeit, diese auf dem Chip zu integrieren. Die Photosensoren müssen so nicht mehr extern bestückt werden. Das kann gerade für Anwendungen in der Gebäudetechnik sehr interessant sein, da so platzsparend Elektronik und Sensorik auf kleinstem Raum untergebracht werden. Zur Aufbereitung dieser Signale ist zunächst eine Strom-Spannungs-Umsetzung erforderlich, die mit Transimpedanzwandlern erfolgt.

Für die Auswertung der Sensorsignale stehen präzise A/D-Wandler zur Verfügung, die eine direkte Verbindung über eine integrierte SPI-Schnittstelle zum Mikrocontroller herstellen.

### ► SPI-Schnittstelle und stromsparende CCL-Gatter

Für die Realisierung der digitalen Komponenten bietet sich die „Constant-Current-Logik“ (CCL) an. Sie arbeitet stromgesteuert; dies hat – im Gegensatz zur CMOS-Logik, wo pulsartige hohe Umladeströme fließen – den großen Vorteil, dass keine Störungen auf die zum Teil empfindlichen analogen Blöcke auftreten. Ein Beispiel für den Einsatz von CCL-Gattern ist die Integration von Taktgebern. So lässt sich ein einfacher Ringoszillator aus wenigen Gattern aufbauen. Externe Bauelemente (Kondensatoren) sind hierbei nicht erforderlich.

Wenn das ASIC Daten oder Steuersignale mit einem Mikrocontroller oder einem Mikroprozessor austauschen

soll, stellt sich die Frage nach der geeigneten Schnittstelle. Mikrocontroller bzw. -prozessoren sind mit unterschiedlichen Schnittstellen erhältlich. Oft ist das SPI (Serial Peripheral Interface) die geeignete Wahl, da sich dieses aus relativ wenig Gattern aufbauen lässt und einen für viele Applikationen ausreichenden Datendurchsatz bietet.

### ► Direkter Anschluss von LEDs und Relais

Auf der Ausgangsseite des ASIC werden oftmals Treiber für LEDs, etwa zum Anzeigen von Betriebszuständen, gewünscht. Für diese kann das ASIC einen Konstantstromausgang bereitstellen, so dass ohne Zusatzbeschaltung eine von der Versorgungsspannung unabhängige Helligkeit gewährleistet ist.

Eine weitere Aufgabe von analogen ASICs im industriellen Umfeld ist das Schalten von ohmschen, kapazitiven oder induktiven Lasten. Hierbei stellen induktive Lasten, z.B. Relais, durch das Auftreten von Spannungs- und Stromüberhöhungen beim Schalten die höchsten Anforderungen. Für diesen Anwendungsfall stehen bei PREMA Bibliothekskomponenten zur Verfügung, die das Schalten von Spannungen bis 70 V erlauben.

### ► Schutzbeschaltungen in analogen ASICs

Gerade wenn es um Schutzbeschaltungen von ICs geht, sind die Anforderungen in der Industrie sehr unterschiedlich. Standard-ICs bieten hierfür in aller Regel nicht alle geforderten Funktionen und machen damit externe Zusatzbeschaltungen erforderlich. Beim kundenspezifischen IC kann der Auftraggeber entscheiden, welche und in welcher Weise Schutzbeschaltungen zu integrieren sind.

Ein ASIC erlaubt die Realisierung angepasster und auf die Applikation zugeschnittener Schutzschaltungen für einen zuverlässigen Schutz der elektronischen Schaltung zum Beispiel vor zu hohen Spannungen an den Eingängen oder auf der Versorgung, zu hohen Temperaturen oder vor zu hohen Strömen; sie können spezifische Fehler wie Kurzschlüsse an

## PREMAs ModuS-U6-Prozess

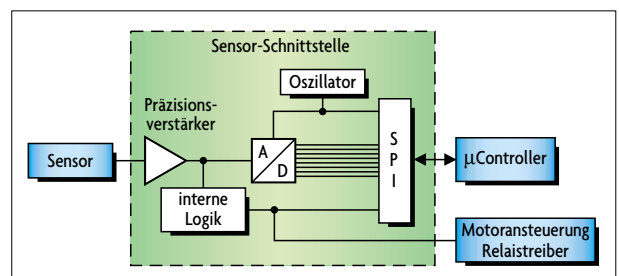
- Bipolarer Siliziumprozess
- Integration von Super-Beta-NPN, P-Kanal-JFET, Transistoren mit integrierter Schottkydiode, Super-Beta-Phototransistoren, CCL-Gatter und andere
- Versorgungsspannung ab 1 V bis zu 70 V, abhängig von der Applikation
- Ströme vom pA-Bereich bis zu 1 A (gepulst)
- Digitale Funktionen in kompakter Ultra-Low-Power-CCL-Logik
- Rapid Prototyping

Ein- oder Ausgängen oder Ausfälle von Sensoren detektieren und hierauf in angemessener Weise reagieren.

Das Beispiel-ASIC integriert hierbei mehrere Schutzmaßnahmen:

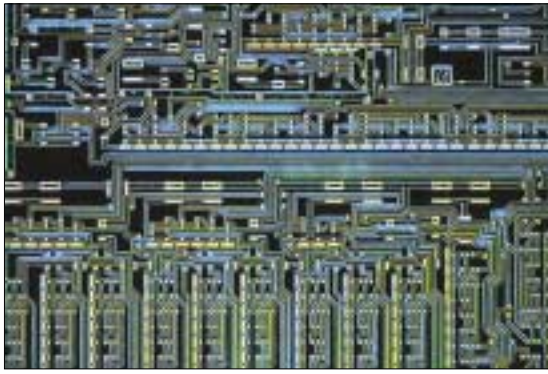
- Zum einen wird das IC passiv geschützt: Schutzdioden schützen die Anschlüsse vor elektrostatischer Entladung. Weiterhin sind die meist empfindlichen Eingänge der Präzisionsverstärker durch Dioden vor für die Schaltung gefährlichen Signalen geschützt. Eine Diode für bis zu etwa 1 A Spitzenstrom dient am Ausgang als Freilaufdiode bei induktiven Lasten.

- Darüber hinaus enthält das IC mehrere aktive Schutzschaltungen: Als Schutz im Fehlerfall, aber auch bei hoher Verlustleistung der Endstufen, ist eine Übertemperatursicherung integriert, die durch einen chipinternen Temperatursensor realisiert ist. Hierdurch kann die für die jeweilige Umgebungstemperatur maximal zulässige Verlustleistung ausgenutzt werden. Die Art und Weise, wie das IC auf eine Übertemperatur zu reagieren hat – etwa Abschaltung eines Ausgangs, Reduzierung des Ausgangsstroms, Meldung an einen externen Controllerbaustein – lässt sich an die jeweilige Ap-



**Bild 2.** Die Sensorschnittstelle umfasst einen Präzisionsverstärker, interne Logik sowie einen A/D-Umsetzer. Das digitalisierte Sensorsignal lässt sich dann über eine SPI an einen Host-Controller ausgeben.

**Bild 3.**  
Mikroskop-  
aufnahme  
eines Aus-  
schnitts aus  
einem analo-  
gen ASIC im  
Rahmen der  
optischen  
Inspektion.



plikation anpassen. Im dargestellten Beispiel sorgt eine Überspannungserkennung an den Ausgängen dafür, dass die Endstufentransistoren oder auch die externe Last nicht zerstört werden, indem im Fehlerfall der Ausgangstreiber je nach Applikation durch- oder abschaltet. Ebenso ist eine Überstrom- oder Kurzschlussicherung realisiert, die den Ausgang zunächst abschaltet und dann periodisch auf Beseitigung des Fehlers prüft. Hierzu dient der Stromfühler-Widerstand in Verbindung mit dem Block „Strombegrenzung“ (Bild 1), der wiederum die Ansteuerung des Ausgangstreiber beeinflusst.

Der Vorteil der kundenspezifischen Lösung besteht vor allem darin, dass die Art der Sicherung auf die Applikation angepasst und mit einem Minimum an externen Komponenten realisiert werden kann.

### ► Wann lohnt sich ein analoges ASIC?

Vor der Fertigung eines kundenspezifischen IC steht dessen Entwicklung.

## Vorteile kundenspezifischer analoger ASICs

- Spart Platz und Kosten, da zahlreiche Standard-ICs auf ein Bauteil reduziert werden.
- Mehr auf die Applikation angepasste Funktionen als bei Standard-ICs.
- Produktkopien werden erheblich erschwert, da kundenspezifische ASICs nicht am freien Elektronikmarkt erhältlich sind.
- Höhere Qualität, da applikationsspezifischer Test aller ausgelieferten ICs.
- Erhöhte Liefersicherheit, da Liefergarantien mit dem Hersteller vereinbart werden können.
- Schutzbeschaltung nach Wunsch lässt sich in das ASIC integrieren.

Diese kann bei vorhandenem Know-how vom Kunden selbst, von einem unabhängigen Designhaus oder vom Halbleiterhersteller durchgeführt werden. Welcher Weg der günstigste ist, hängt vom Einzelfall ab – in der Praxis werden alle drei Wege in etwa gleichem Maß beschränkt.

Durch die Nutzung einer Komponentenbibliothek lassen sich Entwicklungszeiten reduzieren, und vorhandenes Know-how kann optimal genutzt werden.

Um die einwandfreie Funktion unter allen Einsatzbedingungen sicherzustellen, erfolgen vor dem Produktionsanlauf ausführliche Freigabeuntersuchungen an ASIC-Prototypen. In der Serienfertigung werden zunächst alle Waferlose sowohl optisch unter dem Mikroskop (Bild 3) als auch elektrisch anhand standardisierter Teststrukturen inspiziert. Weiterhin wird ein applikationsspezifischer Test für die Serien-ICs entwickelt, den jedes ausgelieferte IC durchläuft.

Den Initial- und Entwicklungskosten, die eine ASIC-Entwicklung erfordert, steht der hohe Nutzen gegenüber, der durch den Einsatz eines analogen ASIC erreicht wird. Hier ist das Einsparungspotential zu nennen, das sich durch die Reduzierung der zu bestückenden Komponenten ergibt. Liefersicherheit über viele Jahre, der Schutz vor Produktabkündigungen und die durch gemeinsam vereinbarte Serien-Tests überwachte Produktqualität sprechen ebenfalls für die Entwicklung eines ASIC-Bausteins. Vielfach wird eine ASIC-Entwicklung allein deshalb erforderlich, weil die Größe des Gesamtsystems reduziert werden muss. Die Auswahl des Gehäuses und die Festlegung der Pin-Belegung erfolgen hier durch den Kunden. Alle gängigen Gehäuse wie SOP, SSOP und PLCC stehen zur Verfügung, ebenso sind CoB- (Chip-on-Board) oder Flip-Chip-Montage möglich.

Oft wird die Frage gestellt, ab welcher Stückzahl sich die Entwicklung eines analogen ASIC lohnt. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Mindest-

menge bei rund 100 000 ICs pro Jahr liegt – da Initialkosten und Einsparungspotential jedoch sehr unterschiedlich sein können, kann je nach Applikation die Schwelle auch höher oder tiefer liegen.

ASIC-Hersteller bieten meist eine umfangreiche Applikationsberatung und können auf Basis eines Pflichtenheftes oder eines Blockschaltbildes einen Vorschlag zur Umsetzung machen sowie ein Angebot erstellen. *gs*



### Dipl.-Ing. Anne Stroot

ist gebürtige Emsländerin und studierte Nachrichtentechnik an der Fachhochschule in Osnabrück. Heute ist sie beim Halbleiterhersteller PREMA Semiconductor in der Applikation tätig.

► E-Mail:

Anne.Stroot@prema.com



### Dr. Matthias Linde

studierte Physik an der Universität Paderborn. Nach seiner Promotion mit dem Schwerpunkt Halbleiterphysik war er für ein Jahr an der Lehigh University (Bethlehem, PA, USA). Bei PREMA Semiconductor ist er im Bereich Applikation tätig.

► E-Mail:

Matthias.Linde@prema.com

## Literatur

[1] PREMA Semiconductor: [www.prema.com](http://www.prema.com)