

„Mixed Signal“ und „Smart Power“ — Kernkompetenzen für den globalen Mikroelektronikmarkt

Wolfgang Pribyl

**Siemens Entwicklungszentrum für Mikroelektronik Ges.m.b.H.
A-9500 Villach, Austria**

Im weltweiten Wettbewerb in der Mikroelektronik werden Kernkompetenzen immer wichtiger, weil sie einen wesentlichen Standortvorteil darstellen können. Die Globalisierung umfaßt heute nicht nur Aspekte der Niedriglohnfertigung einfacher Arbeiten, sondern in immer stärkerem Ausmaß auch hochwertige Fertigungs- und Entwicklungstätigkeiten. Am Beispiel gemischt analog-digitaler Schaltkreise („mixed signal“) und integrierter Systeme der Leistungselektronik („smart power“) wird gezeigt, wie Know-how-intensive Bereiche mit starkem Systemanteil dennoch in Europa für den Weltmarkt konkurrenzfähig entwickelt werden können.

1. Einleitung

Im Bereich der Mikroelektronik kann seit einigen Jahren, ähnlich wie bei anderen Industrien, ein starker Trend zur Globalisierung beobachtet werden. Dies betrifft nicht nur die Fertigungseinrichtungen (Wafer Fabs, Montagen), sondern zunehmend auch die Entwicklungsressourcen. Beispiele hierfür können in allen großen Firmen der Mikroelektronik gefunden werden, seien es Halbleiterhersteller oder Baugruppen- und Systemlieferanten. Eine besondere Attraktivität bieten für diese Firmen die aufstrebenden Länder im südostasiatischen Raum. Dort ging man in den letzten Jahren dazu über, nicht nur als Billiglohnland Fertigungen bereitzustellen, sondern zunehmend auch Entwicklung vor Ort zu betreiben.

Dafür gibt es mehrere Gründe: Die Förderpolitik vieler Staaten dieser Region orientiert sich am Grad an Innovation, die beim Transfer von Einrichtungen in diese Länder mit eingebracht wird. Häufig werden wesentliche Steuererleichterungen („Pioneer Status“) oder die Zollpolitik damit verknüpft. Der Wunsch nach einer Präsenz im lokalen Markt und als Folge daraus die Entwicklung spezieller, auf diesen lokalen Markt zugeschnittener Produkt (z.B. Videotextbausteine oder Betriebssystemvarianten für chinesische Schriftzeichen) stellen weitere Motivationsfaktoren dar. Nicht zuletzt muß darauf hingewiesen werden, daß durch das große Wachstum im Bereich der Mikroelektronik und Telekommunikation weltweit eine Verknappung höherer Qualifikationen am Arbeitsmarkt droht und in diesen Ländern hervorragendes Know-how vorhanden ist.

In diesem weltweiten Wettbewerb ist es nun für die Entwicklung und die Fertigung sowie das erfolgreiche Zusammenwirken beider wesentlich, eine sinnvolle Zuordnung von Kernkompetenzen zu finden. Je nach Firma und Produktspektrum, sowie nach dem in externen Stellen (Universitäten und Forschungseinrichtungen) vorhandenem Spezial-Know-how können sich unterschiedliche Strukturen ergeben.

2. Integrierte Schaltungen — Grundtypen

In einer groben Kategorisierung der Entwurfsverfahren für Integrierte Schaltkreise kann man zwei Varianten sehen:

Die eine Variante basiert auf vordefinierten Elementen, das sind vorwiegend digitale Grundzellen und Teilblöcke, und nähert sich der Implementierung in Silizium von der informationstechnischen Seite, ähnlich wie beim Softwareentwurf. Die Schwerpunkte dieses Bereiches liegen beim Entwurf und der Optimierung von übergeordneten, digitalen Systemen, Architekturen von Datenpfaden sowie ganzer Rechnerkerne, bei der Implementierung von Algorithmen und Funktionen. Die Abbildung dieser Eigenschaften auf Silizium erfolgt stark automatisiert über Entwurfssprachen wie z.B. VHDL. Die Simulation beschränkt sich auf die funktionale und logische Ebene. Nach diesen Methoden werden komplexe, vorwiegend digitale Komponenten, wie sie z.B. in Rechnersystemen, Personal Computern und Baugruppen der Telekommunikation Einsatz finden, entworfen (Abb. 1), aber auch Teilfunktionen von Bausteinen, wie sie im folgenden betrachtet werden.

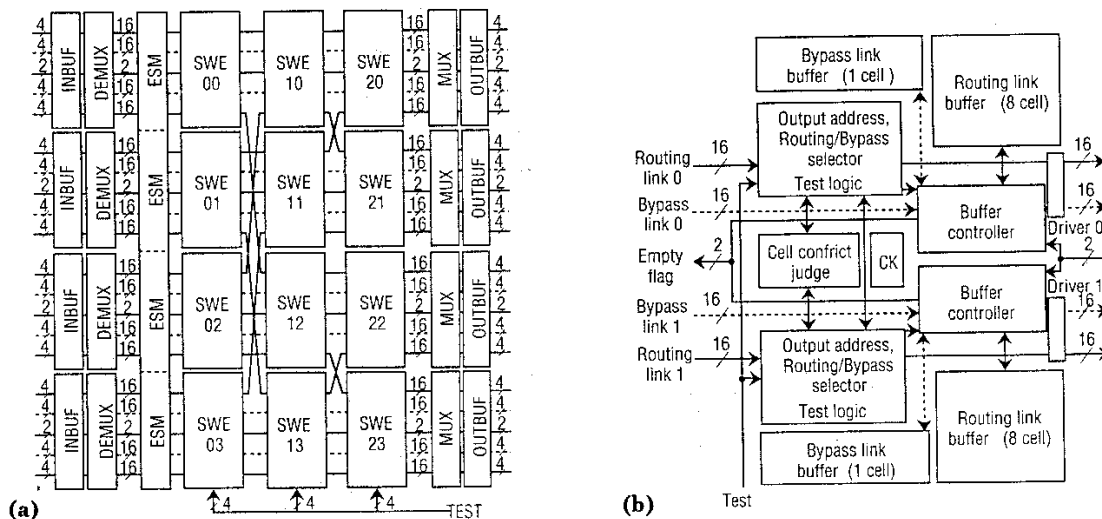


Abb. 1: Blockdiagramm (a) und Teilstruktur (SWE) (b) eines Hochgeschwindigkeits-Datenübertragungsbausteins [1]

Die andere Variante des Entwurfs beginnt beim einzelnen Schaltelement und sieht dieses und seine Eigenschaften von der elektrotechnischen Seite, die Simulation beginnt in der Entwurfshierarchie ganz unten und berücksichtigt in hohem Maße die elektrischen Eigenschaften der Bauelemente und der Verbindungsstrukturen. Man setzt sich intensiv mit Wechselwirkungen der Bauelementeigenschaften mit der Chiptemperatur, den Umgebungseinflüssen und den technologischen Grundlagen auseinander. In diesen Bereich fällt die gemischt analog-digitale Systemintegration, die heute bereits Leistungsbaulemente und Sensoren am gleichen Substrat mitbetrachtet. Es hat sich gezeigt, daß in diesem Bereich der Aufbau von Know-how der Mitarbeiter und das Formen einer Gruppe mit Kernkompetenz und Erfahrung mehrere Jahre dauert. Auch die intensive Zusammenarbeit mit den Technologen der Fertigungseinrichtungen spielt hier eine große Rolle für den Markterfolg. Da in einem solchen Zeitraum eine Vielzahl von sehr engen Kundenbeziehungen aufgebaut wird und daher nicht nur das Wissen über die einzelnen Schaltungen, sondern auch über die bearbeiteten Gesamtsysteme wächst, konnte eine im

weltweiten Vergleich sehr gute Wettbewerbsposition der Entwicklung in Villach entstehen. Dies zeigt sich einerseits am Erfolg der hier entwickelten und teilweise auch gefertigten Produkte, die in hohen Stückzahlen am Weltmarkt eingesetzt werden, andererseits an einem deutlichen Anstieg der Nachfrage nach den Entwicklungsleistungen, der eine Verdoppelung der Entwicklungsressourcen während der letzten 4 Jahre zur Folge hatte.

In den folgenden Abschnitten werden die Gebiete „Smart Power“ und „Mixed Signal“ näher dargestellt. Dies umfaßt Aspekte des Entwurfs und der Fertigung sowie einige Beispiele.

3. Mixed Signal - Gemischt analog-digitale Systeme

Die folgenden Abb. 2 und 3 zeigen als Beispiel für gemischt analog-digitale Systeme Anwendungen aus dem Telekommunikationsbereich. Typische Komponenten sind analoge Frontend-Blöcke zur Ankopplung an Übertragungsstrecken, seien dies nun elektrische oder optische Kanäle bei Modems oder die akustische Kopplung zum menschlichen Ohr beim Telephon, sowie verschiedene digitale Signalverarbeitungselemente. Die Systeme aus Abb. 3 folgen diesem allgemeinen Schema.

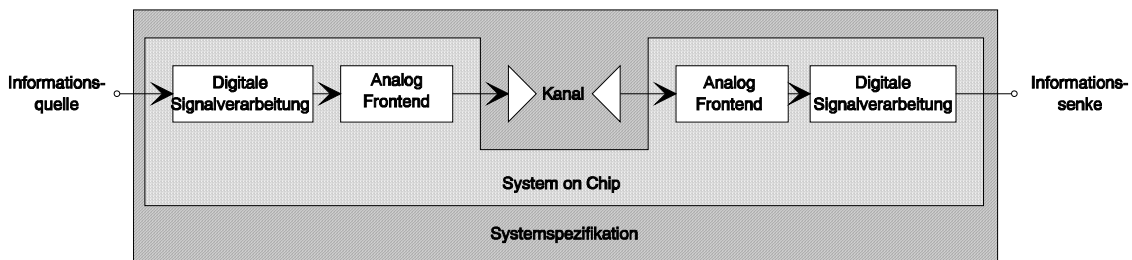


Abb. 2: Beispiel für ein „System on the Chip“ für die Kommunikationstechnik

	GSM	DECT	IEC	SLICOFI
DSPProcessing	Sprachkodierung	Sprachkodierung	Echo Kompensation	Voice Codec
	Kanalkodierung	Modulation/Demodulation	Entzerrer	TTX-Erzeugung,Filter
	Modulation/Demodulation			On Chip Ringing
	Entzerrer			
Analog Frontend	Mischer auf RF	Mischer auf RF	PAM Modulation	A/D, D/A Umsetzung
	A/D, D/A Umsetzung	A/D, D/A Umsetzung	A/D, D/A Umsetzung	
Kanal	Luftstrecke 900, 1800 MHz	Luftstrecke 1900 MHz	Kupferkabel	Kupferkabel/SLIC

Abb. 3: Typische Systembeispiele aus der Kommunikationstechnik

Aufgrund der stetig ansteigenden Integrationsdichte sind nunmehr ganze Systeme in integrierter Form auf einem Schaltkreis möglich. Damit hat sich auch die Schnittstelle zwischen dem Systemhaus und dem Halbleiterhersteller verschoben. Der Entwurf erfolgt in enger Zusammenarbeit („Concurrent Engineering“) nunmehr beim Halbleiterhersteller, die Aufgaben des Systemhauses haben sich auf höhere Ebenen verschoben. Durch diese Veränderungen der letzten Jahre hat sich eine wesentliche Aufwertung der Rolle des IC-Entwurfs ergeben, der auch zu größeren Herausforderungen führte. Die Entwurfssysteme und Entwurfsverfahren haben in ihrer Komplexität deutlich zugenommen, bereits beim Aufteilen des Systems auf einzelne Schaltkreise müssen in

enger Abstimmung die richtige Fertigungstechnologie und geeignete Schaltungskonzepte gewählt werden, um wirtschaftlich erfolgreich zu sein.

Weiters ist die Gesamtfunktion innerhalb des jeweiligen Bausteins nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimal aufzuteilen auf:

- analoge Komponenten (Anpassungsschaltungen, Verstärker, Filterstrukturen)
- geeignete AD-Wandler (häufig werden hier $\Sigma\Delta$ -Umsetzer verwendet)
- digitale, festverdrahtete Strukturen (Filter, Kompression/Expansion)
- programmierbare Signalprozessorelemente (Filter-Algorithmen)

Für erfolgreiche Projekte ist ein erfahrenes Team mit einer über Jahre gewachsenen Kernkompetenz von großer Bedeutung. Die Umsetzung in Integrierte Schaltungen wird durch geeignete CAD-Systemkomponenten zwar unterstützt, das Zusammenspiel der verschiedenen Entwurfs- und Simulationsebenen erfordert aber einen breiten Erfahrungshintergrund. Eine schematische Darstellung der einzelnen Komponenten und Entscheidungsebenen vom realisierungsunabhängigen Konzept bis zur Verifikation der physikalischen Realisierung findet sich in Abb. 4.

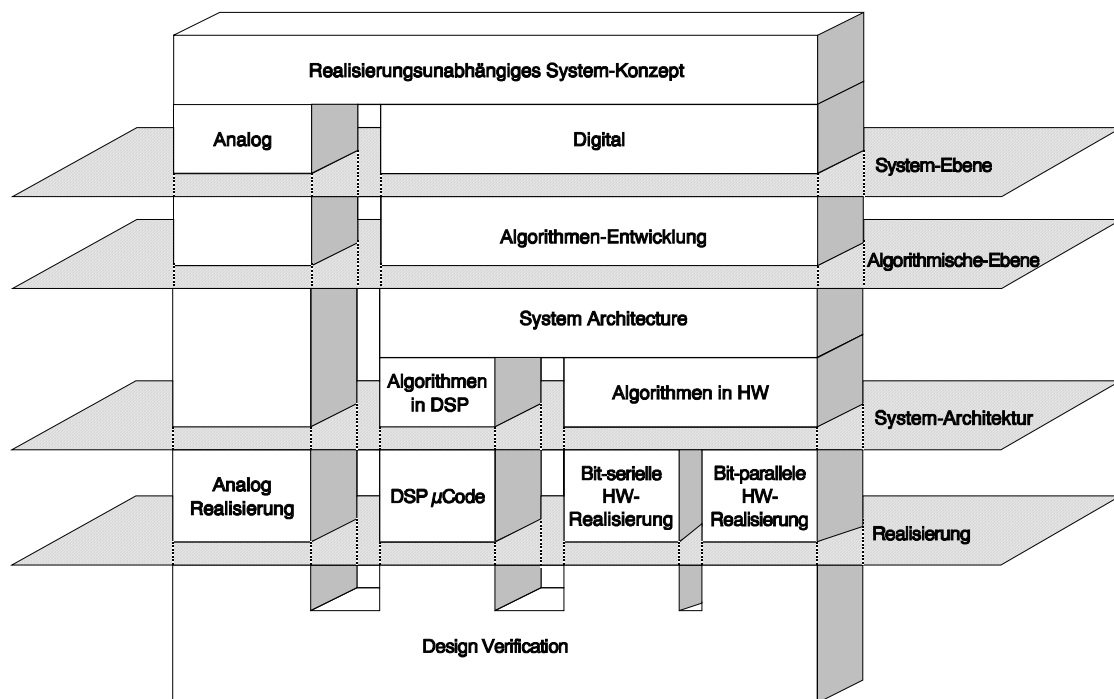


Abb. 4: Struktur des Entwurfssystems für komplexe gemischt analog-digitale Schaltungen

In der Folge findet sich ein realisiertes Beispiel, das am Markt bereits in hohen Stückzahlen sehr erfolgreich ist [2], [3]. Es handelt sich hier um eine 2-Chiplösung für die Ankopplung konventioneller, analoger Telephonleitungen an digitale Vermittlungsämter. Dieses Gebiet stellt auch heute noch ein großer Markt existiert.

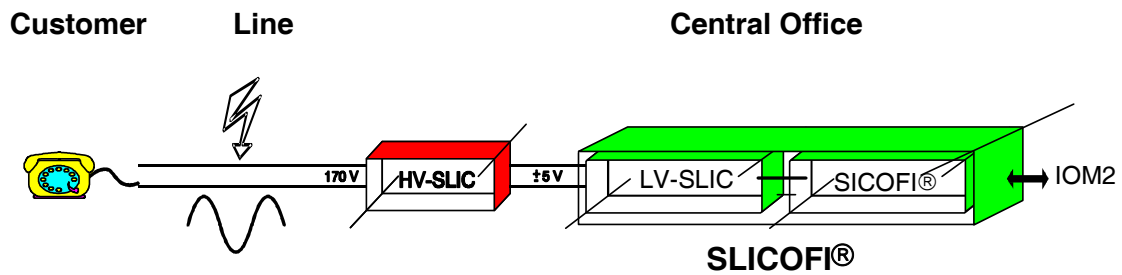


Abb. 5: Schema eines Kanals der Leitungsanschlußbaugruppe einer digitalen Vermittlung

Für die Applikation aus Abb. 5 wurden die Technologien (170 V BiCMOS/DMOS und BiCMOS 0,8 µm 5 V) nach den externen (Leistungsüberspannung) und internen Anforderungen (Integrationsdichte, Übertragungsdaten) ausgewählt und die Gesamtfunktion entsprechend aufgeteilt [2], [3]. Die besondere Herausforderung dieses Systems lag in der Kombination der hohen Spannungsfestigkeit und der hohen Ströme auf der Leitung bei gleichzeitig hoher Präzision der Übertragungseigenschaften (Verstärkungstoleranz, Frequenzgang, S/N-Verhältnis).

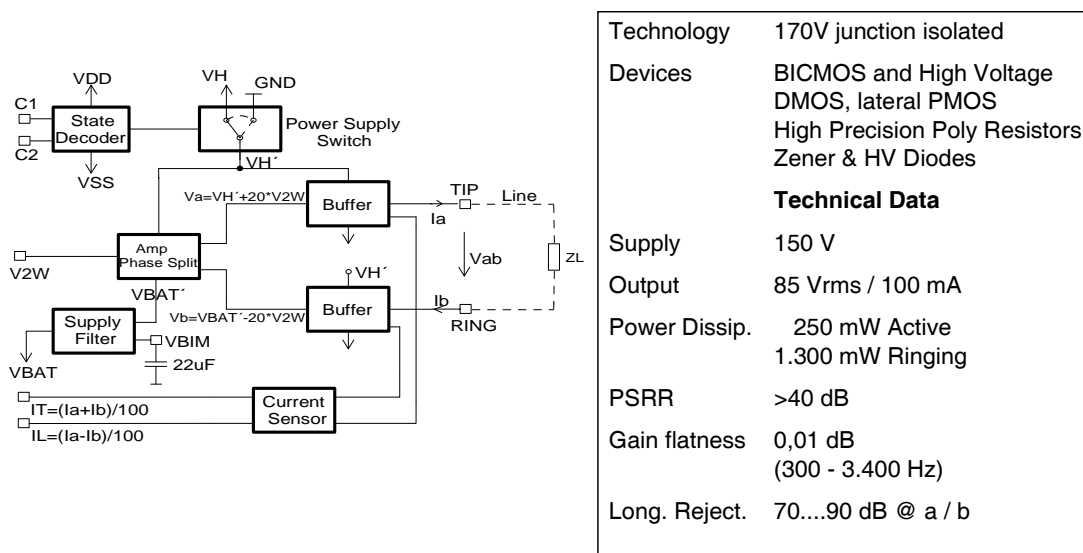


Abb. 6: Blockschaltung und technische Daten des HV-SLIC Bausteins

4. Smart Power - Intelligente Systeme der Leistungselektronik

Der Markt der Integrierten Schaltungen zeigt nicht nur in den traditionellen Bereichen, wie z.B. Informations- und Signalverarbeitung ein deutliches Wachstumspotential, sondern auch in den Bereichen der Leistungselektronik. Dies betrifft neben den Einzelbauelementen (Leistungstransistoren, Thyristoren, Dioden) insbesondere das Gebiet der „Smart Power Systems“. Moderne Technologien ermöglichen innovative Systemlösungen, welche konventionelle Bauelemente wie Sicherungen, Relais und Schalter durch Transistoren mit integrierten Überwachungsschaltungen ersetzen. Beispielsweise können Ströme und die Chiptemperatur überwacht, der Zustand an eine Zentralelektronik

gemeldet und der Leistungsteil bei kritischen Zuständen abgeschaltet werden. Dies ist beispielsweise im Automobilbereich von großer Bedeutung, aber auch in der Industrie-elektronik und bei EDV-Geräten (Festplatten, Drucker).

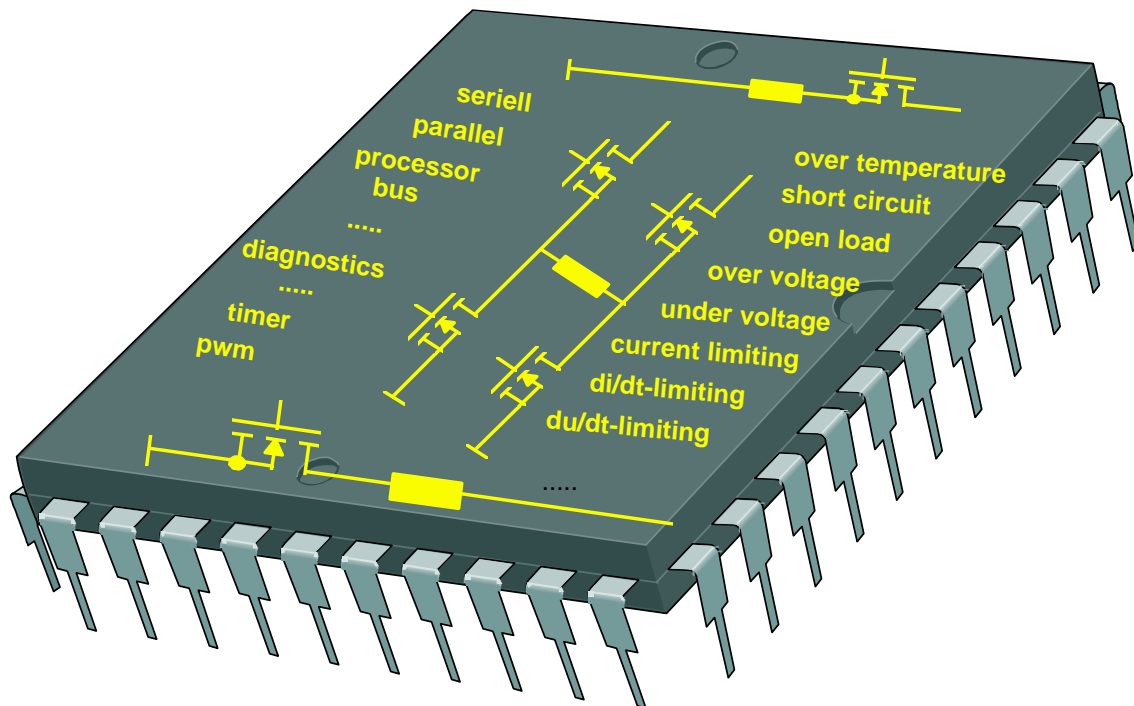


Abb. 7: Funktionsblöcke von Smart Power Schaltern

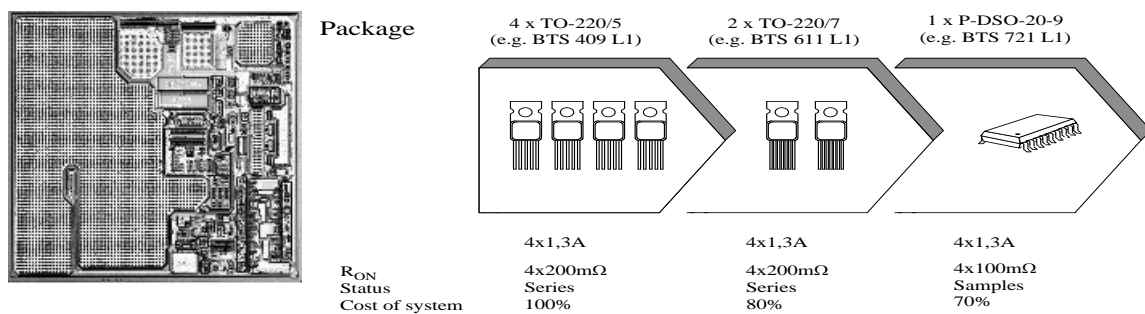


Abb. 8: Smart Power Schalter bringen erhebliche Vorteile in der Automobilelektronik (Chippfoto links und Gehäuseformen rechts im Bild).

Mit den heute bei verschiedenen Firmen verfügbaren Technologien ist es möglich, ganze Systeme auf einem oder einigen wenigen Chips zu integrieren [4]. Dies führt zu einer systematischen Miniaturisierung (z.B. Antiblockiersysteme [5], Airbagsysteme, Systeme für die Steuerung von EDV-Einheiten, etc.) bei gleichzeitiger Erhöhung der Zuverlässigkeit und Reduktion der Kosten. Systemintegration bedeutet dabei, daß verschiedenste Funktionen, analoge Verarbeitung, Stromversorgung, digitale Steuer- und Kommunikationsfunktionen bis hin zu einem kompletten Mikrocontroller auf einem Stück Silizium zusammengefaßt werden können. Damit wird die Zusammenfassung elektronischer, mechanischer und hydraulischer Komponenten zu sehr kompakten, zu-

verlässigen mechatronischen Modulen möglich. Abb. 9 veranschaulicht diese Entwicklung. Ähnlich wie bei den im Abschnitt 3 beschriebenen Entwicklungen ist auch in diesem Gebiet die vertrauensvolle, enge Zusammenarbeit mit den Kunden von wesentlicher Bedeutung. Die rasche, kostengünstige und zuverlässige Entwicklung und Realisierung hängt auch hier in hohem Maße von dem Aufbau und der Pflege einer Entwicklungsmannschaft mit Kernkompetenz ab. Durch die hohen Ströme und kritischen Umweltbedingungen ist die räumliche Nähe einer Fertigungsstätte hier von besonderer Bedeutung für die Umsetzung erfolgreicher Entwicklungen in Markterfolge.

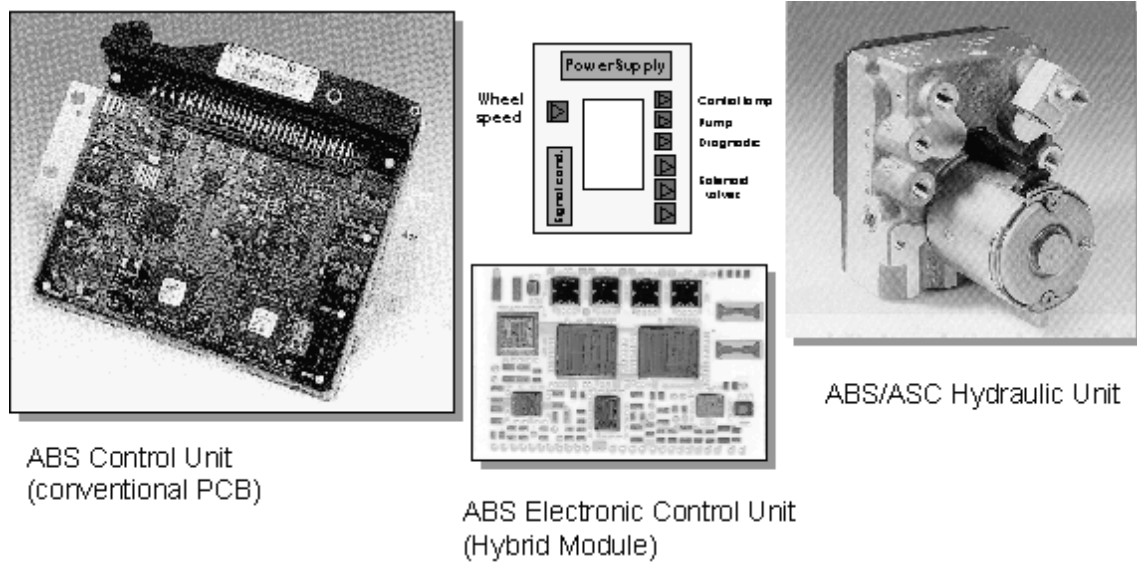


Abb. 9: Miniaturisierung der elektronischen und hydraulischen Komponenten, gezeigt am ABS-System: links konventionelle Leiterplatte, Mitte: hybrid aufgebautes System mit hohem Integrationsgrad, rechts: mechatronisches Element mit höchstintegriertem Smart Power Chip.

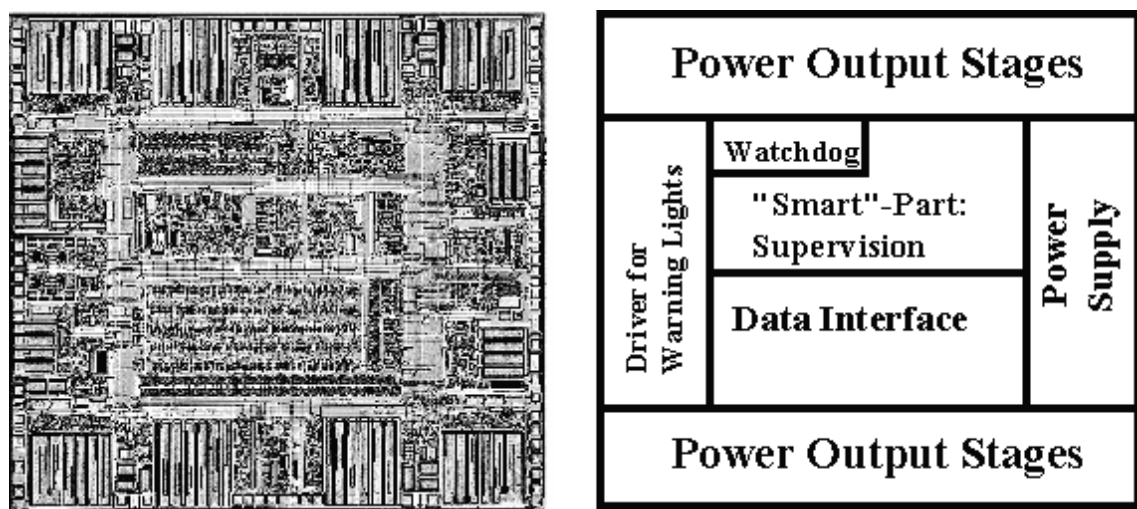


Abb. 10: Chipphoto eines Smart Power Systemschaltkreises mit Bezeichnung der Teilblöcke

5. Schlußbemerkungen

Die Bereiche gemischt analog-digitale Schaltungen und Smart Power stellen Kernkompetenzgebiete für Entwicklung und Fertigung dar. Dieses Know-how kann nur über einen längeren Zeitraum kontinuierlich aufgebaut werden, lebt sehr stark von intensiver Zusammenarbeit mit den Kunden und umfaßt als wesentliches Element anwendungsspezifisches Systemwissen. Diese fachspezifischen Aspekte stellen gemeinsam mit dem zu erwartenden Marktwachstum eine gute Basis für eine längerfristige Konkurrenzfähigkeit auf Weltniveau und somit eine gute Zukunftsperspektive dar. In technischer Hinsicht kann eine weitere Erhöhung der Integrationsdichte in beiden Bereichen erwartet werden. Daraus werden neue Herausforderungen an die Kreativität im Bereich der Technologie und Schaltungstechnik, aber auch neue Systemkonzepte und wesentliche Innovationen bei den CAD/CAE-Methoden erwachsen.

Literaturhinweise

- [1] Y. Ohtomo et al., A 40Gb/s 8x8 ATM Switch LSI using 0.25 μ m CMOS/SIMOX, ISSCC 97 digest of technical papers, p.154 ff.
- [2] R. Czetina et al., SLICOFI, a new approach to an integrated One Chip Subscriber Line Interface and Codec Filter, proceedings of ESSCIRC '94, p.136 ff.
- [3] B. Zojer et al., A 150 V Subscriber Line Interface Circuit (SLIC) in a New BiCMOS/DMOS Technology, digest of technical papers, IEEE Bipolar/BiCMOS Circuits and Technology Meeting, Minneapolis, 10/96.
- [4] B. Murari et al. (eds.), Smart Power ICs, Springer, Berlin, 1996
- [5] H. Leffler, H. Krusche, J. Böhm, J. Kühberger, J. Meisenzahl, Bremsanlage und Schlupfregelsysteme der neuen 7er-Reihe von BMW, ATZ Automobiltechn. Zeitschrift 97 (1995) 1