

Halbleiterbausteine für den drahtlosen Internetzugang - Trends und Herausforderungen

Dr. Ingolf Karls
Wireless Solutions New Markets and Relations
Infineon Technologies AG
St. Martin Str. 76
81541 München
Ingolf.Karls@infineon.com

Abstract: Bei der Bereitstellung von integrierten Schaltkreislösungen für mobile Kommunikationsendgeräte, die den Zugang zum Internet drahtlos bereitstellen, befinden sich die Halbleiterhersteller am Beginn der gesamten Wertschöpfungskette. Die Bereitstellung nützlicher Dienste und Anwendungen und die gleichzeitig stattfindende Verschmelzung von Kommunikations- und Informationstechnologie erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Herausforderungen bereits bei der Spezifikation und Realisierung derartiger Plattformen in Hard- und Software.

1 Einleitung

Die Telekommunikationsindustrie befindet sich in einer Phase der Konsolidierung und des Aufbruchs. Zum einen überzeugen in der Vergangenheit technologische Exzellenz und technische Parameter von mobilen Systemen, wie Daten- und Taktraten, Speichergrößen, oder Gewicht und Volumen den Kunden, doch jetzt steht der Nutzen der Applikationen und Dienste im Vordergrund. Zum anderen erreicht der Durchdringungsgrad von Informationsverarbeitung und Telekommunikation in Massenprodukten ein Niveau, welches einen Paradigmenwechsel erlaubt: vom Nutzer, der Informationen sucht und sie an der Quelle abholt, hin zum Nutzer, für den Informationen jederzeit auf beliebigen Geräten an jeder Stelle präsent sind. Gleichzeitig wird Maschine-zu-Maschine (M2M) Kommunikation möglich.

XML (eXtensible Markup Language), Peer to Peer, Instant Messaging und Web Services (Java, .NET™) mit Multimedia bieten die Chance, Wertschöpfungsprozesse transparenter, kostengünstiger und schneller zu machen. Die Voraussetzung, immer mehr Dinge mit drahtlosen, kleineren, kostengünstigen und leistungsfähigen Kommunikationskomponenten auszustatten, erfordert noch mehr Verarbeitungsleistung, noch mehr Speicher und geringeren Energieverbrauch gegenüber heutigen integrierten Schaltkreisen (IC). Entscheidend sind Basistechnologien wie z.B. BiCMOS, RF CMOS und Software, Systemarchitekturen und Standardplattformen.

Im folgenden Abschnitt werden wesentliche Trends und Herausforderungen mobiler Kom-

munikationsendgeräte erläutert. Abschnitt 3 geht dann auf entscheidende Implikationen für die Realisierung von Systemlösungen für diese drahtlosen Geräte ein. Abschnitt 4 fasst die Bedeutung eines holistischen Ansatzes bei der Spezifikation und Implementierung von Kommunikationsendgeräten mit einem steigenden Anteil an Informationsverarbeitung, integriert in einem Schaltkreis, zusammen.

2 Trends und Herausforderungen bei drahtlosen Kommunikationssystemen

Massenprodukte wie Smartphones, PDAs und Notebooks mit integriertem Bluetooth, WLAN oder GPRS / CDMA eröffnen heute neue Chancen für Marktwachstum und treiben die Konvergenz von Mobilkommunikation und Informationsverarbeitung voran. Durch diese steigende Komplexität und den enormen Preisdruck im Markt wird ein wachsender Anteil dieser mobilen Kommunikationsendgeräte in Kürze durch ODM (Original Device Manufacturers) hergestellt werden. Hard- und Software von aktuellen drahtlosen Kommunikationsprodukten verschiedener Hersteller sind geprägt durch einen hohen Anteil an differenzierenden Komponenten. Zurzeit erfolgt hier der Übergang zu offenen Plattformen mit einem wachsenden Anteil an Standardkomponenten. Halbleiterhersteller unterstützen diese Entwicklung mit Standard-Referenzentwürfen und werden von Komponenten- zu Systemanbietern.

Ein weiterer Trend ist die Integration unterschiedlichster Funktionen in einem System und dessen Implementierung in einem Schaltkreis. Der BlueMoon Single™ von Infineon Technologies zum Beispiel integriert sowohl die Funk- als auch die Basisbandfunktionen für den Bluetooth Standard. Für WLAN und GSM/GPRS sind derartige SoC (Systems on Chip) in Entwicklung. In einer Architektur werden Funkempfänger und -sender, die Basisbandverarbeitung in der Regel bestehend aus DSP (Digitalem Signalprozessor), RISC (Reduced Instruction Set Computer) und dedizierter Logik, angeordnet. Dazu kommen Speicherkomponenten (RAM, ROM, Flash) und Peripherieinterfaces. Der RISC arbeitet unter anderem die physikalischen, MAC-, Routing-, Transport- und Applikationsprotokollschichten ab. Zusätzliche Applikationsprozessoren übernehmen überall dort die Aufgaben, wo der vorhandene Basisbandcontroller die erweiterten Betriebssystem-, Multimedia und andere Softwarefunktionalitäten nicht bewältigen kann.

Eine sich abzeichnende Herausforderung ist die Heterogenität der Funkschnittstellen. Die Evolution der mobilen Kommunikationstechnologien führte bisher zu keiner Konsolidierung. Im Bereich der drahtlosen Nahbereichsnetze (PAN) bieten Bluetooth, IEEE 802.15 Lösungen an, bei lokalen Mobilnetzen besetzt IEEE 802.11a/b/g einen großen Marktanteil und bei den zellularen Mobilfunknetzen konkurrieren GSM, GPRS, EDGE, UMTS, W-CDMA, CDMA2000. Um eine weitere Verbesserung der Effizienz des verwendeten Frequenzspektrums zu erreichen, klopfen bereits die nächsten Funktechnologien wie beispielsweise OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) und UWB (Ultra Wide Band) an die Tür.

Eine weitere Herausforderung sind die stark unterschiedlichen Innovationszyklen von

Kommunikation und Computing. Von der Idee bis zur Standardisierung und Marktreife drahtloser Kommunikationslösungen vergehen Entwicklungszeiten von fünf (Bluetooth, IEEE 802.11b) bis zu zehn Jahren (GSM, UMTS), im Bereich der Informationstechnologien für Applikationen und Betriebssysteme sind diese kürzer. Bemühungen verschiedener Gremien und Foren zielen jetzt darauf ab, beispielsweise die Entwicklung von Software für mobile Applikation und Dienste durch die Spezifikation einheitlicher APIs (application programming interfaces) von der Entwicklung der Kommunikationsmodule zu entkoppeln. Die Kombination aus Standardplattformen für GSM/GPRS/EDGE/UMTS mit standardisierten Schnittstellen zu Betriebssystemen und Diensten können dann Entwicklungszeiten verkürzen und Risiken verringern. Die Bereitstellung von Entwicklungssystemen durch die Halbleiterhersteller und die Zusammenarbeit der Entwickler in globalen Supportnetzwerken mit einer starken Synchronisation von Hard- und Softwareentwicklung beschleunigen die Konvergenz.

Eine der größten Hindernisse auf dem Weg zu nutzerfreundlichen mobilen Diensten ist die End-to-End Interoperabilität. Anwender erwarten beim Zugang zu Informationen im Inter- und Intranet einen einfachen, transparenten Zugriff, d.h. je nach Art des Endgeräts und der zugehörigen Applikation müssen die erforderlichen Datenraten in der benötigten Qualität bereitgestellt werden. Die Umstellung auf das Internet Protokoll Version 6 im Zugriffs- und Kernnetz und die Integration von verschiedenen drahtlosen Kommunikationsprotokollen in eine gemeinsame, flexible und skalierbare Plattform ist eine Voraussetzung dafür. Intra- und Intersystem Roaming sowie einheitliche AAA (Authorisation, Authentication, Accounting) Methoden sind weitere Voraussetzungen, um diese Aufgabe zu lösen. Das Internet wurde nicht mit dem Anspruch auf Schutz der Daten und des Copyright entwickelt. Deshalb ist eine der größten Herausforderungen, die auch auf die Implementierung von ICs sich auswirkt, die Realisierung einer End-to-End Sicherheit. IPsec und PKI Unterstützung seien an dieser Stelle erwähnt.

Datenraten standardisierter aktueller Funkmodems reichen von einigen hundert kbps bis zu 100 Mbps. Der Kompromiss Datenrate gegen Mobilität erfordert je nach Anwendung den Einsatz jeweils anderer Funktechnik. Die Applikation Kabelersatz mit Bluetooth liefert bis zu 768 kbps brutto bei Entfernungen bis zu 10 Metern, ein drahtloses Ethernet auf Basis IEEE 802.11a/g kann maximal 54 Mbps brutto bis zu 30 Metern lokal übertragen und GPRS/ UMTS wird 115 bis 384 kbps brutto bei hoher Mobilität bereitstellen. Für höhere Datenraten wird eine neue Funkschnittstelle benötigt, beispielsweise schlagen japanische Forschungsteams ein MC-CDMA Verfahren vor, um 10 - 20 Mbps zu erreichen, in Europa arbeiten Projekte an 150Mbps.

Diese Funkschnittstellen erfordern verschiedene Verarbeitungsleistungen. DECT benötigt beispielsweise 10, Bluetooth 20, GSM 100, GPRS 350, EDGE 1200 und UMTS 5800 MIPS. Weiterentwicklungen in Richtung höherer Datenraten, effizienterer Ausnutzung der Frequenzspektren, niedrigerer Energieverbrauch werden diese Werte weiter erhöhen.

3 Implikationen für die Halbleiterindustrie

Mobile Endgeräte lassen sich grob in Notebooks, PDAs und Mobiltelefone (inkl. Smartphones) einteilen. Ehemals als Einzellösungen konzipierte drahtlose Kommunikationsmodule wie z.B. GPS, Bluetooth und GSM/GPRS werden integraler Bestandteile dieser Produkte. Dabei gehen Informationsverarbeitung und Kommunikation eine Symbiose ein, mobiles Instant Messaging und Web Services in Echtzeit sind Beispiele dafür. Je nach Geräteausprägung müssen Systemaufteilung und Definition der dafür notwendigen Systemplattform erfolgen. Lösungsansätze für die Implementierung von notwendigen Standardplattformen bieten DSP im Zusammenspiel mit Controllern und dedizierter Hardware. Die Informationsverarbeitung für Applikationen und Dienste kann sowohl auf Basisbandcontrollern oder auf Applikationsprozessoren implementiert werden. Die Grenze, wann ein dedizierter Applikationsprozessor den Informationsverarbeitenden Teil übernehmen muss, legt der Plattformhersteller entsprechend seiner gewählten Systemaufteilung und dem gewünschten Grad der Offenheit fest.

Der Prozess der fortwährenden Skalierung (Verkleinerung der Strukturbreiten nach Moore's Gesetz) der Halbleitertechnologien eröffnet neue Anwendungen, zum Beispiel die Erweiterung der Informationsverarbeitung. Im Langzeitmittel setzt sich der Trend bei der Reduktion der Strukturgrößen um 11% pro Jahr fort, in den letzten Jahren hat er sich sogar mit einer Reduktion von 16% pro Jahr noch verstärkt. Dies bedeutet, dass die Halbleiterstrukturbreiten sich in den Jahren 1995 bis 2001 in zwei Jahren um 30% verkleinert haben. Zum Beispiel bewegt sich der HF (half pitch) bei Speichern (DRAM) auf 115 nm im Jahr 2002, dies erlaubt die Integration von 0,54 Gbit/cm² oder die Integration von 243 Millionen Transistorfunktionen.

Höhere Integration ermöglicht eine Verkleinerung der für das System benötigten Fläche von bis zu einem Drittel und kann den Energieverbrauch bis zu einem Viertel verringern. Integration kann sowohl funktional als auch technologisch realisiert werden. Es werden zuerst Logikkomponenten (DSP, RISC, HW Blöcke) zusammengefasst, dann kommen Analogkomponenten (ADCs, DACs) und Speicher dazu. Die Vorteile sind weniger ICs, weniger Pins, weniger Übersprechen, und daraus resultierend kleineres Volumen und geringere Kosten. Mit der Integration des RF Frontend wird dann der Schritt zum SoC vollzogen. Beim Entwurf von SoCs für die drahtlose Kommunikation ist ein Ziel der Entwickler, den Schaltkreis mit einem minimalen Anteil von analogen Komponenten und mit einem maximalen Anteil von digitalen Komponenten zu realisieren. Hier sind leistungsfähige Systeme zur Hardware-/ Software Co-Simulation und zum Systemtest auf verschiedenen Designstufen gefragt.

Software wird zu einer Schlüsselkomponente in Systemlösungen. Neben den Protokoll Stacks für die Kommunikation werden WAP, MMS (Multimedia Messaging Services), Sync ML Java, .NETTM, Sprachverarbeitung, GPS (Global Positioning System) und Bluetooth integriert. Diese Kommunikationsmodule müssen mit geringem Aufwand konfigurierbar sein und durch einheitliche Kommando- und Datenstrukturen in Softwareapplikationen auf Notebooks, PDAs und Smartphones integriert werden können. Die Mehrzahl der heute im Einsatz befindlichen Softwareapplikationen wurde jedoch nicht für den mobilen Einsatz entwickelt, Faktoren wie Latenzzeiten, Round Trip Verzögerungen, Ver-

bindungsabbruch, Wiederaufnahme von abgebrochenen Verbindungen, Synchronisation, energiesparende Protokolle, ad hoc Verbindungsaufbau, um nur einige zu nennen, fanden bisher kaum Berücksichtigung. Bei der Entwicklung künftiger Software sollten diese Faktoren einschließlich flexibler, energiesparender Protokolle Bestandteil der Pflichtenhefte sein.

Der Entwurf von Soft- und Hardware muss stets die Beschränkungen des Optimierungsraumes bezüglich Energieverbrauch und -bereitstellung (Prozessoren, Sensoren, Aktoren, Batteriekapazitäten), Bandbreite (Grenze der Verarbeitungsgeschwindigkeit im Schaltkreis), geringe Skalierbarkeit analoger Schaltungen und die Skalierbarkeit von Verbindungsnetzwerken innerhalb und außerhalb der Schaltkreise berücksichtigen. Die Kapazität von Batterien steigt pro Jahr langsamer als die Verbrauchswerte der Endgeräteechnologien. Der Anstieg des Energieverbrauchs durch neue Peripherals wie zum Beispiel Farbdisplays, polyphone Tongeneratoren aber auch neue komplexere Signal- und Informationsverarbeitungsalgorithmen verlangen deshalb ein intelligentes Management des Energieverbrauchs.

Die Verarbeitungsleistung der DSPs erhöht sich ständig, aber die Lücke zu den von den Standards geforderten Verarbeitungsleistungen bei entsprechend niedrigem Energieverbrauch muss noch durch optimierte Hardware-Firmware Aufteilungen geschlossen werden. Z.B. werden bei UMTS Filter, Searcher, RAKE Empfänger und MRC (Maximum Ratio Combiner) in Hardware realisiert während Kanalschätzung, AGC (Automatic Gain Control) und AFC (Automatic Frequency Control), Deinterleaving und Rate Matching in Software durch den DSP abgearbeitet werden. Multi-mode Geräte, adaptive Antennen (Strahlformung, MIMO, diversity), adaptive Modulations- und Kodierungsverfahren usw. lassen die Komplexität und die Anforderungen an die Verarbeitungsleistung weiter schneller steigen als die DSP Leistung. Deshalb werden von Infineon Technologies programmierbare digitale Hardwarekomponenten dem DSP und Controllern zur Seite gestellt, um den Anforderungen heutiger und kommender drahtloser Systemplattformen zu genügen.

SDR (Software Defined Radio) erlaubt künftig einen hohen Grad an Flexibilität, der durch vergleichsweise höheren Energieverbrauch und größere Chipfläche bezahlt wird. Einen Kompromiss stellen Lösungen mit dedizierten Hardwarebeschleunigern dar, die durch Software angesteuert und parametrisiert werden.

4 Zusammenfassung

Nutzensbasierte mobile Applikationen und Dienste stellen an Halbleiterbausteine bekannte Anforderungen, wie Erhöhung der Rechenleistung, Integration verschiedenster Funktionalitäten, optimierte Systemaufteilung und Verringerung des Energieverbrauchs. Nicht alles kann allein durch die Verringerung der Strukturweiten in den Halbleiterbasistechnologien erreicht werden. Der Fortschritt in Halbleiterprozesstechnologien sowohl für RF als auch für Basisband und die Integration von passiven Komponenten erfordern zusätzlich ein stetiges Prüfen und Überdenken der Systemaufteilung. Dazu kommen neue Herausforderungen durch die Integration von verschiedenen drahtlosen Funkschnittstellen und

eines zunehmend größeren Anteils an Informationsverarbeitung. Software als einer der wichtigsten Bestandteile von Standardplattformen muss zum einen für energiesparenden, zuverlässigen Betrieb und zum anderen interoperabel und sicher “end-to-end” entwickelt und implementiert werden. Die Schaltkreisdesigner werden zu Systemdesignern.

Literaturverzeichnis und Literaturverweise

- [DKW02] Dresdner Kleinwort Wasserstein
“Wireless Semi Trends – Industry at Crossroads”
- [IETF02] IETF Security Tutorial 2002
<http://jis.mit.edu/sectutorial/>
- [SIA01] International Technology Roadmap for Semiconductors 2001 Edition
<http://public.itrs.net/Files/2001ITRS/Home.htm>