Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 81 (2003)

Heft: 3

Artikel: Mobiltelefone als technische Herausforderung

Autor: Klipstein, Delano L.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876627

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Drahtlose Kommunikation

Mobiltelefone als technische Herausforderung

Das International Electron Devices Meeting (IEDM) ist nicht nur das Forum für neue Ideen und Technologien auf dem Halbleitergebiet. Vor der eigentlichen Konferenz werden zwei ganztägige Seminare veranstaltet, die für Fachleute aktuelle Tagesthemen aus allen Richtungen beleuchten.

Als Organisator des Seminars für «Hochfrequenztechnologie in Kommunikationssystemen» hatte man sich einen Brancheninsider geholt: Dr. Bin Zhao, der am California Institute of Technology (CalTech) studierte und promovierte, später bei der Sematech in

VON DELANO L. KLIPSTEIN

Austin, bei Rockwell und Conexant in Newport Beach war und heute für Skyworks als Program Manager arbeitet. Bin Zhao hat 180 einschlägige Veröffentlichungen geschrieben und sich schon früher in der Tagungsszene engagiert.
Er und seine Mitreferenten liessen keine Zweifel daran, dass die technischen Herausforderungen mit wachsender Bandbreite und höheren Frequenzen exponentiell steigen. Wo man besonders nachhaken muss, versucht unser Bericht aufzuzeigen.

Hoffnungen auf einen neuerlichen Aufschwung

Nach zwei stagnierenden Jahren, in denen die Zahl der verkauften Handys auf unter 400 Mio. Stück pro Jahr fiel, erwartet man ab dem Jahr 2003 wieder ein Anziehen des Geschäfts. Die neuen Mobiltelefonsysteme sollen es bringen. Das amerikanische Marktforschungsunternehmen IDC prognostiziert für das Jahr 2003 etwa 425 Mio. verkaufte Geräte weltweit und bis zum Jahr 2006 sollen es dann 600 Mio. Handsets pro Jahr sein. Für die Halbleiterhersteller, die im Jahr 2002 für rund 17 Mia. US-$ Chipsets dafür lieferten, wäre diese Aussicht ein dringend erwartetes Geschenk.

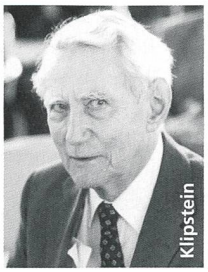
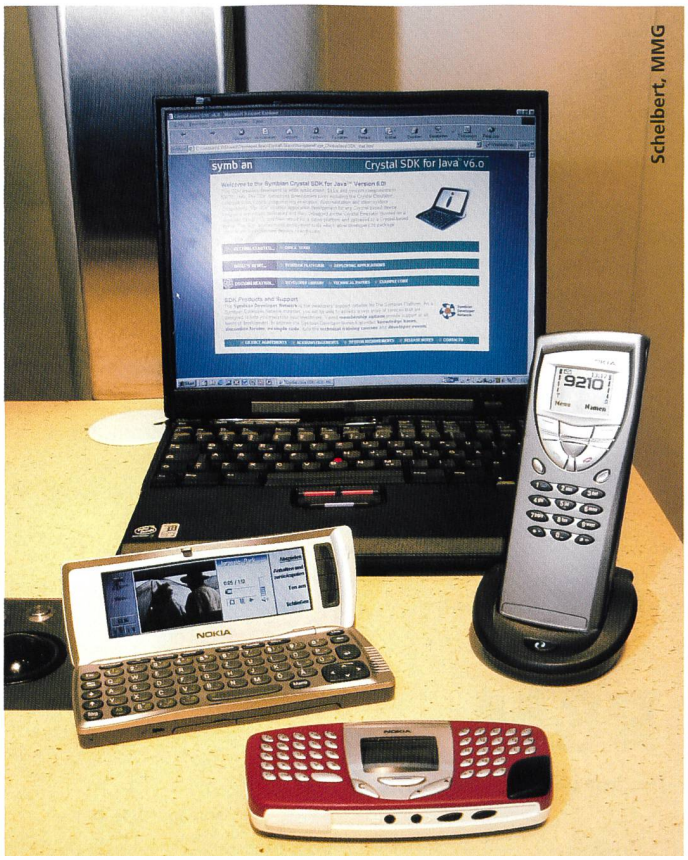

Klipstein

Bild 1. Professor Dr. Claude E. Shannon gilt als Vater der modernen Nachrichtentechnik. Er hat den Zusammenhang der wichtigsten Übertragungsgrössen (übertragbare Datenrate, Kanalbandbreite und Rauschen) gefunden und so den Weg für eine Optimierung aufgezeigt.

Die Umsätze würden sich im Mobilbereich damit fast verdoppeln. Und wenn dann auch noch die Wireless Local Area Networks (WLAN) aus den Kinderschuhen herauskommen, dann könnten die Chiphersteller bis zum Jahr 2006 noch einmal Chips für rund 1,2 Mia. US-$ verkaufen.
Doch vor diesem Optimismus verlangen Physik und Technologie noch einigen (Entwicklungs-)Schweiss der Spezialisten. Über allem schwebt der Geist des vor ein paar Jahren verstorbenen MIT-Professors Dr. Claude E. Shannon (Bild 1), der zwischen der maximal übertragbaren Datenrate R in bit/s, Kanalbandbreite B in Hz und der im Übertragungskanal erreichbaren Rauschzahl S/R (Verhältnis zwischen Signal und Rauschpegel) eine starre Gleichung fand:
$R = B \times \log_2(1 + S/N)$.
Will man an einer Grösse Verbesserungen vornehmen, dann muss man an einer anderen nachlassen. Die Kunst der Ingenieure ist es, hier das Optimum für den jeweiligen Fall zu finden. Die Probleme liegen dabei weniger in der Basisbandlage, etwa wie man gute Modulato-



Schelbert, MMG

Bild 2. Die GSM-Handys waren ein Welterfolg. Mit der Ausweitung der Übertragungsfrequenzen in den Bereich jenseits von 2 GHz bzw. 5 GHz für die nächste Generation steigen die technischen Probleme überproportional an: Gleichzeitig soll nämlich auch noch die Kanalbandbreite kräftig steigen.

ren baut, wie ein Encoder und ein Decoder aussehen sollte, wie beispielsweise Signalwandler – das ist erprobte Tagesarbeit. Doch eine immer wieder neue Herausforderung sind die Up- und Down-Konverter, die rauscharmen Eingangsverstärker (welche die schwachen Signale von der Basisstation empfangen müssen) und die Sendeverstärker (die aus einer vergleichsweise kleinen Batterie verzerrungsfreie und hinreichend starke Hochfrequenzsignale erzeugen sollen).

Mehr Datenbandbreite und leistungsfähige Ausgangsverstärker

Der erste Fachreferent, Professor Dr. Asad Abidi, leitet seit fast zwanzig Jahren die Elektronikabteilung an der University of California in Los Angeles (UCLA). Seine Spezialisierung liegt im Hochfrequenzdesign von CMOS-Schaltkreisen und in der analogen Signalverarbeitung. Er wies auf die Veränderungen hin, die mit dem Generationenwechsel bei den Mobilfunkgeräten verbunden sind. Lagen die ersten beiden Generationen noch im Frequenzbereich um die 900 MHz bzw. 1,8 GHz (Bild 2), werden jetzt 2,4 GHz und der Bereich zwischen 5,1 und 5,8 GHz erschlossen. Das führt nicht nur zu veränderten Modulationsverfahren, sondern auch zu erhöhten Kanalbandbreiten, die sich zwischen 200 kHz (GSM 900/1800) und 20 MHz (IEEE 802.11) bewegen. Gleichzeitig steigen die für den Nutzer verfügbaren Datenraten von 270 kbit/s (bei GSM) auf einige bis viele Mbit/s.

Kritisch untersuchte Asad Abidi die verschiedenen Optionen für den Sendeverstärker, um zu möglichst hohen Wirkungsgraden zu kommen. Klasse-A-Verstärker sind – obwohl sehr linear – am wenigsten geeignet, weil sie über einen Wirkungsgrad von 50% nicht hinauskommen. Klasse-B-Verstärker haben eine noch gut nutzbare Linearität, kommen aber beim Wirkungsgrad auf bis zu 78%. Die Klasse-C-Verstärker sind nichtlinear, erreichen aber zwischen 80 und 85% Wirkungsgrad.

Asad Abidis Kollege Dr. Lawrence Larson als nächster Redner kommt von der University of California in San Diego. Er ist dort Direktor des Center of Wireless Communications. Auch er beschäftigte sich mit den Sendeverstärkern, insbesondere unter der Frage, in welcher Halbleitertechnologie sie am besten zu realisieren sind. MOSFET-Transistoren haben deutlich niedrigere Durchbruchspannungen als SiGe-HBT. GaAs bietet – obwohl weiterhin eher eine Nischentechnologie – wegen der höheren Durchbruchspannungen Vorteile für die Leistungsverstärker. Als Nachteil handelt man sich ein, dass GaAs-MOSFET oder -HEMT nicht vollständig «off» schalten. Somit müssen zusätzliche Bausteine integriert werden, um die erforderliche Signaltrennung im «Off»-Status zu erreichen. Die besten technischen Ergebnisse aber versprechen SiGe-Leistungsverstärker. Sie sind besonders attraktiv wegen ihrer guten thermischen Substrat-Leitfähigkeit und sie brauchen nur kleine Emitter-Basis-Spannungen, um in den «On»-Status zu schalten. Sie haben allerdings als Nachteil eine niedrigere Durchbruchspannung als GaAs-Bausteine.

So kommt Lawrence Larson zu dem Ergebnis, dass die Fertigungstechnologie einen erheblichen Einfluss auf die Hochfrequenzanwendungen hat. Zwar kann moderne CMOS-Technik praktisch alle Anforderungen der Hochfrequenztechnik bis zu etwa 5 GHz erfüllen. Benötigt wird aber eine volle Palette passiver Bauelemente, die bei diesen Frequenzen mithalten kann. Digitale CMOS-Technologie für sich ist nicht wettbewerbsfähig, es sei denn, man hat nur niedrige Anforderungen an die Anwendungen. Die besten Ergebnisse zeigen heute SiGe-BiCMOS-Bausteine, wenn sie mit optimierten passiven Bauelementen gemeinsam zum Einsatz kommen. Der besseren Leistungsfähigkeit stehen allerdings höhere Kosten und die noch deutlich geringere Ausbeute gegenüber.

	CMOS	LDMOS	SiGe HBT	GaAs MESFET	GaAs HEMT	GaAs/InP HBT
f_T	+	–	++	–	+	++
f_{Max}	+	–	+	+	++	+
1/f Rauschen	-	–	++	+	–	++
Linearität	+	+	++	++	+	++
Verstärkung	–	+	++	–	+	++
Durchbruchspannung	–	+	+	++	++	++
Impedanzanpassung	–	+	++	++	+	++
Kollektorwirkungsgrad	+	+	++	+	++	++
Logik-Integration	+++	++	++	–	–	–
Hochintegration	+++	+	++	+	+	+
Thermisch. Verhalten	++	++	+	–	–	- bis +
Zykluszeiten	+	++	–	+	+	+
Kosten	++	+++	+	–	–	–

Quelle: David Harame (IBM)

Bild 3. Auf der Suche nach der idealen Hochfrequenztechnologie: Trotz mancher technischer Nachteile hat die gute alte CMOS-Technik wegen ihrer niedrigen Kosten noch immer die Nase vorn.

CMOS-, SiGe- oder GaAs-Bausteine?

Dr. David Harame von IBM (er leitet in Essex Junction, Vermont, die Forschungsgruppe CMOS-Technologien für Hochfrequenztechnik und analoge Bausteine) wies auf den Spagat hin, den die Entwicklungsingenieure machen müssen. Die niedrigen Kosten der CMOS-Bausteine sind ein möglicherweise entscheidendes Plus für die Vermarktbarkeit. Und die Kompatibilität analoger und digitaler Hochfrequenzbausteine in CMOS-Technik beschleunigt auch die Time-to-Market. Von den immer kleineren Strukturen der CMOS-Technologie profitieren die Hochfrequenzbausteine durch höhere Transit- und Arbeitsfrequenzen. Und weil man die CMOS-Technik mittlerweile sehr gut kennt, kann man oft durch innovatives Design anscheinend unüberwindliche Grenzen doch noch sprengen. Schon aus diesen Gründen plädiert David Harame für eine möglichst weit gehende Nutzung der traditionellen CMOS-Technologie, auch für künftige Mobilanwendungen.

Aber er weiss auch, dass CMOS-Schaltkreise anderen Technologien unterlegen sind – in der Verstärkung, im Rauschen, in der Durchbruchspannung, um nur einiges zu nennen. Eine wirklich ideale Technologie, die für alle Arten von Hochfrequenzanwendungen gleich gut geeignet wäre, gibt es nicht (Bild 3). David Harame lenkte seine Zuhörer auf das oft vernachlässigte Problem mit den passiven Bauelementen. Die On-Chip-Integration bei höheren Frequenzen bereitet oft neue Schwierigkeiten.

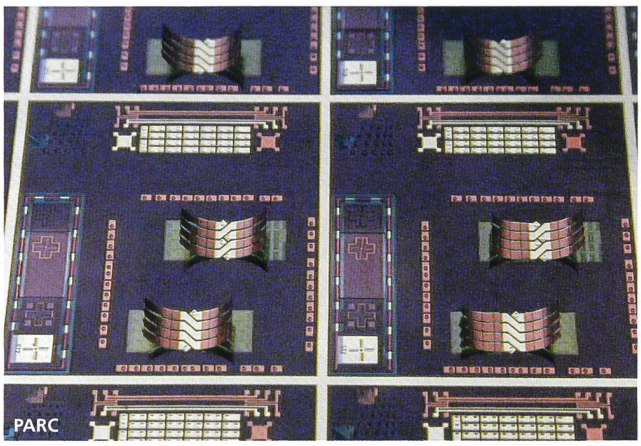


Bild 4. Ein MEMS als dreidimensionale Spule: Fünf Windungen hat dieser Prototyp, der mit erstaunlich hohen Güten – acht Mal höher als mit konventionellen integrierten Flachspulen – im Bereich um 1 GHz aufwarten kann. Das Bild entstand vor dem elektrischen Verbinden der bereits hochgebogenen Windungsteile.

Bei den Widerständen gibt es eine lange Optionsliste, die von der Diffusion (n+, p+) über Polysilizium bis hin zu TaN-Widerständen reicht. Damit lässt sich ein weites Spektrum bei den spezifischen Widerständen abdecken. Bei den Kondensatoren stehen MIM (Metal-Insulator-Metal)- und MOS-Kondensatoren zur Verfügung, mit spezifischen Kapazitäten zwischen 1 und 2,6 fF/µm2 und Betriebsspannungen von 5 V. Induktivitäten gibt es bis etwa 0,7 nH als Spiralspulen bei Güten von maximal Q = 18 (für 5 GHz). Neue Ideen für Induktivitäten mit besseren Gütefaktoren wurden auf der eigentlichen IEDM-Konferenz vorgestellt, so zum Beispiel MEMS-Spulen, die «richtige» dreidimensionale Windungen aufweisen (Bild 4). David Harame sieht für ein MEMS vielfältige Einsätze in künftigen Mobilgeräten, die sich auch auf andere Applikationen erstrecken, wie beispielsweise auf Filter und mikromechanische Schalter.
Und schliesslich sind da noch die Varaktoren, die man zur Abstimmung für die Hochfrequenzschaltkreise braucht: MOS-Varaktoren haben zwar weiterhin den besten Abstimmungsbereich (mit einem Verhältnis von fast 1:3) und eine vergleichsweise hohe Gütezahl, aber ihre Linearität ist eher miserabel. Kundenspezifische Lösungen könnten hier die ersehnte bessere Linearität bringen, erfordern aber wenigstens einen zusätzlichen Maskenschritt bei der Chipfertigung. Und das geht ins Geld.

Modellierung und Schaltkreisentwurf von Hochfrequenzschaltungen

Auf die Modellierung von Hochfrequenzschaltungen ging Professor Dr. Michael Schroter ein, der derzeit an der Technischen Universität Dresden den Lehrstuhl für integrierte Schaltungen innehat.

Michael Schroter wies seine Zuhörer mehrfach auf die Grenzen hin, die mit der Simulation von Bausteinen und Blöcken verbunden sind. «Viele Schaltungsdesigner vertreten die Meinung, dass Modelle grundsätzlich fehlerhaft sind – aber was täte man beim Schaltungsentwurf, wenn man keine Modelle hätte? Sie sind schon nützlich, man muss nur ihre Grenzen kennen», so seine Meinung. Die Zahl der zu berücksichtigenden Parameter beim einzelnen Transistormodell ist im Lauf der Jahre kräftig gestiegen (Bild 5). Sie liegt für einen Bipolar-Transistor zwischen 40 und 100, für einen MOS-Transistor zwischen 50 und 250. Und es ist eine Kunst, die «richtigen» Parameter für die Simulation auszuwählen.
Michael Schroter fasste seine Erkenntnisse zusammen: «Neue Simulationsmodelle müssen eine Vielzahl unterschiedlicher Bauelementedesigns berücksichtigen, bevor man damit ‹nach draussen› gehen kann. Das dauert, und es ist nicht umsonst zu haben. Wirklich gute Modelle haben ein Problem, und das ist die Unzulänglichkeit der existierenden Interfaces. Die Standardisierung läuft zu langsam, was für alle Stufen gilt – von der Schaltungsnormung bis zu den Simulationen. Die explodierenden Kosten für die Maskensätze aber zwingen zur weiteren Verbesserung bei den Simulationsmodellen und den erforderlichen CAD-Werkzeugen.»
Als letzter Vortragender auf diesem Seminar wies Dr. Domine M. W. Leenarts von Philips in Eindhoven auf die sich beschleunigende Entwicklung der Hochfrequenztechnologie hin. Schon in den fünf Jahren zwischen den Monoband-Mobiltelefonen von 1994 und den Dualbandgeräten von 1999 lag eine Verringerung der Leiterplattenfläche und der Bauelemente um jeweils die Hälfte – und das bei gesteigerter Komplexität. Domine M. W. Leenarts vertrat aber auch die Meinung, dass künftige «Ein-Chip»-Lösungen bei den Mobiltelefonen nicht zwangsläufig bedeuten, dass es nur einen «Die» (d. h. ein Siliziumscheibchen) für das ganze System gibt: «Manche Teile werden auch in Zukunft extern ‹angehängt› werden, wie beispielsweise Elemente der Stromversorgung oder einzelne Filter.» 3

Delano L. Klipstein, *Dipl.-Ing., Journalist für Wissenschaft und Technologie, München*

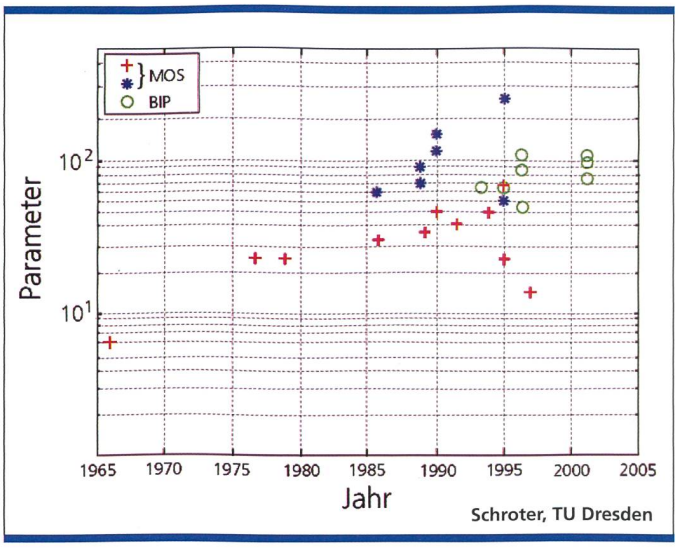


Bild 5. Je höher die Frequenzen steigen, desto mehr Parameter müssen für die Simulationsmodelle der Bauelemente aufgewendet werden. Bei einem einzelnen Transistor sind dies heute schon mehr als 100; man kann sich bei der Komplexität grösserer Schaltungen den Rechenaufwand gut vorstellen.

Summary

Mobile Phones – a technical Challenge

The International Electron Devices Meeting (IEDM) is not only the forum for new ideas and technologies in the field of semiconductors. Before the conference itself two all-day seminars are held which shed light on current day-to-day issues for specialists from all areas of mobile communications. Following two stagnant years in which the number of mobile phones sold fell below 400 million per year, an upturn is expected from 2003 onwards. By the year 2006 it is hoped that 600 million handsets will be sold annually. For the semi-conductor manufacturers who in 2002 supplied chipsets for around 17 billion US dollars, such a prospect would be an urgently awaited gift. It would mean that revenues in the mobile sector had almost doubled. And if on top of this Wireless Local Area Networks (WLAN) start to take off, then by the year 2006 chip manufacturers will once again be selling chips for around 1.2 billion US dollars. But before this optimism can be turned into reality, developments in physics and technology will provide some further challenges for the specialists. Professor Asad Abidi spoke in his presentation of the changes that will be required for new generation mobile terminals. While the first two generations were still in the frequency ranges around 900 MHz and 1.8 GHz respectively, 2.4 GHz and the range between 5.1 and 5.8 GHz will now be incorporated. This will result not only in a different modulation procedure but also in increased channel bandwidths. Lawrence Larson from the University of California in San Diego concludes that manufacturing technology has a major influence on high-frequency applications. The best technical results are offered by SiGe power amplifiers. These are particularly attractive thanks to their good thermal substrate conductivity and require only a small emitter-base voltage in order to be switched on.