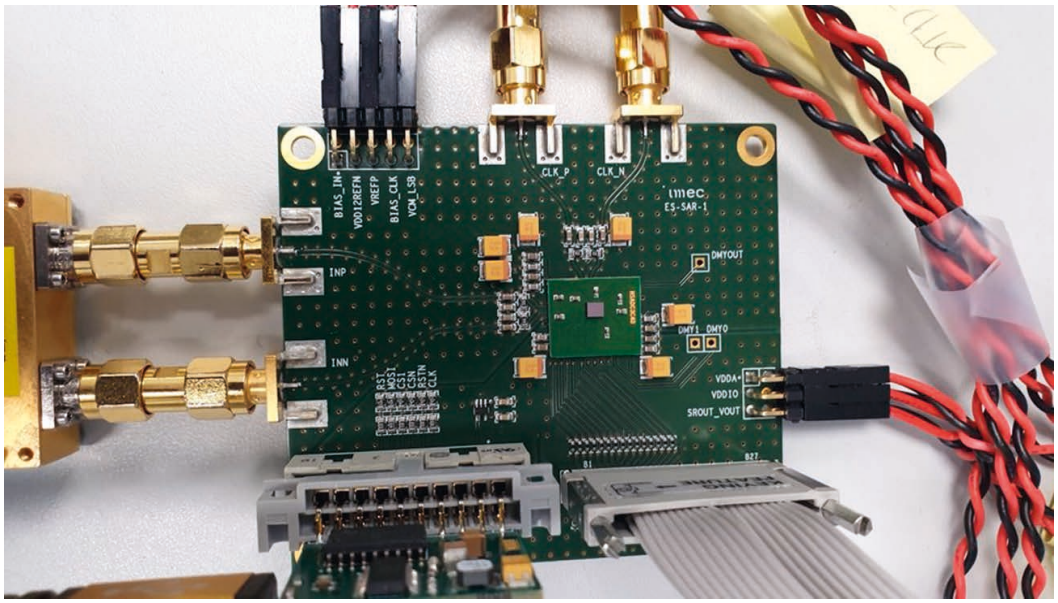
# Grundsteine für die nächste Generation von Mobilfunknetzen

*Forscher entwickeln bei imec einen kompakten, zeitverschachtelten 8-Bit-SAR-ADC mit 8GS/s und ein energieeffizientes 140-GHz-T/R-Frontend-Modul im ehrgeizigen Programm Advanced RF.*




In den letzten zwei Jahrzehnten wurden die Fortschritte in der Telekommunikationsbranche vor allem durch den schnell wachsenden Bandbreitenbedarf von (Internet-)Anwendungen vorangetrieben. Und nicht nur die eigentlichen Dienste sind immer datenintensiver geworden (man denke nur an Video-Streaming oder Over-the-Air-Software-Updates bei High-End-Autos), auch unser digitaler und bildschirmorientierter Lebensstil hat erheblich zu dieser Bandbreitenexplosion beigetragen.

*Hier stellt Joris Van Driessche (Programmmanager des imec-Forschungsprogramms Advanced RF) zwei aktuelle Forschungsergebnisse vor, die die Machbarkeit der drahtlosen Breitbandkommunikation im Bereich >100 GHz für die nächste Generation mobiler Geräte belegen.*

*Imec*
*www.imec-int.com*

### Immer neue Generationen

Um den Bedarf an immer mehr Durchsatz zu decken, wurden immer neue Generationen von Festnetz- und Mobilfunktechnologien entwickelt und implementiert. Insbesondere Mobilfunknetze haben sich auf die Nutzung höherer Funkfrequenzen konzentriert, da höhere Frequenzen mehr Bandbreite bedeuten.

Ein Beispiel: 3G-Netze arbeiten hauptsächlich im 900-MHz- und 2,1-GHz-Band, 4G-Netze sind auf Frequenzen von bis zu 2,5 GHz beschränkt, und 5G-Netze werden auf das 28- und 39-GHz-Band erweitert. Die nächsten Generationen von Mobilfunknetzen (einschließlich 6G) werden höchstwahrscheinlich auf Frequenzen von über 100 GHz ausgedehnt.

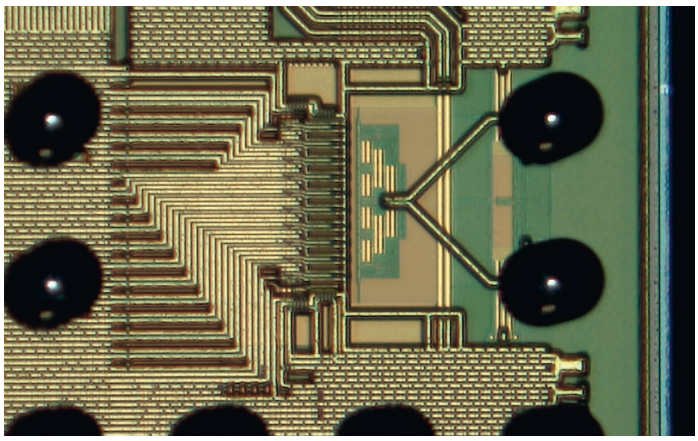
Doch mit der Erhöhung der Frequenzen stoßen die zugrunde liegenden (Chip-)Technologien der Mobilfunknetze an ihre Grenzen, da sie nicht über die erforderliche Sendeleistung und Energieeffizienz verfügen, um diese Frequenzen kostengünstig zu nutzen.

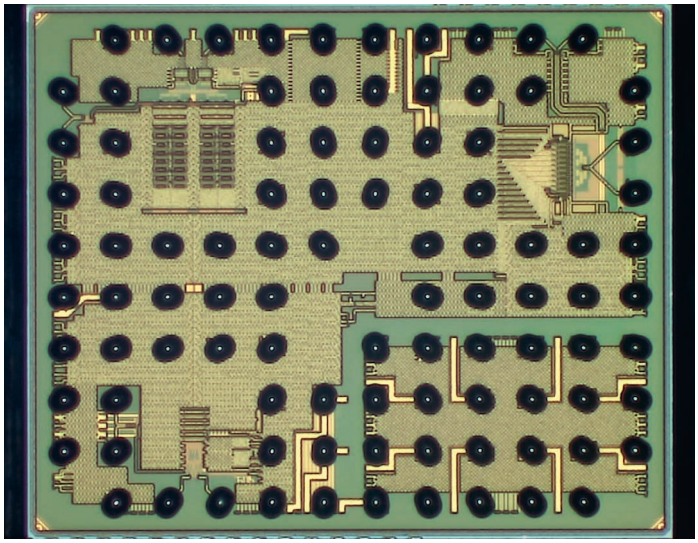
In diesem Artikel gibt Joris Van Driessche (Programmmanager des imec-Forschungsprogramms Advanced RF) einen Überblick darüber, wie imec dieses Problem in Angriff nehmen will, und stellt zwei aktuelle Forschungsergebnisse vor, die die Machbarkeit der drahtlosen Breitbandkommunikation im Bereich >100 GHz für die nächste Generation mobiler Geräte belegen.

### Kompakter 8-Bit, 8-GS/s zeitverschränkter SAR-basierter ADC

Hochgeschwindigkeits-Analog/Digital-Wandler mit einer Auflösung von 7 bis 8 Bit sind eine Schlüsselkomponente der Funkausrüstung von Breitbandkommunikationssystemen der kommenden Generation. Leider steigt der Stromverbrauch der ADCs erheblich, wenn man mit höheren Frequenzen arbeitet. Dies wiederum könnte für batteriebetriebene (6G) Smartphones zu einem großen Problem werden.

Die Verwendung von zeitverschachtelten (time-interleaved TI) SAR-ADCs (Sukzessive Approximation) war ein wich-





tiger erster Schritt, um ADCs energieeffizienter zu machen. Der Nachteil dieser ADCs ist jedoch, dass ihre Geschwindigkeit aufgrund des zugrunde liegenden sequentiellen Umwandlungsmechanismus begrenzt ist.

Daher haben die Forscher von imec geschwindigkeitssteigernde Techniken in einer kompakten Ein-Bit-SAR-Schleife mit einem Komparator implementiert. Ihr Design führt zu einer beeindruckenden Geschwindigkeit von 1 GS/s pro Kanal mit einer vertretbaren Verschlechterung des Signal/Rausch-Verhältnisses (SNDR).

Joris Van Driessche: „Unser 8-Bit, 8GS/s TI SAR ADC – hergestellt in einem 16-nm-CMOS-Prozess und mit einer aktiven Fläche von 210 x 110 µm² – hat bewiesen, dass er nur 26 mW verbraucht. Das ist deutlich niedriger als der Energieverbrauch, den vergleichbare TI-SAR-Ansätze aufweisen. Außerdem wird ein SNDR von 45 dB mit 1 GS/s-Kanälen erreicht. Wir sind der Ansicht, dass dieser Ansatz bei der Entwicklung der nächsten Generationen von Hochgeschwindigkeits-Breitband-Funkgeräten mit vertretbaren Stromverbrauchswerten eine wichtige Rolle spielen wird."

### 140-GHz-Sende/Empfangs-FEM in 22-nm-FD-SOI-CMOS

Das erste Funkband, das für Dienste jenseits von 5G in Frage kommt, ist das D-Band zwischen 110 und 170 GHz. Es ist jedoch alles andere als naheliegend, bei diesen höheren Frequenzen Standard-Siliziumtechnologien (auf CMOS-Basis) zu verwenden, da deren Sendeleistung und Leistungseffizienz begrenzt sind.

„Das neue 140-GHz-Frontend-Modul von imec ist ein guter Beweis dafür, dass die Siliziumtechnologie weiterhin genutzt werden kann, um wettbewerbsfähige Phased Arrays für Nahbereichsanwendungen jenseits von 5G zu bauen", unterstreicht Joris Van Driessche. „Dank seiner integrierten Switch-Funktionalität kann dasselbe Antennenarray für den Sende- und Empfangsmodus in einem TDD-Kommunikationssystem (Time-Division Duplex) verwendet werden. Die Integration eines solchen T/R in fortschrittliche Siliziumtechnologie ist normalerweise mit erheblichen Verlusten bei der Ausgangsleistung und der Effizienz verbunden. Durch die Einführung einer neuen Topologie, die den Einsatz eines dedizierten Schalters im Sendepfad vermeidet, konnten wir diese Verluste jedoch erheblich reduzieren. Konkret erreicht unser kompaktes D-Band-FEM mit integrierter T/R-Switch-Funktionalität eine gesättigte Ausgangsleistung $P_{sat}$ von 12,5 dBm und einen Spitzenwirkungsgrad von 11 % im Sendebetrieb. Im Empfangsmodus erreicht es eine Rauschzahl von 9,2 dB für den Empfänger bei einer Leistungsaufnahme von nur 20 mW bei einer Versorgungsspannung von 0,8 V."

### Was steht als Nächstes an?

In einem nächsten Schritt werden diese Komponenten in ein neues HF-Modul einfließen, mit dem die Telekommunikationsanbieter experimentieren können. Voraussichtlicher Zeitpunkt der Fertigstellung: Ende 2022.

Damit nicht genug: Die Forscher von imec haben begonnen, einen hybriden III-V/CMOS-Ansatz zu erforschen, um auch Anwendungen mit mittlerer bis großer Reichweite bei Frequenzen über 100 GHz zu ermöglichen.

„Auch hier zielen wir darauf ab, den Stromverbrauch und den Raumbedarf von Funksystemen der nächsten Generation deutlich zu reduzieren. Das Problem, mit dem wir konfrontiert sind, besteht darin, dass III/V-Materialien – wie Indiumphosphid (InP) – nur als kleine Wafer erhältlich sind, sodass sie sich weniger für Massenmarktanwendungen für Konsumenten eignen. Darüber hinaus haben sie in der Regel eine begrenzte BEOL, was die Implementierung komplexer Schaltungen erschwert. Außerdem ist die Ausbeute bei ihnen tendenziell geringer. Im Rahmen des Advanced RF-Programms von imec versuchen wir, diese Beschränkungen zu überwinden und gleichzeitig zu untersuchen, wie III-V-Materialien heterogen mit der CMOS-Technologie kombiniert werden können, um eine Technologie für mobile Geräte zu schaffen, die effizient und kostengünstig bei 100 GHz und darüber hinaus arbeitet", so Van Driessche zusammenfassend.

### Weitere Informationen:

Press release: New imec research program pursues the development of scalable and energy-efficient 6G device technology

Research paper presented at 2021 Symposium on VLSI Technology and Circuits: A Compact 8-bit 8 GS/s 8xTI SAR ADC in 16nm with 45dB SNDR and 5 GHz ERBW - Ewout Martens, et al.

Research paper presented at 2021 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC): A 140 GHz T/R Front-End Module in 22 nm FD-SOI CMOS - Xinyan Tang, et al. ◄

**Joris Van Driessche**

Joris Van Driessche erwarb 2001 den Master of Science in Elektrotechnik an der Universität Gent (Belgien). Er kam 2001 zu imec und arbeitete als Forschungsingenieur für HF-Frontend-Architekturen mit Schwerpunkt auf der Systemspezifikation und Architekturdefinition von Multistandard-HF-Transceivern. 2006 wurde er Projektmanager für rekonfigurierbare RF-Transceiver in der Wireless-Abteilung von imec, wo er sich mit den Herausforderungen echter software-definierter Radio-Transceiver befasste, die für moderne CMOS-Technologien optimiert sind. Derzeit ist er Programmleiter des imec-Forschungsprogramms Advanced RF, das sich mit den Herausforderungen von Millimeterwellen- und Sub-THz-RFIC, Antennen, Packaging und Systemdesign befasst.