

## Technologiebasierte Modellierung und Analyseverfahren unter Berücksichtigung von Streuungen im 65nm-Knoten



### Projektbeschreibung

#### A) Motivation

- Auf Grund abnehmender Strukturgrößen haben Fertigungsschwankungen von Chip zu Chip und innerhalb eines Chips immer wichtigeren Einfluss auf Schaltungsverhalten und Produktionsausbeute.
- Technologische Vorteile, die eine Verkleinerung der Strukturgrößen bringen soll, sind überhaupt nur nutzbar, wenn eine neue Designmethodik verfügbar ist, die es erlaubt, den Einfluss dieser Schwankungen schon in der Designphase angemessen zu berücksichtigen.
- Neue Methodik muss schon während der Entwicklung der Schaltungen sicherstellen, dass die Funktionalität des Chipsystems unter den gegebenen Parameterstreuungen innerhalb der vorgegebenen Toleranzen gewährleistet ist.
- Sie muss aber gleichzeitig die zu erwartenden Effekte in quantitativ korrekter Weise modellieren, damit gewährleistet ist, dass nicht eine unangemessene Überschätzung der Effekte zu einem Designpessimismus führt, der den Schaltungsentwurf unmöglich macht.

Im Vordergrund der Forschungen im Vorhaben stehen die in den nächsten Jahren zur Einführung und vollen Entfaltung kommenden Technologieknoten (u. a. der 65 nm-Technologieknoten).

#### B) Zielsetzung

Das Projekt will mit seinen industriellen und akademischen Partnern eine langfristige Sicherung der Designfähigkeit von nanoelektronischen Produkten in Deutschland im Bereich der sub- 100nm-Technologien erreichen. Es orientiert sich am ASIC- bzw. Kundenschaltschaltkreisentwurf, also einem flexiblen Entwurfsfluss mit mittleren Produktionsmengen und hat seinen Fokus auf den so genannten unteren, technologie-nahen Entwurfsebenen. Betrachtet werden Bauelemente und Schaltungen bis hin zum Makroblock.

#### C) Validierung

- Verifizierung und Validierung der neuen statistischen Algorithmen und Modellierungsansätze an Hand von Messungen an konkreten Beispielen
- Lieferung der notwendigen Daten durch die Technologieabteilungen
- Enge Zusammenarbeit zwischen den Technologieentwicklern und dem EDA-Team beim Vergleich zwischen dem theoretischen Modell und dessen Präzisierung entsprechend den praktischen Anforderungen

#### Vorgehensweise

##### Schaffung von Grundlagen für einen methodischen Paradigmenwechsel im Entwurf

- Übergang von der bisherigen deterministischen Entwurfsweise für mikroelektronische Schaltungen hin zu einem notwendigerweise wahrscheinlichsorientierten Entwurfskonzept für nanoelektronische Schaltungen
- Neue Qualität gegenüber bisherigen Designphilosophien

##### Enge Kopplung von Herstellungstechnologie und Entwurfsmethodik

- Essentiell für den Erfolg des Einsatzes von DSM-Technologien
- Grundlegender Fertigungsparameter "Streuung" wird jetzt Bestandteil des Designprozesses und muss bei Timing- und Poweranalyse berücksichtigt werden

##### Statistische Timing- und Poweranalyse

- Bibliotheks- und Leitungsmodellierung mit Parametern, charakterisiert durch Verteilungsfunktionen bzw. Momente von Verteilungen (Mittelwerte, Streuung, ...)
- Neue analytische Ansätze (schnelle Monte-Carlo-Methode, angepasste Response-Surface Modellierung, diskretisierte Optimierungsverfahren) zur notwendigen Parameterabstraktion
- Statistische Analyse von Zeitverhalten und Leistungsverbrauch auf dem abstrahierten Level der Gesamtschaltung

### Nutzen für Anwenderindustrie

Reduktion von teuren Re-Designs

Erhöhung der Entwicklungs- und Produktionssicherheit teuren Re-Designs

Verbesserung der Lieferfähigkeit und damit Zuverlässigkeit

Sigma65 Ziele

Erhöhung der Produktqualität und damit Wettbewerbsvorteile

Vorsprung der Technologie

Verbesserung der Time-to-Market und damit der weltweiten Wettbewerbsfähigkeit

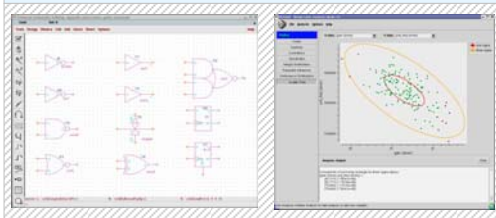
### Projektstruktur

#### Arbeitspaket 1

Statistische Modellierung und Optimierung der Grundkomponenten  
Arbeitspakettleiter: Dr. Michael Pronath, MunEDA

##### Aufgaben:

- Entwicklung von Modellierungsmethoden für die relevanten größeren funktionalen Einheiten, ausgehend von den bereits vorhandenen statistischen Betrachtungsweisen auf Bauelementebene.
- Entwicklung variationstoleranter Designmethodiken
- Erstellung von Verhaltens- bzw. Referenzmodellen, durch die Einbeziehung von statistischen Schwankungen und Korrelationen der Parameter, die auf höheren Beschreibungsebenen die Simulation und Verifikation der Zelleigenschaften und ihrer Verteilungen (Schwankungsbreiten) ermöglichen.

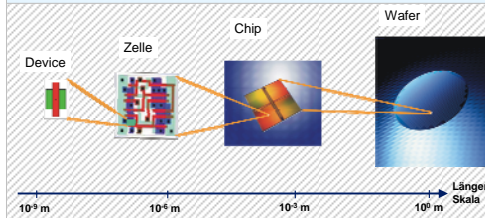


#### Arbeitspaket 2

Statistische Analyse auf höherem Abstraktions- und Hierarchielevel  
Arbeitspakettleiter: Dr. Harald Kinzelbach, Infineon AG

##### Aufgaben:

- Erstellung von Methoden zur Ableitung des statistischen Schaltungsverhaltens auf höherem Hierarchielevel.
- Übergang von der statistischen Charakterisierung der Einzelzellen (wie sie in AP1 erfolgt) zur Analyse des Schwankungsverhaltens der komplexen Gesamtschaltungen.
- Schaffung genauer Referenzen zur Bewertung vereinfachender Modellierungsstrategien.

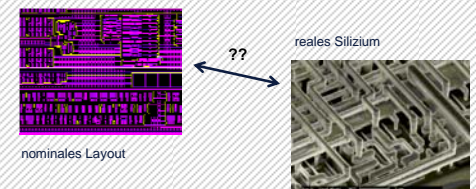


#### Arbeitspaket 3

Spezifikation, Bereitstellung und Auswertung von Teststrukturen  
Arbeitspakettleiter: Martin Johansson, Infineon AG

##### Aufgaben:

- Verifizierung und Kalibrierung entstehender Modellierungsmethoden anhand realer Messungen an in Silizium gefertigten Strukturen als Ergänzung der algorithmenorientierten Entwicklungen.
- Überprüfung und Optimierung der in den anderen Arbeitspaketen verwendeten Modellierungsgrundlagen.
- Entwicklung neuer Konzepte für variationssensitive Testchips und in Hinblick auf diese Fragestellung Auswertung von Siliziumergebnissen, die außerhalb des Projektrahmens bereitgestellt werden.



### Projektpartner und Projektorganisation

#### Projektkoordination

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen  
Institutsteil Entwurfsautomatisierung  
Dr. Manfred W. Dietrich  
Telefon: 0351 4640-715

#### Projektpartner

Infineon Technologies AG  
MunEDA GmbH  
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen  
Institutsteil Entwurfsautomatisierung

#### Forschungspartner:

Technische Universität München  
- Lehrstuhl für Entwurfsautomatisierung  
Leibniz-Universität Hannover  
- Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS)

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01M3080A (Sigma65) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.  
This work has been supported by the German Ministry of Education and Research (BMBWF) within the project 'Sigma65' (Project ID 01M3080A). The content is the sole responsibility of the author.