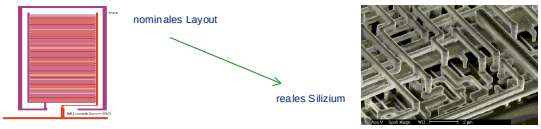
# Leonidas

## TP 1 Modellierung, Extraktion und Simulation

### Leitbahnkoeffizienten bei zufälligen Prozeßvariationen

Infineon Technologies AG, Beitrag 1.2.1

### Vom idealen Layout zum realen Produkt




- systematische und unkontrollierbare Layoutveränderungen

Korrekturen zur Prozess- und Ausbeuteoptimierung

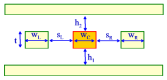
zufällige Prozeßschwankungen

- Folge: Modifikation der nominalen Leitbahnkoeffizienten

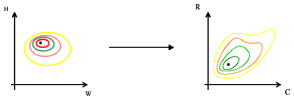
LEONIDAS Beitrag 1.2.1:
Relevanz der unterschiedlichen Effekte quantifizieren.
Methoden und Werkzeuge zu einer adäquaten und effektiven Modellierung entwickeln.

### Fokus: Zufällige Schwankungen & Interconnect-Modellierung

- 2D-Modellierung
  - Design-Parameter: $\underline{s} = (w_L, w_C, w_R, t, h_1, h_2, \ldots)$
  - Zielgrößen: R,C, ...



- Prozeßschwankungen:



- $\underline{s}$ schwankt um $\underline{s}_0$
- Verteilung $W(\underline{s})$ (z.B. Gauß...)

- R, C schwankt um $R_0$, $C_0$
- Verteilung $P(C,R) = ?$

Abbildung i.a.
- **nichtlinear**
- **nicht invertierbar**
- **kompliziert...**

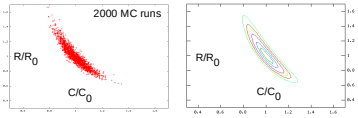
erzeugt starke **Korrelationen** zwischen R und C

IMS
Institut für Mikroelektronische Systeme
Universität Hannover

### P(C,R)=?

- "brute force": Monte-Carlo-Analyse — rechenzeitintensiv...
- Semi-analytischer Zugang — im Gültigkeitsbereich: sehr effektiv...

Einfaches Beispiel: 2D-Schnitt durch M1-Bus



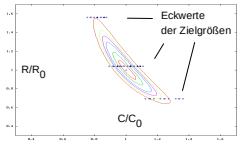

MC Rohdaten...

approximative Höhenlinien, semi-analytische Näherung...

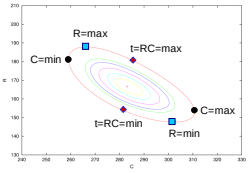
NB:
- keine Gauß-Verteilung
- starke RC Korrelationen
- vollständige Information nur in Gesamtverteilung P(C,R) von R **und** C
- RC Korrelationen ↔ Kompensationseffekte in abgeleiteten Größen (z.B. in t = RC ...)

### Eckwerte von Zielgrößen

- Traditionelle Eckwertanalyse
  - variiere Input-Parameter um ±3σ
  - untersuche Systemeigenschaften für diese Input-Werte → **Eckwerte der Zielgrößen**



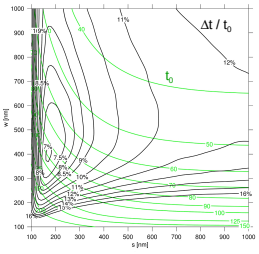

- Bessere Alternativen?
  - Intelligentere Eckwert-Definitionen mittels semi-analytischem P(C,R)
  - Eckwerte analytisch fassbar




Beispiel: Höhenlinien von P(C,R) für M1-Bus w=600nm, s=300nm

### Schwankungsbreiten

- Wie groß sind die Schwankungsbreiten gegebener Zielgrößen?
- Frage mit semi-analytischem Zugang systematisch beantwortbar

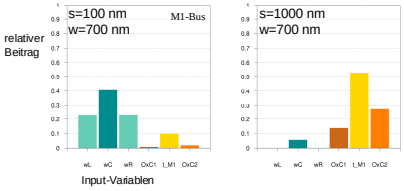



- Beispiel: M1-Bus
  delay t = RC und
  relative Delay-Fluktuationen $\Delta t / t_0$

Dicken und Weiten fluktuieren
→ R und C fluktuiert um $R_0$, $C_0$
→ t=RC fluktuiert um $t_0=R_0C_0$
t-Fluktuationsbreite: Δt (−3σ-Breite)

### Sensitivität

- Schwankungsbreiten gegebener Zielgrößen bekannt: Welche Input-Fluktuationen tragen am meisten bei?
- Frage mit semi-analytischem Zugang systematisch beantwortbar

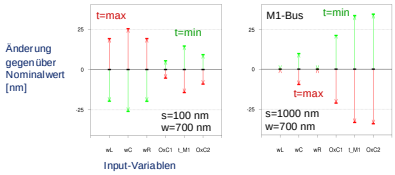



Beispiel: relative Beiträge zu delay-Fluktuationen Δt für unterschiedliche w/s-Konfigurationen

- Systematische Sensitivitätskarten (für beliebige s, w) erzeugbar

### Repräsentative Konfiguration

- Was ist die wahrscheinlichste Input-Fluktuation, die gegebenen Eckwert erzeugt? („repräsentative Input-Fluktuation", RIF)
- Frage mit semi-analytischem Zugang systematisch beantwortbar




Beispiel: wahrscheinlichste Input-Fluktuation, die t=min/max Eckwert erzeugt.

Gezeigt sind Resultate für zwei unterschiedliche w/s-Konfigurationen.

- Systematische RIF-Karten (für beliebige s, w) erzeugbar

### Nahziele & Fernziele

- Analyse repräsentativer 2D Strukturen
  - Quantitative Analyse der auftretenden Schwankungen
  - Sensitivitätsanalyse, Identifikation der wichtigsten Schwankungsbeiträge
  - Analyse der statistische Verteilung der Zielgrößen
- Ableitung optimierter Design-Regeln
- Ableitung intelligenter Eckwerte zur Charakterisierung
- Berücksichtigung der Interconnect-Schwankungen in Schaltungssimulationen
- Direkte Extraktion der Schwankungsinformationen aus dem Layout

robustere Designs → weniger redesign-Zyklen, höhere Ausbeute