

σ65

SIGMA65:

Ein lachendes und ein weinendes Auge für Sigma65

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung

Das BMBF-Projekt Sigma65 „Technologiebasierte Modellierung und Analyseverfahren unter Berücksichtigung von Streuungen im 65 nm-Knoten“ mit einem kurzen Bericht kurz vor Abschluss der Arbeiten.

Zusammensetzung des Projektkonsortiums

Projektkonsortium

Fraunhofer IIS-EAS
Infineon Technologies AG
MunEDA GmbH

Unterauftragnehmer

TU München
Leibniz-Universität Hannover

Förderkennzeichen des Vorhabens

01M3080

Laufzeit

01.10.2006 – 31.12.2009

Letzte Projektänderung

Das Projekt Sigma65, das sich mit der Erforschung neuer statistischer Methoden zur Erfassung von Fertigungsschwankungen befasste, wird Ende des Jahres 2009 beendet, drei Monate später als in der ursprünglichen Planung vorgesehen. Dies hatte eine positive Ursache, die sich durch die neue Familiengesetzgebung ergab. Beim Fraunhofer Institut schlug in diesem Jahr die Regelung der Freistellung junger Väter zu. Leider konnte dies wegen kurzfristig abgesagter, aber geplanter Einstellungen nicht ausgeglichen werden. Insgesamt kann das Projektkonsortium eine sehr gute Bilanz für die Familienministerin aufweisen (sechs neue Landeskinder konnten begrüßt werden).

In diesem Zusammenhang möchten sich die Projektpartner beim Referat 523 des Bundesministeriums für das große Verständnis und Entgegenkommen bedanken. Mit der genehmigten Verlängerung können nicht nur die geplanten Ziele erreicht werden, sondern es konnte noch eine zusätzliche Kooperation zwischen der MunEDA und dem Fraunhofer IIS/EAS Dresden zur exakten Ermittlung der Randwahrscheinlichkeiten (Importance Sampling) aufgesetzt werden. Dies ist auch ein kleines Dankeschön an das Referat, wenn diese Kooperation auch erst nach Projektende voll wirksam werden wird.

Projektkooperationen

Das Projekt war und ist durch eine sehr enge Kooperation zwischen den Projektpartnern und den Unterauftragnehmern und Projektpartnern gekennzeichnet. Diese enge Zusammenarbeit soll die nachfolgende Aufzählung der wichtigsten gemeinsamen Arbeiten untermauern:

- » Zusammenarbeit zwischen Infineon und EAS bei der Erarbeitung eines gemeinsamen Powersimulators
- » Bereitstellung WiCkED-Lizenz von MunEDA für EAS
- » Bereitstellung von Titan und Parametersätzen für EAS und MunEDA
- » EAS und Infineon Alpha-Nutzer für MunEDA
- » Zusammenarbeit MunEDA und Infineon, Austausch von Daten
- » Austausch industrieller Testdesigns (Infineon und EAS)
- » Kooperation zwischen MunEDA und Fraunhofer angestoßen zur Berechnung der Ränder der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen
- » Austausch zwischen TU München und EAS zu statistischen Verfahren

- » Uni Hannover und EAS: gemeinsamer Vorschlag für ein Clusterforschungsprojekt

Projektdurchführung und Ergebnisse

Aufgrund der im Projekt gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen wurden insgesamt drei Change Requests durchgeführt. Dabei wurden neue Aufgaben definiert, bestehende umstrukturiert und teilweise auch vorzeitig beendet. Diese Dynamik resultiert u. a. aus der Entwicklung der Technologie. Jeder neue Technologieknoten birgt andere Erfordernisse und führt zu neuen Anforderungen. Die Projektpartner und ihre Unterauftragnehmer sahen sich somit der großen Herausforderung gegenüber, die sich ändernden Anforderungen mit der Entwicklung neuer Verfahren und Methoden zur statistischen Erfassung von Fertigungsschwankungen zu verbinden. Die Sigma65-Forscher verloren dabei nie ihr Ziel „Schneller als Monte-Carlo, aber so genau wie Monte-Carlo zu sein“ aus den Augen. Grundlagen dafür bildeten eine sehr genaue Abbildung der Verhältnisse bei den Parameterschwankungen, wie Einbeziehung von Nichtlinearitäten und nichtgaußschen Verteilungen, und die Anwendung neuer Verfahren, die eine exaktere Analyse erlauben. Ausgehend von diesen Ansätzen wurde eine Reihe von innovativen Ansätzen realisiert:

- » Verfahren zur Realisierung von spicebasierten „Compact Current Source Modellen“ (CSM) als effiziente Standardzell-Ersatzmodelle entwickelt und die zugehörigen Grundlagen explizit im IFX Simulator TITAN implementiert
- » Neuartige Funktionalität eines Netzwerksimulators: Effiziente Bestimmung der Empfindlichkeiten höherer Ordnung zur Approximation von Zusammenhängen zwischen Einfluss- und Zielgrößen
- » Bewertungsmethodik hochauflösender „Time-to-Digital Converter“ hat zur Entwicklung neuartiger robuster TDC Architekturen geführt, die auch in einem eingeladenen Artikel im Journal of Solid State Circuits gewürdigt wurden
- » Quantitative 65 nm und 45 nm Silizium-Aussagen mit statistischer Relevanz zu intra-die und die-to-die Variationen
- » Ansätze zur Aufteilung der Variationseffekte in lokale & globale Schwankungen und in Spannungs- und Gradienteneffekte
- » Anpassung der statistischen Basisdaten spezifisch für die im Digitaldesign verwendeten Minimaltransistoren

- » Kalibrierte MC-Parameter für 65 nm Digitaltransistoren
- » Neues explizites Berechnungsverfahren für Wahrscheinlichkeitsverteilungen bei schwach nichtlinearen Problemen
- » Testumgebung für beschleunigte Monte Carlo Simulation
- » Implementierung einer waveform-basierten Pfad-SSTA Referenz
- » Kritische Bewertung und Vergleich des Benefits der „Statistischen Statistischen Timing-Analyse“ (SSTA) und anderer vereinfachter statistischer Timing-Ansätze für industrielle Testdesigns
- » Software-Umgebung „LEKTOR“ zur Leckstrom-Charakterisierung auf nominaler Ebene
- » VHDL-Simulationsumgebung für statistische Digital-Simulation

Die vielen fachlichen Ergebnisse spiegeln sich auch in den etwa zwanzig Veröffentlichungen auf internationalen Konferenzen, wie z. B. der DAC, wider, wobei die eigene Session auf der DATE2009 in Nizza ein besonderer Höhepunkt war.

Perspektiven und Anregungen

Die Forschungsergebnisse werden nicht nur zu reichlicher Arbeit bei der praktischen Umsetzung führen, sondern zeigen auch auf, dass in Zukunft weitere Forschungsarbeit zu leisten ist, um auch mit den Technologien unter 40 nm zuverlässige, energieeffektive und kostengünstige Elektronik entwerfen zu können. Nach

dem Motto ‚eine Antwort wirft drei Fragen auf‘ können hier nur wenige Aspekte kurz erwähnt werden:

- » Neue Materialien und Fertigungsverfahren finden Einsatz in der Technologie
- » Neue Technologieknoten bringen neue Effekte mit sich
- » Neue Bauelemente bilden die Grundlage der Schaltungstechnik
- » Einbeziehung der analogen Teile in die Betrachtung (Mixed-Signal-Schaltkreise)
- » Umfassende Gesamtanalyse immer komplexerer Schaltungen notwendig
- » Systemintegration (More than Moore)
- » Erweiterung über das Blockniveau hinaus bis auf Systemebene
- » Sichere Vorgaben für die Geräteentwickler
- » Verbindung mit Alterungsprozessen und steigenden Zuverlässigkeitsanforderungen

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass die exakte Beschreibung der Fertigungstoleranzen über die Corner-Analyse hinaus wesentliche Designvorteile erbringen kann. Dies kann in einer gesteigerten Performanz (z. B. weniger Leistungsverbrauch, höhere Taktfrequenz) bzw. in verringerter Fläche dokumentiert werden. Die Forschungsergebnisse bilden die Grundlage, um die Arbeiten im Leitprojekt 1 des Spitzenclusters CoolSilicon fortzusetzen. Die Projektpartner planen außerdem die Zusammenarbeit innerhalb des von Catrene gelabelten Projektes UTTERMOST.



Abbildung 1.13: Das Sigma65-Projektconsortium zum Kick-off-Treffen

Kont@kt
 Dr. Manfred Dietrich
 Fraunhofer-Institut
 für Integrierte Schaltungen
 Institutsteil Entwurfs-
 automatisierung Dresden
 fon: (03 51) 46 40 – 7 15
 Manfred.dietrich@eas.iis.
 fraunhofer.de