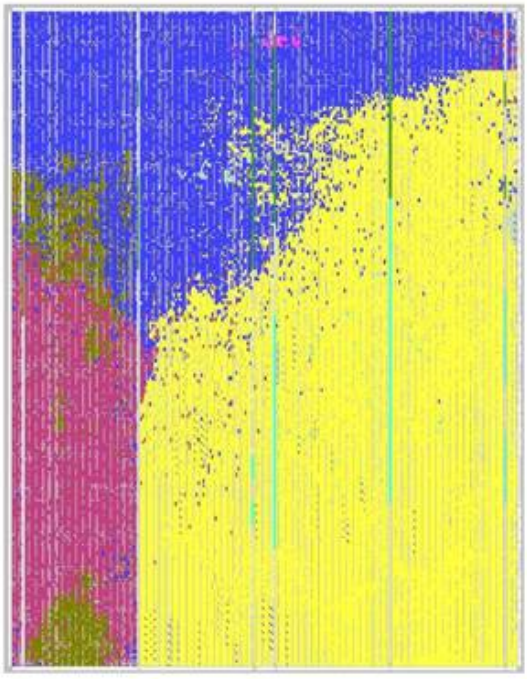
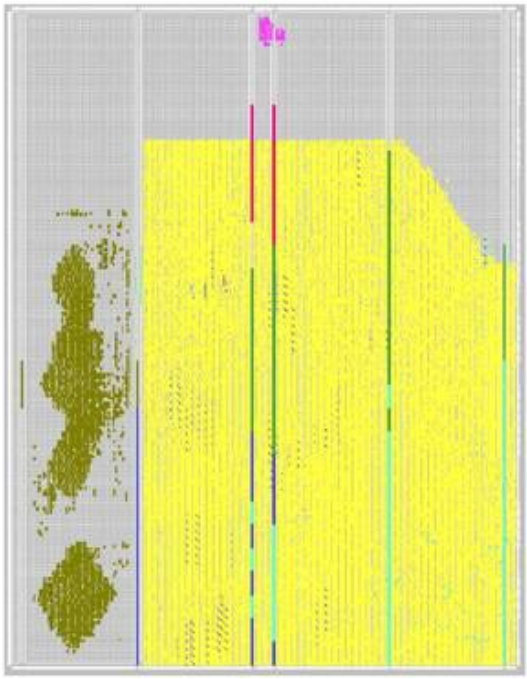
Stephen Schmitt

Integrierte Simulation und Emulation eingebetteter Hardware/Software-Systeme





Cuvillier Verlag Göttingen

Integrierte Simulation und Emulation eingebetteter Hardware/Software-Systeme

Dissertation
der Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt von
Dipl.-Inform. Stephen Schmitt
aus Ruit auf den Fildern

Tübingen
2005

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.
1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2005
Zugl.: Tübingen, Univ., Diss., 2005
ISBN 3-86537-511-1

Tag der mündlichen Prüfung:	08.06.2005
Dekan	Prof. Dr. Michael Diehl
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Wolfgang Rosenstiel
2. Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Wolfgang Straßer

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

1. Auflage, 2005
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-511-1

Für meine Mutter und meinen Vater

Danksagung

Diese Arbeit entstand neben meiner Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Technische Informatik des Wilhelm-Schickard-Instituts für Informatik der Universität Tübingen. Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Wolfgang Rosenstiel für die Betreuung der Arbeit und die exzellente Arbeitsumgebung, die er mir zur Durchführung meiner Arbeit zur Verfügung gestellt hat. Ein weiterer Dank gilt Herrn Professor Dr. Dr. E.h. Wolfgang Straßer für die Übernahme des Korreferats und seiner sorgfältigen Begutachtung der Arbeit. Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen Projektpartnern von Infineon Technologies AG für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Dr. Joachim Gerlach, Herrn Dipl.-Inform. Axel Braun und Herrn Dr. Klaus Beschorner für die fruchtbaren Diskussionen während meiner Arbeit sowie bei meiner Studentin Frau Katharina Weinberger und meinen Studenten Herrn Paulius Duplys und Herrn Johannes Brügmann für die Zusammenarbeit. Ein ganz besonderer Dank gilt meinen beiden Kollegen Herrn Dipl.-Phys. Werner Dreher und Herrn Dr. Walter Lange für die vielen hilfreichen Diskussionen und Anregungen für meine Arbeit. Insbesondere danke ich Herrn Dr. Walter Lange für die Korrekturhinweise zu meiner Ausarbeitung.

Bei meinen Kolleginnen und Kollegen bedanke ich mich für die freundliche Atmosphäre am Arbeitsbereich und die angenehmen Gespräche auch abseits der Arbeit. Insbesondere gilt mein Dank den Administratorkollegen Herrn Dr. Marcus Ritt, Herrn Dipl.-Inform. Carsten Schulz-Key, Herrn Dipl.-Inform. Gerald Heim und Herrn Dipl.-Inform. Thomas Schweizer für die gute Zusammenarbeit und die stets einwandfreie Rechnerinfrastruktur.

Mein herzlichster Dank aber gilt meiner Mutter und meinem Vater, die mich auf meinem Lebensweg immer unterstützt und die mir diese Arbeit durch eine erstklassige schulische und universitäre Ausbildung erst ermöglicht haben. Bei meinen Eltern habe ich zu jeder Zeit den Rückhalt, den ich zur Erlangung meiner Ziele benötige. Ohne die vielen kleinen und großen Hilfen meiner Eltern wäre ich nie so weit gekommen und ohne sie wäre ich nie das geworden, was ich heute bin.

Nürtingen, im Juni 2005 Stephen Schmitt

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Programmverzeichnis

1 Einleitung

Nach dem Erfolg der Informationstechnologie in der Büro- und Arbeitswelt werden eingebettete Systeme als das wichtigste Anwendungsgebiet der Informatik in den kommenden Jahren betrachtet. In diesem Zusammenhang wird auch gerne von der *Nach-PC-Ära* gesprochen. Beispielsweise ist heute jede moderne Küche mit mehr Rechenkapazität ausgestattet als der Steuerrechner der Apollo Mondlandefähre im Jahre 1969.

Bedingt durch den stetigen Technologiefortschritt, der es ermöglicht, durch kleiner werdende Strukturgrößen immer mehr Funktionalität auf einem Chip unterzubringen, steigt die Anwendungsvielfalt und Komplexität der Systeme bei gleichzeitig sinkenden Entwurfszeiten und -kosten. Daraus ergibt sich ein komplexer Systementwurf der die Integration vieler unterschiedlicher Funktionen in ein Gesamtsystem auf einem Chip *(System-on-a-Chip (SoC))* unterstützen muss.

Insbesondere spielt die Kombination eines oder mehrerer Mikrokontroller mit zusätzlichen Peripheriekomponenten eine zentrale Rolle. Aufgrund der Komplexität zukünftiger eingebetteter Systeme wird die Wiederverwendung möglichst vieler Komponenten an Bedeutung gewinnen. Diese werden in Form von *Intellectual Property (IP)* als Hardware und Software zu einem Gesamtsystem kombiniert. Bei der Vernetzung eingebetteter Systeme können beispielsweise die Schnittstellen in Hardware realisiert und das System anwendungsspezifisch damit erweitert werden. Im Automobilbereich erlangt z.B. das Echtzeitbussystem FlexRay [32] zunehmend an Bedeutung, mit dem es zukünftig möglich sein wird, sicherheitskritische Komponenten miteinander zu vernetzen und die Sicherheit zu erhöhen.

Daneben kommt der Software in zukünftigen eingebetteten Systemen eine wichtige Rolle zu. In Abbildung 1.1 ist die Entwicklung des Anteils der Software an den Ausgaben für Hardware und Software in der Automobilindustrie für die nächsten Jahre dargestellt. In diesem Zusammenhang kann eine Parallele zum Moore'schen Gesetz formuliert werden, die besagt, dass sich für viele Produkte aus dem Verbraucherbereich die Größe des Codes alle zwei Jahre verdoppelt [100].

Insbesondere ist aus dem Bild ersichtlich, dass sich die Software zukünftiger Systeme modularer zusammensetzt. Wurde früher die Software noch als Ganzes gesehen, wird in Zukunft auf einem Betriebssystem (RTOS) *Basissoftware*, wie etwa Treiber für Hardware-Komponenten oder Middleware für die Vernetzung, zusammen mit unterschiedlichen Anwendungen implementiert werden, die unter Umstän-