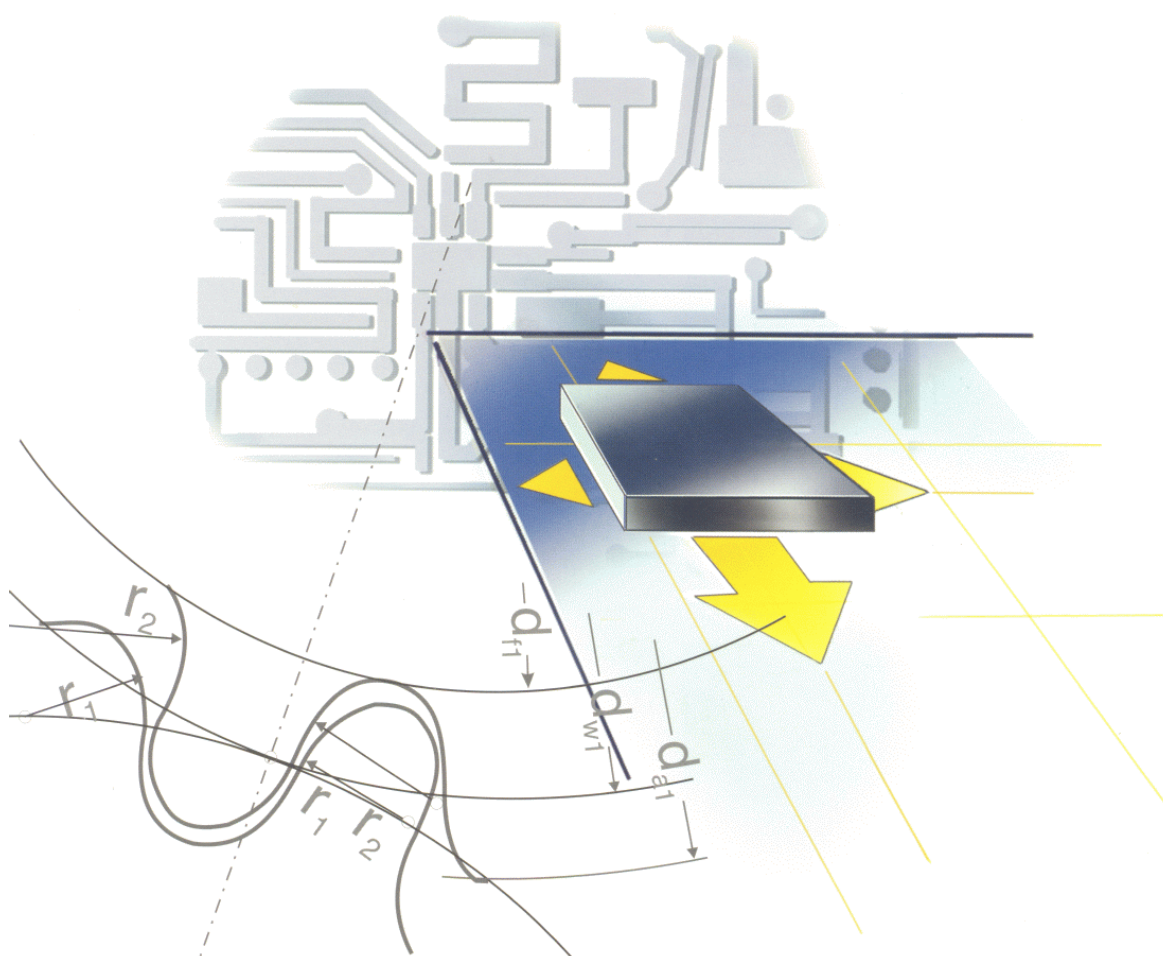


Jahresbericht

1999



Inhalt

Allgemeine Informationen.....	3
Vorwort.....	4
Organisationsstruktur	5
Aufsichtsrat	6
Wissenschaftlicher Beirat	6
Forschungs- und Entwicklungsprofil des IMMS	7
Ausgewählte Fachberichte	9
Das Institut in Zahlen.....	30
Vorträge und Veröffentlichungen	31
Mitgliedschaft in Verbänden, Fachgruppen etc.	33
Veranstaltungen / Seminare	34

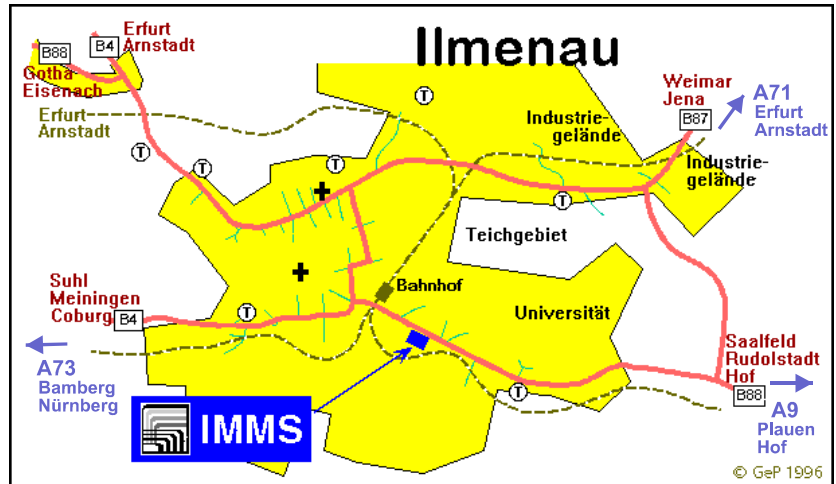
Institut für Mikroelektronik-und
Mechatronik-Systeme gGmbH
IMMS

Langewiesener Straße 22
98693 Ilmenau

Geschäftsleitung:
Prof. Dr. Gerd Scarbata
Lutz M. Ostermann

Sekretariat:
Monika Schild

Telefon: +49 (3677) 6783-0
Telefax: +49 (3677) 6783-37
Email: imms@imms.de
www: <http://www.imms.de>



Kontakte:

System Design:

Dipl. - Ing. Jens Lehmann

Tel: +49 (3677) 6783-15 / Email: jens.lehmann@imms.de

Schaltungs- und Meßtechnik:

Dr. - Ing. Peter Kornetzky

Tel: +49 (3677) 6783-16 / Email: peter.kornetzky@imms.de

Mechatronik:

Dr. - Ing. Christoph Schäffel

Tel: +49 (3677) 6783-33 / Email: christoph.schaeffel@imms.de

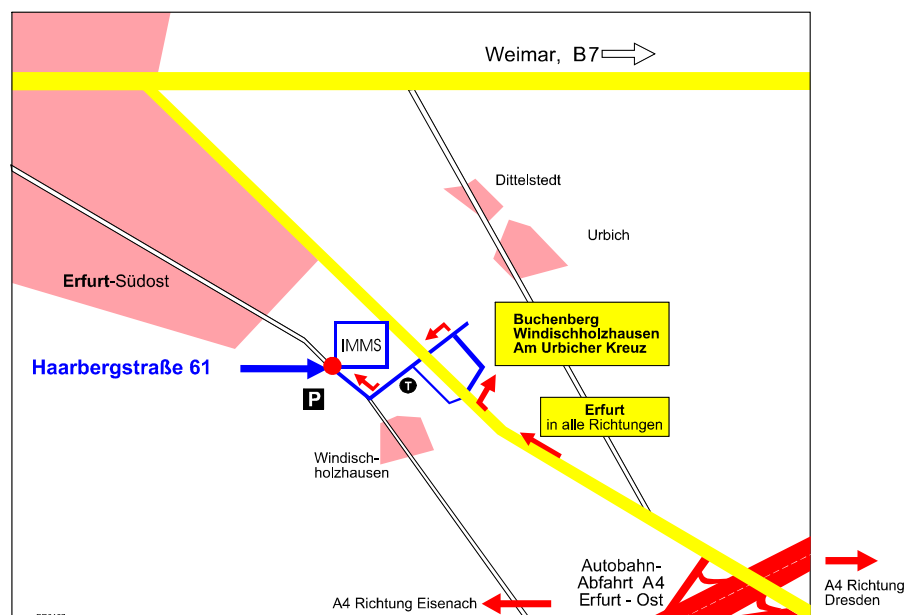
Außenstelle Erfurt:

Haarbergstraße 67
99097 Erfurt

Telefon: +49 (361) 427-6639
+49 (361) 427-6601
Telefax: +49 (361) 4170162

Kontakt:

Prof. Dr. Franz Rößler
Tel: +49 (361) 427-6639
Email: franz.roessler@imms.de



Vorwort

Das IMMS wurde am 19. Dezember 1995 als gemeinnützige GmbH gegründet. Es ist ein AN-Institut an der TU Ilmenau.

Schwerpunkte der industriellen Grundlagenforschung und der Projektstätigkeiten im vorwettbewerblichen Bereich sind die Entwicklung, Simulation und Erprobung von Labormustern für heterogene Systeme, die ein hochintelligentes Zusammenspiel von mikroelektronischen und mikromechanischen Komponenten realisieren.

Die Durchführung dieser Forschungsprojekte erfolgt in Projektteams, die sich aus wissenschaftlichen Mitarbeitern des IMMS, der TU Ilmenau und anderer richtungen sowie aus zusammensetzen.

bringen studentische Hilfskräfte, zahlreiche In- und Ausland sowie Innovation und Auszubildende, z. B. und Kauffrau für sind mit ihrer Ausbildung im IMMS sich das IMMS dem junge Menschen an heranzuführen. So Gymnasien die



IMMS, der TU universitärer Ein- der Industrie Darüber hinaus und wissenschaftliche Praktikanten aus dem Diplomanden ihre Kreativität ein. Auch als Bürokaufmann Bürokommunikation, praktischen tätig. Weiterhin hat Anliegen gestellt, neue Technologien werden Ilmenauer Durchführung von

Projektwochen angeboten, in denen Schüler die Gelegenheit haben, im Internet praktische Erfahrung auch für den Schulalltag unter fachlicher Anleitung zu sammeln. Weiterhin bestehen Projektgruppen aus 4 - 6 Schülern, die für ihre Schulen Homepages erstellen und in eigener Regie pflegen.

Über die fachwissenschaftliche Tätigkeit in Verbundprojekten ist es 1999 zunehmend gelungen, Kernkompetenzen innerhalb der Themenbereiche

- Systemdesign
- Mechatronik
- Schaltungstechnik und
- Analyse und Test

aufzubauen. Innerhalb dieser Bereiche erfolgte unter Berücksichtigung der vorgesehenen längerfristigen Entwicklung unseres Institutes in Verbindung mit den laufenden und zukünftig vorgesehenen wissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten und der Personalsituation eine Neudefinition von Themengebieten.

Dies ermöglicht effektivere und auch mehr interdisziplinär ausgerichtete Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, begleitet von einer zusätzlich motivierenden Übernahme von Verantwortung durch eine größere Anzahl wissenschaftlicher Mitarbeiter innerhalb der ausgewiesenen Kompetenzen. Dieser Jahresbericht gibt einen Überblick über Aktivitäten und die erreichten Ergebnisse des IMMS auch über rein fachwissenschaftliche Belange hinaus. Weiterhin hat sich das IMMS das Ziel gesetzt, Unternehmensgründungen im technologieorientierten Umfeld zu unterstützen.

Eine erste erfolgreiche Ausgründung ist 1999 mit der emsys GmbH (Embedded Systems GmbH) bereits erfolgt. In diesem Zusammenhang bedankt sich die Geschäftsführung des IMMS bei Herrn Dr.-Ing. Karsten Pahnke, dem Geschäftsführer dieser emsys GmbH, für sein Engagement zur Erarbeitung und Umsetzung der Wissenschaftskonzeption für die Gründung des IMMS sowie für seine langjährige sehr erfolgreiche Tätigkeit als Leiter der Abteilung CAD / System Design.

Die Geschäftsführer bedanken sich auf diesem Weg auch bei allen Mitarbeitern des IMMS für ihren Fleiß und ihre unermüdliche Einsatzbereitschaft, die zu den hier beschriebenen wissenschaftlichen Ergebnissen in Forschung und Entwicklung geführt haben. Ebenso bedanken wir uns bei allen Mitgliedern des Aufsichtsrats und des Wissenschaftlichen Beirates unseres Institutes für die vertrauensvolle und effektive Zusammenarbeit sowie für die Unterstützung unserer Einrichtung bei den Thüringer Wissenschafts-, Finanz- und Wirtschaftsministerien bei allen Kooperationspartnern im In- und Ausland, verbunden mit dem Wunsch, auf eine Fortführung unserer erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in den kommenden Jahren.

Prof. Dr.-Ing. Gerd Scarbata,
Dipl.-Ing./Kfm. Lutz Ostermann

Aufsichtsrat des IMMS

Vorsitz:

Herr Dr. H. Hamacher
Thüringer Ministerium für
Wissenschaft, Forschung
und Kunst (TMWFK), Erfurt

Stellv.:

Herr J. Lange
Thüringer Ministerium für
Wirt-
schaft, Arbeit und
Infrastruktur (TMWAI), Erfurt

weitere Mitglieder:

Herr Dr. Hacker
Jenoptik AG, Jena

Herr Dr. sc. techn. W.
Hecker
MAZeT GmbH, Erfurt

Herr Prof. Dr. G. Henning
TU Ilmenau

Herr ORR C. T. Mergel
Thüringer Finanzministerium
(TFM), Erfurt

Herr H.-J. Straub
X-Fab, Semiconductor
Foundries GmbH, Erfurt

Herr Prof. Dr. H. Thust
TU Ilmenau

Wissenschaftlicher Beirat

Vorsitz:

Herr Prof. Dr. E. Kallenbach

TU Ilmenau / Fak. f.
Maschinenbau

Stellv.:

Herr K. Herre

X-Fab, Semiconductor Foundries
GmbH, Erfurt

Herr W. Groß

Technologiezentrum VDI/VDE
Informationstechnik GmbH,
Teltow

Herr Prof. Dr. H.-E. Hoenig

Institut für Physikalische Hoch-
technologie e. V., Jena

Herr Prof. Dr. D. Hofmann

Erfurt

Herr Prof. Dr. G. Jäger

TU Ilmenau / Fak. f.
Maschinenbau

Herr Dr. B. Jakob

Technologie- und
Gründerzentrum GmbH, Ilmenau

Herr Prof. Dr. W. Karthe

FhG Institut für Angewandte
Optik und Feinmechanik, Jena

Herr Dr. M. Kummer

Bundesministerium für Wissen-
schaft, Forschung und Techno-
logie (BMBF), Bonn

Herr Dr. St. Meiser

IAM F&E GmbH, Braunschweig

Herr Prof. Dr. H. Puta

TU Ilmenau / Fak. f. Informatik
und Automatisierung

Frau Prof. Dr. D. Schmitt-
Landsiedel

TU München / Fak. f. Elektro-
und Informationstechnik

Herr Prof. Dr. D. Seitzer

FhG Institut für Integrierte
Schaltungen, Erlangen

Herr L. Siegemund

IHK Südthüringen, Suhl

Herr Prof. Dr. M. Weck

Werkzeugmaschinenlabor
RWTH,
Aachen

Herr Prof. Dr. E. Westkämper

FhG Institut für Automatisie-
rung, Stuttgart

ständige Gäste:

Herr Dr. K. Täubig

Thüringer Ministerium für
Wissenschaft, Forschung und
Kunst (TMWFK), Erfurt

Herr Dr. F. Ehrhardt

Thüringer Ministerium für Wirt-
schaft, Arbeit und Infrastruktur

(TMWAI), Erfurt

Forschungs- und Entwicklungsprofil des IMMS

Zur Gründung des Institutes wurde eine „Gründungskonzeption“ zum 31.07.1995 erarbeitet. Diese Konzeption stellt als Ziel heraus, daß das IMMS als industriennahe Forschungs- und Entwicklungseinrichtung die anwendungsorientierte Vorlaufforschung und die Entwicklung von Erzeugnissen der Mikroelektronik und Systemtechnik und deren effektive Überleitung vorrangig für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) des Freistaates Thüringen entscheidend befördern und beschleunigen soll. Dabei schafft das IMMS auf den Gebieten der Mikroelektronik als innovative Basistechnologie und der Systemtechnik im Sinne des Entwurfs, der Simulation und Optimierung mechatronischer Systeme Verbindungen zwischen universitärer Grundlagenforschung und angewandter Forschung mit der industriellen Praxis. In diesem Zusammenhang soll die Transferlücke zwischen elementarer Grundlagenforschung und den sich daraus ergebenden möglichen Anwendungen geschlossen werden. Die Konzeption definiert Tätigkeitsfelder, die den Unternehmenszielen entsprechen und in den Schwerpunkten die bisherigen Forschungs- und Entwicklungsziele des IMMS abdecken. Derzeit werden diese Schwerpunkte in Themenbereichen ausgestaltet und in Themengebieten konkretisiert. Eine nunmehr auf die kommenden fünf bis zehn Jahre ausgerichtete Langzeitstrategie des IMMS sieht eine Weiterentwicklung der

„Gründungskonzeption“ vor, auf deren Grundlage Aussagen zum vorgesehen weiteren Ausbau des IMMS in wissenschaftlicher und personeller Sicht getroffen werden. Die Kernkompetenzen und Themenbereiche des IMMS mit

wicklungslandschaft, die Marktentwicklung, die wissenschaftlichen Projektschwerpunkte und die spezifischen Interessen der IMMS - Projektpartner berücksichtigen, in die dafür vorgesehenen Themenbereiche

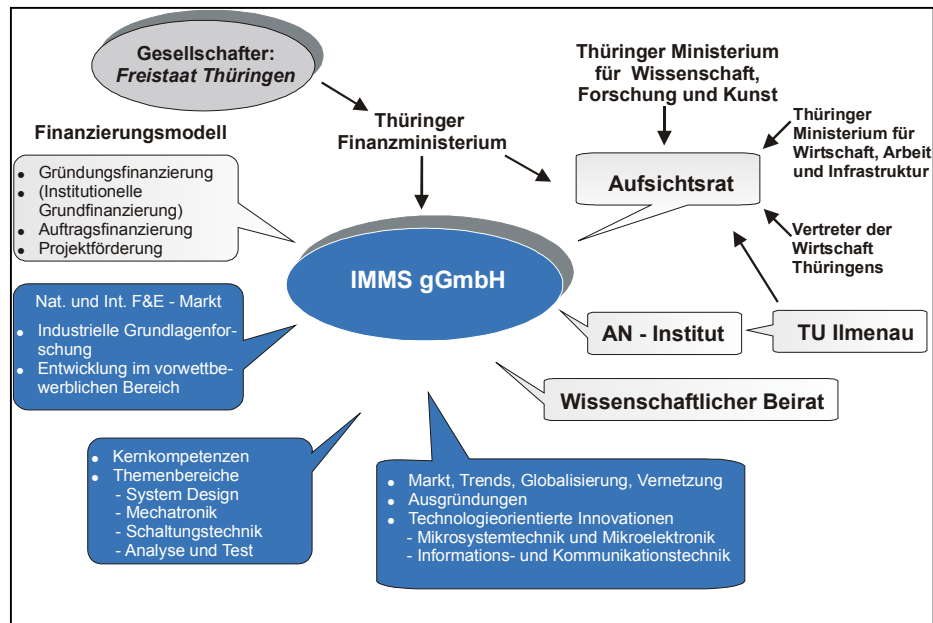


Abb. 1: strategische Orientierung und Institutsumfeld

dem zur Zeit gegebenen Umfeld sind in der Abb. 1 als Bestandteil der Unternehmensstrategie dargestellt.

Die aus den bisherigen praktischen F&E – Tätigkeiten abgeleiteten zehn strategischen Kompetenzbereiche des IMMS

- Präzisionsantriebe komplexer mechatronischer Systeme
- Bussysteme
- System on Chip
- Mixed Signal Design
- HF-Systeme
- optoelektronische Schaltungen
- Smart-Power-Systeme
- Schaltungstechnik innovativer Technologien
- Testmethodiken

werden nach den aktuellen Erfordernissen, welche die umgebende Forschungs- und Ent-

und Themengebiete umgesetzt. Aus heutiger Sicht definiert das IMMS Ilmenau die folgenden Themengebiete:

Themenbereich Systemdesign

- Bussysteme
- Engineering Workflow in der Automobilindustrie
- IP-basierter Systementwurf
- industrielle Steuerungstechniken für mechatronische Systeme

Themenbereich Mechatronik

- Direktantriebssysteme
- Komplexe mechatronische Systeme
- Antriebe für erschwerte Einsatzbedingungen
- industrielle Steuerungstechniken für mechatronische Systeme

Themenbereich
Schaltungstechnik

- Mixed-Signal-Schaltungstechniken
- Sensor-Interface
- HF-Schaltungstechnik
- Smart-Power-Schaltungstechnik
- Modellierung und Simulation

Themenbereich
Analyse und Test

- HF-Meßtechnik
- Opto-Test
- Mixed-Signal-Test
- besondere Testverfahren.

Diese Weiterentwicklung wird es dem IMMS ermöglichen, sich stärker am Markt zu orientieren und flexibel mit einer kurzfristigen Aktualisierung der Kompetenzbereiche zu reagieren. Die Zuständigkeiten und Verantwortungen für die Realisierung der damit im Zusammenhang stehenden wissenschaftlichen Projekte lassen sich auf eine dafür adäquate Auswahl von kompetenten Mitarbeitern effektiver aufgliedern. In diesem Zusammenhang sollen hohe Motivation und ausgeprägte Eigenverantwortung der Bereichs- und Themenleiter initiiert werden, die sich dann in ihren Verantwortungsbereichen profilieren und zukunftsorientiert den kommenden Herausforderungen stellen werden.

Zunehmend wird sich in diesem Zusammenhang die Notwendigkeit interdisziplinär ausgerichteter Teams ergeben, die themengebietsübergreifend arbeiten.

Diese Arbeitsweise katalysiert ebenfalls Kooperationen. Hierdurch entstehen schlagkräftige Netzwerke Thüringer Unternehmen.

31.12.99



Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Scarbata
wissenschaftlicher Geschäftsführer



Lutz Ostermann
kaufmännischer Geschäftsführer

Einführung

Immer kleiner werdende Strukturgrößen (z.Zt. ca. 150nm) im Aufbau von Halbleiterschaltungen lassen optische Belichtungsverfahren an ihre physikalischen Grenzen stoßen. Daraus resultiert die Forderung von Chipherstellern nach der Entwicklung von alternativen, nichtoptischen Belichtungsverfahren, die Strukturbreiten weit unter 100nm erreichbar machen sollen. Das von europäischen Halbleiterfirmen, vornehmlich der Infineon AG (ehemals Siemens Halbleiter), favorisierte Verfahren ist die IonenProjektions-Lithografie (IPL).

Im Rahmen des von der EU geförderten MEDEA-Projekts erfolgt mit dem Aufbau eines Testsystems die Erprobung dieses Verfahrens.

Projekthinhalt

Das lokale Projektteam, bestehend aus dem IMMS Ilmenau und der TU Ilmenau, Fachgebiet Antriebstechnik, erarbeitete in enger Kooperation mit der Leica Lithographiesysteme Jena GmbH als Teilprojektkoordinator das Konzept für einen im IPL-Verfahren einsetzbaren Wafertisch zur Positionierung der Wafer in Bezug auf den belichtenden Ionenstrahl. Herausragende Anforderungen an diesen Wafertisch sind:

- Vertikale Arbeitsebene mit senkrecht stehendem Tisch
- einsetzbar für 300mm - Wafer, mithin ein (Grob-)Verfahrbereich senkrecht zum Belichtungsstrahl von ca. 350x350mm²
- Möglichkeiten für Feinpositionierbewegungen in allen sechs Raumachsen
- Positioniergenauigkeit im Submikrometer - bzw. Mikrograd - Bereich,
- Beschleunigungen bis 1g und Verfahrgeschwindigkei-

ten bis 400^{mm}/s für eine hohe Produktivität

- erreichbare Geschwindigkeitskonstanz beim Verfahren senkrecht zum Belichtungsstrahl von 1%
- äußerst geringe aus dem Antrieb austretende Magnetfelder
- Einsetzbarkeit im Hochvakuum

In der Konzeptionsphase wurde sehr schnell klar, daß sich einige der Anforderungen im Normalfall gegenseitig ausschließen. Beispielhaft zu nennen sind hier die hohen Forderungen an Dynamik und Positioniergenauigkeit der Antriebe, heute im allgemeinen nur erreichbar durch, z.B. elektrodynamische, Direktantriebe. Solche Antriebe erzeugen jedoch funktionsbedingt elektromagnetische Felder und laufen damit der Forderung nach geringen austretenden Magnetfeldern zuwider.

Nach Abwägung der einzelnen Anforderungen entschied sich das Entwicklungsteam für einen magnetisch geführten, elektrodynamischen Direktantrieb. Ausschlaggebend hierfür war das vorhandenen Know-How auf dem Gebiet des Designs solcher Antriebe sowie der Regelungstechnik.

Die gewählte Antriebsvariante

sieht zwei elektrodynamische Direktantriebe vor, auch bezeichnenbar als oberer und unterer Motor. Beide Antriebe sind ca. 1m voneinander entfernt und durch ein Keramikprofil miteinander verbunden. Auf dem Keramikprofil gleitet der eigentliche Wafertisch (entwickelt vom Fraunhofer Institut für Optik und Feinmechanik in Jena) und kann in beliebigen senkrechten Positionen mittels Piezos geklemmt werden. Die Einleitung der senkrechten Bewegung erfolgt über einen Seilzug, während die waagerechte Bewegung durch die miteinander verbundenen Direktantriebe erfolgt.

Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß die elektrodynamischen Direktantriebe und die aus ihnen funktionsbedingt austretenden magnetischen Störfelder relativ weit entfernt vom belichtenden Ionenstrahl sind. Durch eine zusätzliche magnetische Schirmung der Antriebe, deren Wirksamkeit in Vorversuchen getestet wurde, kann der Einfluß der Antriebe des Wafertischs auf die Belichtungsergebnisse weiter minimiert werden.

Mit der senkrechten Bewegung des Wafertischs mittels Seilzug und der waagerechten Bewe-

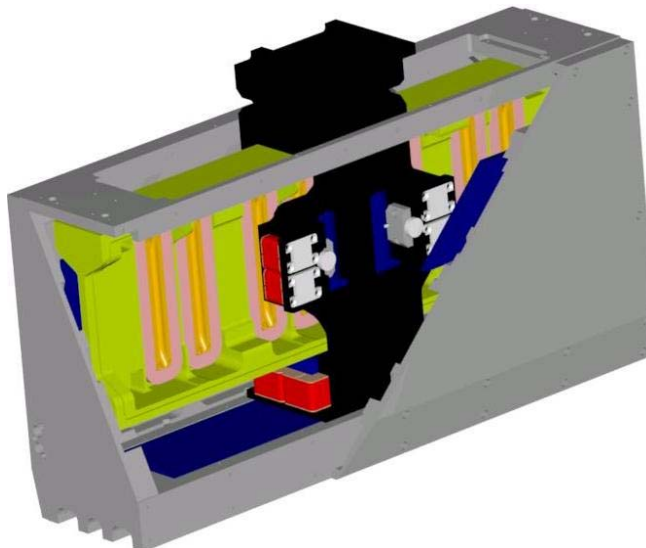


Abb. 1: Teilschnittansicht eines Direktantriebs des IPL-Wafertischs

gung mittels der Direktantriebe wird ein Verfahrbereich von ca. $380 \times 380 \text{ mm}^2$ realisiert. Zusätzlich sind die Aktoren in den Direktantrieben in allen Raumachsen magnetisch gelagert, das geführte Teil "schwebt" mithin ohne jeglichen mechanischen Kontakt entlang des Verfahrbereiches. Damit wurden die im Vakuum grundsätzlich komplizierten Führungsprobleme (z.B. verbietet sich der Einsatz von Schmiermitteln) umgangen. Durch eine aktive Beeinflussung der Arbeitsluftspalte in den Magnetlagern ist eine Feinpositionierung der bewegten Anordnung in allen 6 Freiheitsgraden möglich. Abb. 1 zeigt einen der beiden Direktantriebe mit dem Aktor (schwarz) und seinen elektromagnetischen Führungselementen, den Stator (grün) des elektrodynamischen Direktantriebes mit seinen Spulen sowie das Stahlgehäuse (grau), das als erste magnetische Schirmung dient

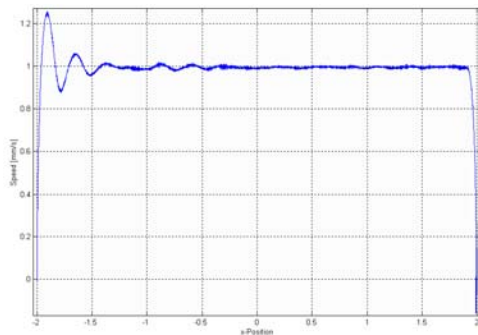


Abb. 2a: Geschwindigkeitsverlauf beim horizontalen Positionieren in mm/s (Soll 1mm/s)

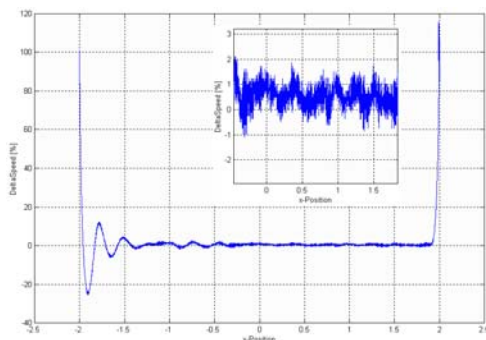


Abb. 2b: Geschwindigkeitsschwankung beim horizontalen Positionieren in % von 1mm/s

und gegen dessen geschliffene Referenzflächen (blau) der Aktor geführt wird.

Ergebnisse und Ausblick

Im Kalenderjahr 1999 erfolgte im wesentlichen der Aufbau und die Erprobung des Labormusters am Standort Ilmenau. Besonders wichtig waren dabei neben der prinzipiellen Inbetriebnahme eines solch komplexen mechatronischen Systems die Arbeiten zum Nachweis der Erreichbarkeit der gesteckten Ziele hinsichtlich Positioniergenauigkeit und Verfahrgeschwindigkeitskonstanz. Dabei ergab sich, daß alle Anforderungen prinzipiell erfüllt werden konnten, konzeptbedingt allerdings mit unterschiedlicher Qualität in den einzelnen Raumachsen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können bei einem geplanten zweiten Wafertisch außerordentlich hilfreich sein.

Abb. 2 zeigt auszugsweise den Geschwindigkeitsverlauf und die Geschwindigkeitsschwankung als prozentuale Abweichung vom Sollwert beim horizontalen Positionieren mit 1mm/s.

Im Herbst 1999 erfolgte der Einbau der Antriebe in das bei der Leica Lithographiesysteme Jena GmbH vorhandene Modul der IPL - Anlage. Dieses Modul enthält neben den Antrieben im wesentlichen ein mehrachsiges Laserwegmeßsystem

zur präzisen Positionsmessung des Wafertisches (diese Daten werden auch zur Steuerung der Antriebe verwendet) als auch eine Einheit zum Waferhandling. Abb. 3 zeigt das teilmontierte Modul, zu beachten sind auch die Größenverhältnisse!

Ende 1999 / Anfang 2000 erfolgt die Beurteilung der Leistungsfähigkeit dieses Moduls im Rahmen umfang-

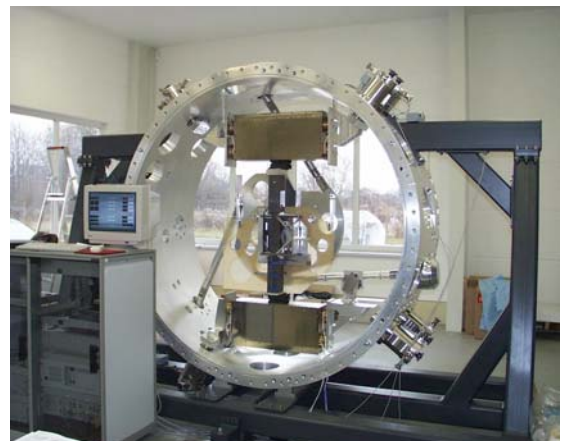


Abb. 3: Wafertisch-Modul der IPL-Anlage

reicher Messungen. Relevant für die von Ilmenau gelieferten Antriebe wird zunächst das Vermessen von Kontrollstrukturen (Marken) auf Probewafern sein. Hier werden die magnetisch geführten elektrodynamischen Direktantriebe insbesondere hinsichtlich Positionier- und Wiederholgenauigkeit sowie Geschwindigkeitskonstanz gefordert. Nach erfolgreicher Absolvierung dieser Tests wird das Wafertischmodul der Ionen Mikrofabrikations Systeme (IMS) GmbH in Wien zur Integration in die gesamte IPL-Anlage zur Verfügung gestellt.

Ansprechpartner:
DI Erik Beckert
Tel: +49 (3677) 678318
Email: erik.beckert@imms.de

DI Andrew Hoffmann
Tel: +49 (3677) 678318
Email: andrew.hoffmann@imms.de

Motivation, Zielsetzung

Ziel des Projektes ist die Erarbeitung von Grundlagen für neuartige Auflichtmeßmodule zur hochauflösenden absoluten Weg- und Winkelmessung nach dem optischen Auflichtmeßprinzip, das vom Preis-Leistungsverhältnis für den breiten Einsatz in hohen Stückzahlen geeignet ist. Um dies zu realisieren, muß der Übergang vom Sensorelement zum hochintegrierten

- Auslesezeit der Sensorzeile $< 5\mu s$

Konzeption

Das IMMS bringt in dieses Projekt seine Kompetenzen insbesondere im Bereich eingebetteter Systeme ein. Für die Informationsaufnahme wird die Verwendung einer Fotodiodenzeile angestrebt, da sich diese gut für eine perspektivische Integration mit der Signalverarbeitungselektronik

Berechnungsvorschrift zum Auffinden der Marken entwickelt. Dabei wurden die realen Lichtverhältnisse des Aufbaus ebenso wie die Einwirkung äußerer Lichtquellen (Umgebungslicht) berücksichtigt.

Ausblick

Ein Ergebnis des 1. Projektabschnittes ist eine Testpräparation einer Fotodiodenzeile, bestehend aus insgesamt 512 Pixeln. Dabei können verschiedene Konfigurationen hinsichtlich Sensorelementanordnung, Verstärker und Ausleseschaltung getestet werden. Mit einem Versuchsaufbau wird es damit erstmals möglich sein, das reale Abbildungsverhalten des Maßstabes auf das Sensorelement zu erfassen. Durch ein PC-basiertes

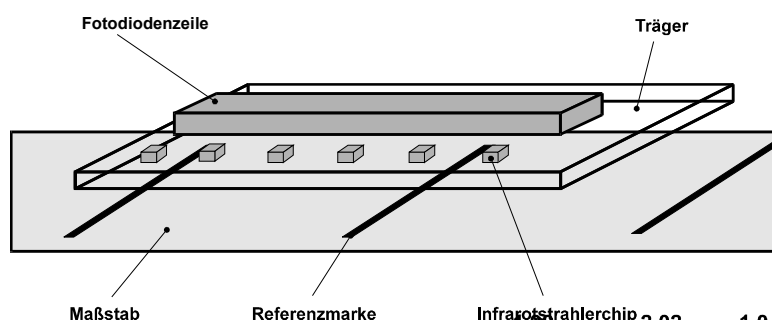


Abb. 1: Meßkopf mit Maßstab

Sensormikrosystem einerseits eine Steigerung der Leistungsparameter und andererseits eine deutliche Kostenreduzierung gewährleisten. Die Sensorstrukturen sind vom Meßsystem ganzheitlich zu optimieren. Es sind neue leistungsfähige und kostengünstige Lösungen für

- Fotosensorik
 - Auflichtbeleuchtung
 - sensornahe elektrische Signalverarbeitung
 - Meßsignalverarbeitung
 - Maßverkörperung
- zu untersuchen.

Alle Funktionseinheiten sollen unter den Gesichtspunkten einer Funktionsmaximierung bei gleichzeitiger Miniaturisierung und mit geringen Kosten multifunktional integrierbar sein. Es wurde auf vorhandene Basistechnologien zurückgegriffen.

Technische Daten:

- Genauigkeit $< 10\mu m$
- angestrebte Auflösung $1-2\mu m$

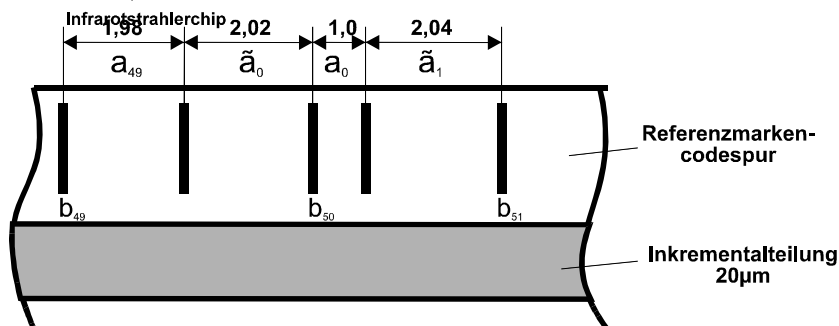


Abb. 2: 2-schrittiger Code

eignet. Für den Systementwurf auf algorithmischer Ebene wurde Matlab gewählt. Dieses Werkzeug erlaubt technische Berechnungen (Matrizen-, Differenzialgleichungen) auf numerischer Basis und stellt zugleich eine Schnittstelle zur Programmiersprache C zur Verfügung.

Da zu Beginn des Projektes noch keine entsprechende hochauflösende Fotodiodenzeile verfügbar war wurde ein Simulationsmodell entwickelt. Besondere Schwierigkeit stellten die Berücksichtigung mehrerer Lichtquellen und die Einstreuung von Umgebungslicht dar. Auf der Basis dieses Modell wurde eine

Prototypen-System wird es möglich sein, die Sensorinformationen der Diodenzeile direkt in Matlab einzulesen und unmittelbar zu verarbeiten. Damit kann der Iterationszyklus während der algorithmischen Entwicklung enorm verkürzt werden.

Die Resultate dieser Messungen sollen im weiteren Projektverlauf in eine Optimierung der Fotodiodenzeile einfließen.

Ansprechpartner:

DI Ralf Oberländer

Tel: +49 (3677) 678358

Email: ralf.oberlaender@imms.de

Entwurf optoelektronischer Systeme

Motivation

Im Jahr 1999 wurde die Entwicklung optoelektronischer Schaltungen fortgesetzt und das Kompetenzgebiet Optoelektronik durch die Bearbeitung von Förder- und Industrieprojekten auf diesem Gebiet weiter ausgebaut. Hervorzuheben ist dabei der Start des Förderprojektes »Hochauflösende - Auflicht - Meßmodule« (HAAM), sowie die Realisierung von sehr schnellen und empfindlichen Transimpedanzverstärkern zum Einsatz in DVD-Pickup-Systemen. Diese ermöglichten eine weitere Intensivierung der Arbeiten auf optoelektronischem Gebiet.

Projekt "HAAM"

Das Projekt verfolgt das Ziel ein Meßmodul zu schaffen, welches in der Lage ist eine absolute Wegmessung zu realisieren. Der Beitrag des IMMS besteht in der Entwicklung des Sensors. Dieser beinhaltet eine Diodenzeile mit den dazugehörigen Verstärkern und Ausleseschaltungen. Zur Realisierung von Kennlinienanpassungen und Auflösungsverbesserung wird im Projektverlauf die Integration eines A/D-Wandlers und eines angepaßten DSP-Cores (Digitaler Signal Prozessor) vorgenommen. Gegenstand der Arbeiten am IMMS sind auch die Entwicklung von Algorithmen zur Verbesserung der Auflösung des Meßmoduls, welche in den DSP implementiert werden. Folgende Aufgaben wurden dazu im Jahre 1999 vom IMMS bearbeitet:

- Entwurf einer Teststruktur zur Erprobung der Realisierungsmöglichkeit einer Diodenzeile.
 - Entwurf der Diodenzeile mit einem Pitch von 20µm und 40µm
 - Entwurf verschiedener Verstärkerschaltungen zur Auswertung des Diodenstromes

- Entwurf der digitalen Ansteuerung zum Auslesen der Sensordaten
- Modellierung des Systems mit Lichtquellen, Sensorarray, Auswerteschaltung
- Untersuchung verschiedener Auswertelgorithmen zur Verbesserung der Auflösung am entworfenen Modell

Nach Auswertung der präparierten Teststruktur ist der Entwurf eines weiteren Sensorschaltkreises vorgesehen, welcher auf den Erfahrungen des ersten aufbaut und den Demonstrator für den Projektabschluss darstellt.

Projekt "DVD-Pickup"

Innerhalb dieses Projektes werden vom IMMS schnelle und empfindliche lineare Transimpedanzverstärker (Strom-Spannungs - Wandler) entwickelt, welche zusammen mit integrierten Photodioden ein Empfängermodul bilden. Dieses wird in modernen CD bzw. DVD Laufwerken zum Empfang des von der Disc reflektierten Laserlichtes benötigt. Aufgrund der steigenden Anforderungen hinsichtlich Geschwindigkeit und Genauigkeit (Speicher-dichte) wachsen auch die Anforderungen an diese Empfängersysteme. Eines der Hauptprobleme bei der Realisierung sehr schneller linearer Transimpedanzverstärker ist die Bestimmung der Stabilitätsmerkmale der entworfenen Schaltung und die genaue Berechnung der benötigten Kompensationsmaßnahmen. Zur Analyse dieser Problematik wurde mit einem mathematischen Tool ein Modell der Schaltung erstellt, um eine genaue Untersuchung vornehmen zu können. Aufbauend auf dieser Analyse konnte der Entwurf der Schaltungen optimiert werden. Besonders wichtig nach jeder Präparation eines Schaltkreises ist der Abgleich zwischen Messung und Simulation, um bei der weiteren Entwicklung auf

zuverlässige Bauelemente- und Systemmodelle zurückgreifen zu können.

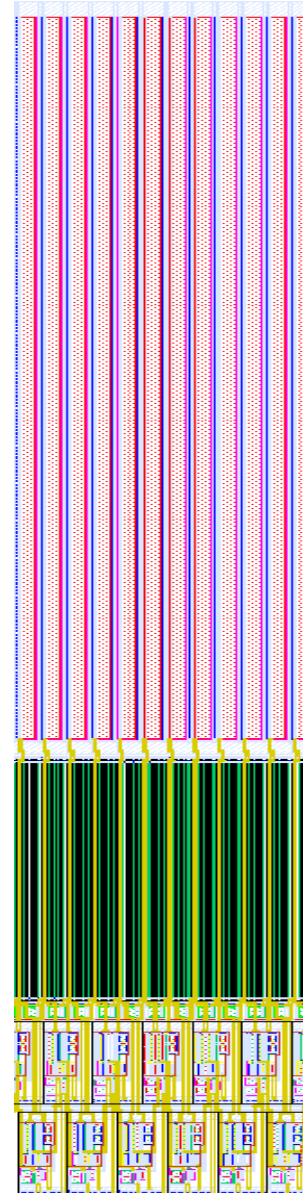


Abb.: Ausschnitt aus der Diodenzeile

Ansprechpartner:
DI Marc Heise
Tel.: +49 (361) 4276692
Email: marc.heise@imms.de

„Geregelte Präzisionsantriebe unter erschwerten Einsatzbedingungen“

Motivation

Die aktuellen Entwicklungen im Bereich moderner Fertigungsanlagen der Mikroelektronik und -systemtechnik wecken den Bedarf an neuartigen hochpräzisen mechatronischen Systemen, die extrem genaue Positionierbewegungen unter erschwerten

Einsatzbedingungen, wie UHV, Weltraum oder extreme Temperaturen, realisieren können. Sie haben ihre Ursache in:

- der zunehmenden Kleinheit der Strukturbreiten, die in der Mikroelektronikindustrie Anwendung finden
- den wachsenden Anforderungen an Reinheit der Fertigungsumgebung zur Verhinderung der Verunreinigung von Masken und Substraten
- der Verhinderung der gegenseitigen Beeinflussung der Prozesse bzw. Prozessschritte, z.B. in der chemischen und pharmazeutischen Industrie
- den wachsenden Anforderungen an die Umweltverträglichkeit der Prozesse bzw. deren sichere Abschirmung gegenüber der Umwelt, wie z.B. beim Ätzen
- der Notwendigkeit der Verlängerung der Lebensdauer von Geräten und Systemen

- unter extremen Bedingungen, wie z.B. in der Raumfahrt
- der Notwendigkeit der Verkleinerung der Antriebssysteme bei gleicher Ausgangsleistung und deren vollständiger Betrieb unter erschwerten Einsatzbedingungen, einschließlich Steuerungs- und Leistungselektronik.

Die geforderten Positioniergenauigkeiten sind mit den bekannten Konstruktionsprinzipien und -werkstoffen des traditionellen Maschinenbaus bzw. der Feinwerktechnik kaum noch erreichbar. Die Gründe dafür liegen zum einen in dem prozeßspezifischen konstruktiven Aufbau der Komponenten und Systeme der herkömmlichen Antriebe, der eingesetzten Sensoren und der Steuerungen. Zum anderen wirken sich die Eigenschaften der Werkstoffe bzw. Werkstoffpaarungen, z.B. in Lagerungen und Führungen, die bisher eingesetzt wurden, in dieser Genauigkeitsklasse und unter den Einsatzbedingungen negativ aus.

Projektgegenstand

Im Forschungsverbundprojekt werden kompakte und verschleißarme mechatronische Präzisionsantriebe entwickelt, die sowohl die mechanischen Komponenten als auch die Weg-

bzw. Lagesensoren, die Lage-regler, die Leistungssteller, die Regelalgorithmen, die Software usw. enthalten. Die Antriebe sollen eine hohe Genauigkeit bzw. Reproduzierbarkeit erreichen und gleichzeitig unter erschwerten Umweltbedingungen einsetzbar sein.

Anhand von Versuchsaufbauten und Demonstratoren soll nachgewiesen werden, daß es aufgrund moderner Werkstoffe und Werkstoffkombinationen, z.B. neuartiger Schichtsysteme für Lagerungen bzw. Führungen, möglich ist, hochpräzise mechatronische Systeme unter erschwerten Umgebungsbedingungen einzusetzen (Abb. 1). Die angestrebten Positioniergenauigkeiten liegen dabei im Bereich von unter 10 nm bzw. hundertstel Bogensekunden.

Forschungspartner im Verbundprojekt sind:

- IMMS gGmbH Ilmenau (Koordinator; Konzipierung, konstruktive Entwicklung, und Erprobung, Simulation kritischer Einzelteile und Baugruppen)
- TETRA GmbH Ilmenau (Entwicklung der Sensorik und der Steuerungen einschließlich Regelalgorithmen und Software)
- PI Ceramic GmbH Lederhose (Weiterentwicklung der rotatorischen und

translatorischen

Antriebsselemente für den Einsatz im UHV)

- Jenoptik Mikrotechnik GmbH Jena (Test der Komponenten und Systeme)

- TU Ilmenau, Institut für Physik (Untersuchung von Werkstoffen und Werkstoffpaarungen, Einzelteilen und Baugruppen unter verschiedenen Einsatzbedingungen).

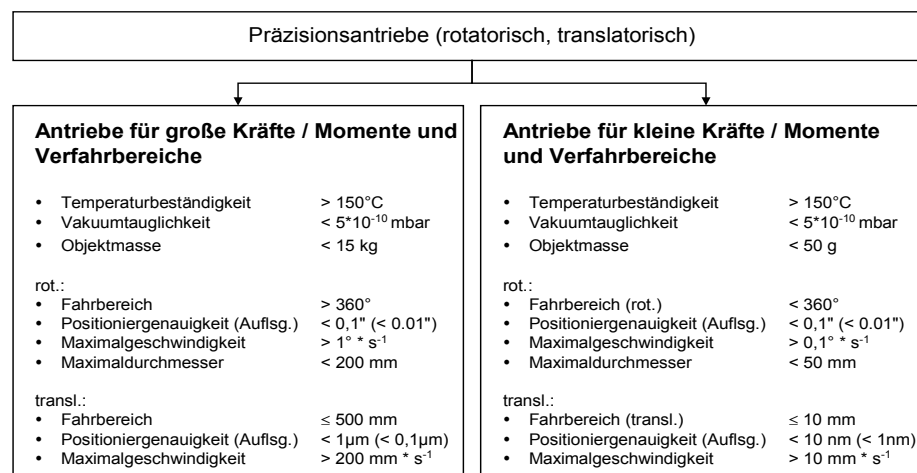


Abb 1: Zwei Hauptentwicklungsrichtungen für Antriebskomponenten und -systeme

Im Projekt werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Entwicklung und Bau spezieller Meß- und Analysensysteme für die Durchführung der werkstofftechnischen Untersuchungen (z.B. Tribometer), Durchführung der Untersuchungen, Ableitung von Erkenntnissen für den Entwurf der mechatronischen Antriebskomponenten und -systeme
- Entwicklung bzw. Weiterentwicklung, Aufbau und Test rotatorischer bzw. translatorischer Antriebs-elemente sowie weiterer Komponenten für die Demonstratoren der Präzisionsantriebe für deren Nutzung unter erschwerten Einsatzbedingungen
- Entwicklung bzw. Weiterentwicklung, Aufbau und Test anwendungsspezifischer Sensorik bzw. Meßtechnik, Steuerungstechnik, von Lagereglern und Leistungsstufen für die Präzisionsantriebe.

Die umfangreichen werkstofftechnischen Untersuchungen werden am Institut für Physik der TU Ilmenau durchgeführt. Sie beinhalten u.a. die Ermittlung des Desorptionsverhaltens und der tribologischen Eigenschaften der Werkstoffe und Schichten unter definierten Einsatzbedingungen. Aus den tribologischen Untersuchungen werden Erkenntnisse für den späteren Einsatzfall, z.B. in Gleit- bzw. Wälzlager- bzw. -führungen, abgeleitet. Für die Realisierung der tribologischen Untersuchungen sind Tribometer notwendig, die sich für den Einsatz unter den geforderten Umweltbedingungen eignen. Handelsübliche Tribometer arbeiten in anderen Kraftbereichen (Normalkraft) und eignen sich nicht für die vorgesehenen Untersuchungen in einer UHV - Kammer. Es

wurden verschiedene Varianten von Tribometern, z.B. für einen Normalkraftbereich F_N von 1N bis 5 N, konzipiert und gebaut, siehe auch Abb. 2 bis Abb. 4. Mit Entwicklung und Bau der Tribometer sind mehrere Vorteile verbunden:

- sie ermöglichen die Fortsetzung der Untersuchungen zu den Werkstoffen und Werkstoffpaarungen in Normalatmosphäre, im HV, UHV oder anderen extremen Umweltbedingungen
- die bereits mit positivem Ergebnis untersuchten Werkstoffe (z.B. die Isolation der für die Motorwicklung verwendeten Drähte) und Werkstoffpaarungen (z.B. für Gleit- und Wälzlager) kommen direkt im Tribometer zum Einsatz; sie unterliegen hier einem Dauertest unter Realbedingungen
- die beim Tribometerbau gewonnenen Ergebnisse sind auf andere Anwendungsgebiete und Produktfelder des konventionellen Maschinenbaus, der Feinwerktechnik bzw. Mechatronik und Mikrotechniken übertragbar.

Projektaufgaben

Schwerpunkt der Arbeiten der IMMS gGmbH sind:

- die Konzipierung, konstruktive Entwicklung, Fertigung und Erprobung kompakter, UHV - tauglicher Präzisionsantriebe einschließlich der Simulation kritischer Einzelteile und Baugruppen
- die Mitarbeit bei der Weiterentwicklung der piezoelektrischen Antriebselemente für hochauflösende rotatorische und translatorische Positionierbewegungen

- die Mitarbeit bei Entwurf, Aufbau und Erprobung von Funktionsmustern für UHV - taugliche elektromagnetische Antriebselemente
- die Mitarbeit beim Aufbau von Meßanordnungen zur Ermittlung der technischen Parameter der Antriebskomponenten und Antriebe unter realen Einsatzbedingungen
- die Mitarbeit bei der Untersuchung der Eignung der Komponenten für die spezifischen Anwendungsfälle (Tauglichkeit, Desorption, tribologische Eigenschaften, Oberflächenqualität von Funktionsflächen)

Die in den Antrieben zum Einsatz kommenden Werkstoffe und Werkstoffpaarungen werden auf der Grundlage entsprechender Materialproben und Funktionsmuster von Einzelteilen und Baugruppen untersucht.



Abb. 2: Versuchsanordnung - Mikrotribometer für Probekörperpaarungen Kugel / Fläche



Abb. 3: Versuchsanordnung - Mikrotribometer für Probekörperpaarungen Fläche / Fläche

Neben Entwurf, Aufbau, Erprobung und Optimierung aller Komponenten für die Funktionsmuster bzw. Demonstratoren werden FEM - Simulationen des statischen, dynamischen und thermischen Verhaltens kritischer Einzelteile und Baugruppen, ggf. ganzer Antriebe, durchgeführt.

Ergebnisse

Ausgehend von den Untersuchungen des Vorprojektes und einer Analyse kommerziell verfügbarer Antriebselemente begann die Weiterentwicklung eines herkömmlichen Elektromotors für den Einsatz im Ultrahochvakuum (UHV). Dazu wurden verschiedene Werkstoffe und Werkstoffpaarungen auf ihre tribologischen Eigenschaften in Normalatmosphäre, auf Reibungs- und Verschleißigenschaften und insbesondere auf das Desorptionsverhalten untersucht, um detaillierte Aussagen über ihre Eignung für verschiedene Umgebungsbedingungen zu erhalten. Hierbei wird zunächst ein handelsübliches Tribometer der Fa. CSEM SA nach dem Prinzip „pin on disk“ eingesetzt. Für die Durchführung weiterer tribologischer Untersuchungen, die sowohl in Normalatmosphäre und unter Schutzgas als auch im Hoch- und Ultrahochvakuum realisiert werden sollen, entstanden unterschiedliche Varianten von Mikrotribometern. Die Probekörper der Paarung Kugel / Fläche, (s. Abb. 2), werden oszillatorisch relativ zueinander bewegt. Bei der in Abb. 3 gezeigten Variante können auch Probekörperpaarungen Fläche / Fläche getestet werden. Dazu wird die untere Probe durch Kippung um die x- und die y-Achse der Raumlage der oberen Probe angepaßt. Mit diesem Tribometer wird ein Normalkraftauflösung von 40 μN , eine Tangentialkraftauflösung

von 1 μN und ein Tangentialkraftbereich von 1 μN bis 25 mN erreicht. Als Antriebselemente werden Tauchspulantriebe verwendet. Die Erfassung aller notwendigen physikalischen Größen erfolgt mittels faseroptischer Sensortechnik (siehe [1]). Erste Ergebnisse von Untersuchungen mit diesen Tribometern wurden veröffentlicht (siehe [2]). Für die Untersuchung der tribologischen Eigenschaften unter Vakuumbedingungen entstanden Konzepte für unterschiedliche Vakuumtribometer. In Abb. 5 erfolgte die Darstellung des Funktionsprinzips des Vakuumoszillationsreibungstesters aus Abb. 4, dessen Antriebe sich außerhalb der UHV - Kammer befinden, um eine Beeinflussung der Meßergebnisse durch stick slip in den Lagerungen und Führungen auszuschließen. Der Tester befindet sich in Erprobung und ist bei einer Relativbewegung der Proben vom $\pm 3\text{mm}$ für einen Normalkraftbereich von 0 N bis 5 N mit einer Tangentialkraftauflösung von 2 mN und einer Oszillationsfrequenz von 1 mHz bis 10 Hz ausgelegt. Mit ihm werden die Eigenschaften von Kugel / Fläche - Werkstoffpaarungen im Vakuum / HV / UHV untersucht, um weitere Informationen über die physikalischen Hintergründe der Reibungsvorgänge und des Verschleißverhaltens unter diesen Bedingungen zu erhalten. Die Untersuchungsergebnisse sind damit Voraussetzung für die Gestaltung insbesondere der Lagerungen und Führungen der Präzisionsantriebe, die, wie oben beschrieben, vollständig in UHV - Anlagen integriert werden sollen. Da mit dem oszillatorischen Tribotest nicht alle Eigenschaften

der Werkstoffpaarungen vollständig erfaßt werden können, wurde es notwendig, einen weiteren UHV - tauglichen Tester zu entwickeln. Dieser Tester beruht auf dem Prinzip „pin on disk“ und ermöglicht eine kontinuierliche Testbewegung

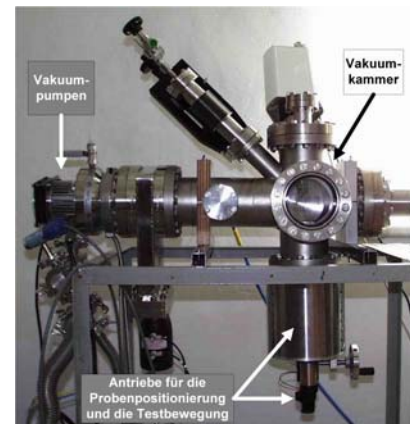


Abb. 4: Vakuum - Oszillations - Reibungstester

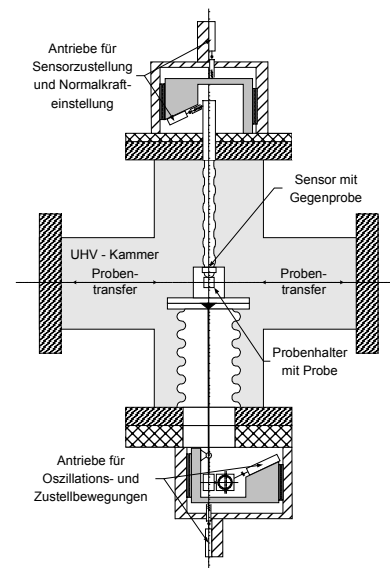


Abb. 5: Prinzipieller Aufbau Vakuumoszillationsreibungstesters

zwischen einer Probenkugel, einem Probenstift bzw. einer kleinen Probenfläche relativ zu einer sich mit definierter Geschwindigkeit drehenden Scheibe. Der für diesen Tester notwendige Synchronmotor einschließlich Resolver befindet sich in der Endphase der Entwicklung.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Frank Spiller
Tel.: +49 (3677) 678326
Email: frank.spiller@imms.de

Literatur- bzw. Quellenhinweise

- [1] Mollenhauer, O.: "PC - gesteuerte Sensor - Aktor - Systeme für die automatisierte Labormeißtechnik am Beispiel einer Einrichtung zur Untersuchung von Reibungsverhältnissen im Mikronewton - Bereich"
- [2] Scherge, M.; Schaefer, J.A., Mollenhauer, O.: "The Role of Water on the Micro- Tribology of MEMS, Proceedings of MICRO SYSTEM"

"Fabrikation von Mikro - Elektro - Mechanischen Systemen" (MEMS - Fab)

Motivation

Die Mikrosystemtechnik wird als eine der Zukunftstechnologien des 21. Jahrhunderts angesehen, alle Marktstudien sagen hohe Wachstumsraten voraus. Voraussetzung für diese Entwicklung und den Durchbruch der Mikrosystemtechnik sind standardisierte Produktionsverfahren für die Massenfertigung [1]. In vielen Bereichen, vor allem in der „Nicht - Silizium - Welt“ der Mikrosystemtechnik, sind heute noch viele Prozessschritte, z.B. die Aufbau und Verbindungstechnik, von Handarbeit gekennzeichnet [2]. Außerdem haben gegenwärtig viele der Produktionsverfahren für Mikrobauteile aus Kunststoff, Metall, Glas und Keramik noch Laborcharakter [3]. Die mit diesen Verfahren hergestellten Komponenten sind folglich auch nur in kleinen Stückzahlen fertigbar. Weltweit entwickelt sich zunehmend bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) der Bedarf, die in F&E, oft in Kooperation mit Universitäten und Hochschulen, entwickelten Produkte mit hoher Fertigungseffizienz schnell wirtschaftlich herzustellen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Stückzahlen (z.B. Kleinserien) und der Vielzahl der durch die KMUs zu lösenden Anwenderprobleme müssen die Prozessketten flexibel und damit modular gestaltet werden, so daß ein schnelles Reagieren auf den wechselnden Bedarf, z.B. den Austausch einzelner Prozessschritte oder das Einfügen zusätzlicher Prüfprozesse, möglich ist. Mit derartigen Kleinfertigungsanlagen [4] werden teure Reinräume durch Vakuumrezipienten oder Inertgasräume abgelöst. Sie erlauben eine flexible Verkettung der erprobten

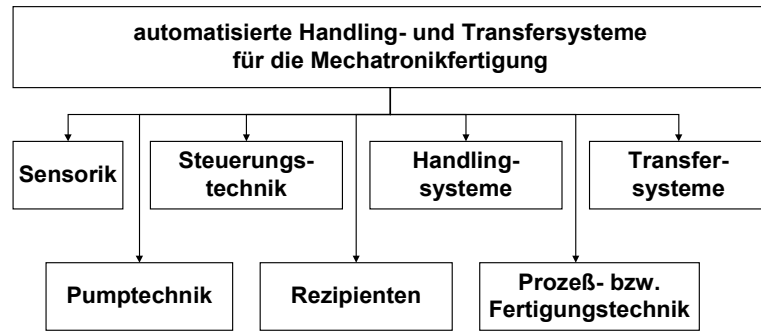


Abb. 1: Prozesselemente

Vorbereitungs-, Fertigungs- und Nachbereitungsprozesse, die lediglich an die zu erwartenden Stückzahlen und die räumlichen Gegebenheiten angepaßt werden müssen. Dazu ist es notwendig, die Einzelprozesse, ihre Einbindung in komplette wirtschaftliche Produktionsabläufe mit entsprechenden Qualitätssicherungsmaßnahmen zu vereinheitlichen und durch integrierte und wirtschaftliche Vereinzelungstechniken und Mikrohandhabung zu ergänzen, wobei die nationalen und internationalen Standardisierungsbemühungen berücksichtigt werden müssen. Die modularisierten Prozessschritte der Fertigung, Montage, Qualitätssicherung usw. ermöglichen eine den wechselnden Bedürfnissen der KMU problemlos umstrukturierbare bzw. erweiterbare Kleinfertigungsanlagen, wobei die Einzelprozessschritte bzw. mehrere zusammengehörige Prozessschritte jeweils in separaten Prozeßkammern untergebracht und entsprechend den geforderten Umweltbedingungen evakuiert (Vakuum, HV, UHV) bzw. geflutet (Schutzgas) werden können, siehe Abb. 2. Die Verkopplung der Prozeßkammern erfolgt über einheitliche Koppelstellen, die einerseits die Verbindung der Prozessschritte einschließlich

der notwendigen Transfersysteme realisieren, andererseits aber auch eine Trennung der Einzelprozesse ermöglichen und damit die gegenseitige Beeinflussung unterbinden.

Projektgegenstand

Ziel der Projektpartner¹ ist die Entwicklung eines modularen und von äußeren Randbedingungen unabhängigen Systems für die Fertigung von mechatronischen Produkten mit kleinen Abmessungen in kleinen und mittleren Stückzahlen, das alle für die Einzelprozesse notwendigen Komponenten enthält, Abb. 1. Im Vordergrund stehen dabei die Verkettung der einzelnen Prozessschritte, die sich jeweils in abgeschlossenen, aber miteinander verbundenen, Prozeßkammern befinden, einschließlich Transfer- und Handling der Werkstücke / Proben, Prozeßmeßtechnik, Systeme zur Qualitätssicherung, Rezipiententechnologie und Evakuierungstechnik.

¹ TETRA GmbH; ILMVAC GmbH; Labor- und Meßgeräte Stützerbach GmbH; IMMS gGmbH; TU Ilmenau (Fak. für Maschinenbau, Institut Mikrosystemtechnik, Mechatronik und Mechanik, Institut Maschinenelemente und Konstruktion, Institut Werkstofftechnik; Fak. für Mathematik und Naturwissenschaften, Institut Physik)

Das Fertigungssystem ist modular aufgebaut und ermöglichen das Zusammenstellen von vollständigen Fertigungslinien, mit denen eine Produktion in kleinen und mittleren Stückzahlen unabhängig von äußeren Randbedingungen realisierbar ist und für die Anwender nur minimierte Investitionsaufwendungen bedeuten. Hierzu wird im Projekt ein Demonstrator entwickelt, der die Herstellung von Sensor- und Aktorkomponenten ermöglicht, die unter Verwendung fotostrukturierbarer Gläser gefertigt werden. Dazu sind die Prozessschritte „Einschleusen und Reinigen“, „Belichten und Tempern“, „Ätzen und Reinigen“ sowie „Metallisieren / Aufdampfen“ notwendig. Die jeweiligen Herstellung- u.a. Prozessschritte werden von bekannten Technologien und Verfahren übernommen. Folgende Schwerpunkte werden bearbeitet:

- Zusammenstellung bzw. Auswahl handelsüblicher prozeßspezifischer Kleinfertigungsanlagen, z.B. Beschichtungsapparaturen; ggf. Anpassen bzw. Auftrennen in einzelne Anlagen / Apparaturen je Prozessschritt (Funktionentrennung)
- Kauf und Weiterentwicklung / Anpassung handelsüblicher bzw. Konzipierung, Entwurf und Bau geeigneter Rezipienten-, Schleusen- und Pumpentechnik
- Anpassung der prozeßnahen Analytikhard- und Software zur Parameterbestimmung der Werkstücke / Proben vor und nach den einzelnen Prozessschritten
- Realisierung der flexiblen Kopplung durch die Entwicklung universeller Koppelstellen

- Konzipierung, Entwurf und Bau von Positionier- bzw. Transfersystemen, die eine Übergabe der Werkstücke / Proben zwischen den einzelnen Prozessschritten ermöglichen
- Konzipierung, Entwurf und Bau universeller Transfer- und Handlingsysteme einschließlich der dafür notwendigen Magazin- und Feinpositioniersysteme
- Konzipierung, Entwurf, Bau bzw. ggf. Zukauf geeigneter Sensorik, Meß- und Steuerungstechnik für die Prozeßsteuerung

Entsprechend des Produktspektrums und Know - Hows der Verbundpartner werden diese Schwerpunkte arbeitsteilig bearbeitet, wobei die Ergebnisse der verschiedenen bereits laufenden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben einfließen. Das IMMS befaßt sich mit den folgenden Arbeiten:

- konstruktiver Gesamtentwurf der Demonstratoranlage
- Entwicklung, Aufbau und Test der notwendigen Antriebstechnik für das Proben- / Werkstückhandling, für die Greiftechnik und für die Magazinierungssysteme
- Entwurf der für die Verkopplung der Prozesskammern notwendigen Transfersysteme einschließlich der darin enthaltenen Antriebstechnik

Ergebnisse

Zu Beginn der Projektbearbeitung erfolgte eine Überarbeitung der Projektziele und -inhalte. Dies war Voraussetzung für die detaillierte Aufbereitung des Glasstrukturierungsprozesses, der derart erfolgte, daß er als Beispiel in die Module des im Projekt zu entwickelnden Demonstrators integriert

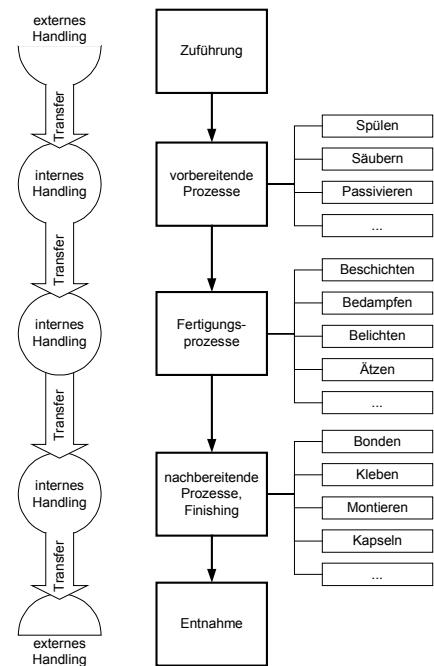


Abb. 2: Beispiel einer Kleinfertigungsanlage

werden kann. Im Ergebnis dessen konnten für die Prozessschritte „Einschleusen und Reinigen“, „Belichten“, „Tempern“ sowie „Ätzen und Reinigen“ die Prozeß- und Übergabeparameter festgelegt werden. Die Realisierung erfolgt derzeit durch einen jeweils dafür verantwortlichen Industriepartner. Weiterhin wurden Literatur- und Patentrecherchen und umfangreiche Prinzipuntersuchungen für die konstruktive Entwicklung der Proben- bzw. Werkstückhandlingsysteme im Rezipienten, der Kopplungssysteme unterschiedlicher Prozeßmodule, der Transfersysteme zwischen den Rezipienten sowie die Montage der hergestellten Komponenten unter determinierten Umgebungsbedingungen, der Greiftechnik, der intelligenten Teilezuführ- und Indexierungstechnik sowie der Magazinierungstechnik durchgeführt.

Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Frank Spiller
Tel.: +49 (3677) 678326
Email: frank.spiller@imms.de

Literaturangaben

- [3] Westkämper, E. u.a.: „Industrialisierung der Fertigungstechnik für Mikrosysteme“; Proc. MicroEngineering; 1997
- [4] Behringer, U.: Technikum für die Fertigung von Mikrosystemen - Bindeglied zwischen Entwicklung und Produktion. 2. / 3.04.98 Karlsruhe
- [5] Schünemann, M.; Grosser, V.; Leutenbauer, R.; Bauer, G.; Schäfer, W.; Reichl, H.: A highly flexible design and production framework for modularized microelectromechanical systems. MEMS 98 Proc.
- [6] Gegenbach, U.; Engelhardt, F., Scharnowell, R.: The Desktop Factory - the next Step to automatic Assembly of Microparts. Symposium on Handling and Assembly of Microparts, proceedings, 28 / 29.11.97, Vienna

Modell-basierter Software-Entwurf für Kfz-Steuergeräte

In den vergangenen Jahren hat sich mit der Kfz-Elektronik ein Themenschwerpunkt am IMMS herauskristallisiert, welcher durch seinen Querschnittscharakter dazu geeignet ist, Entwicklungsergebnisse der beteiligten Disziplinen zusammenzuführen und ein breites Anwendungsfeld für neue Technologien zu bieten. Bei den bisher durchgeführten F&E-Arbeiten standen vor allem Software-intensive Kfz-Steuergeräte im Mittelpunkt des Interesses, wobei neben technischen Entwicklungsaspekten vor allem auch der Engineering Workflow zwischen und innerhalb von Herstellern und Zulieferern der Automobilindustrie untersucht wurden.

Kfz-Elektronik ist mittlerweile zu einem wettbewerbsentscheidenden Faktor geworden, da sie die Basis für viele innovative Fahrzeugfunktionen darstellt. Jedoch stellt die schnelle, kostengünstige und qualitätsgerechte Entwicklung von Kfz-Steuergeräten zunehmend ein Problem sowohl für die Zulieferer als auch für die Hersteller dar. Der stetig steigende Software-Anteil konfrontiert die Entwickler mit allen jenen Problemen, welche sich aus der Entwicklung komplexer Software-Systeme ergeben.

Der Entwurf komplexer Systeme erfordert eine systematische Vorgehensweise, basierend auf einer soliden mathematischen Grundlage. Im Bereich komplexer eingebetteter Systeme stoßen die bisher verbreiteten Methoden dabei an ihre Grenzen.

Einen Ausweg bieten sogenannte formale Methoden, worunter die Anwendung mathematischer Modellierungs- und Analysetechniken im Kontext von Computer-basierten Systemen zu verstehen ist. Die Basis dieser Methoden bilden mathematische

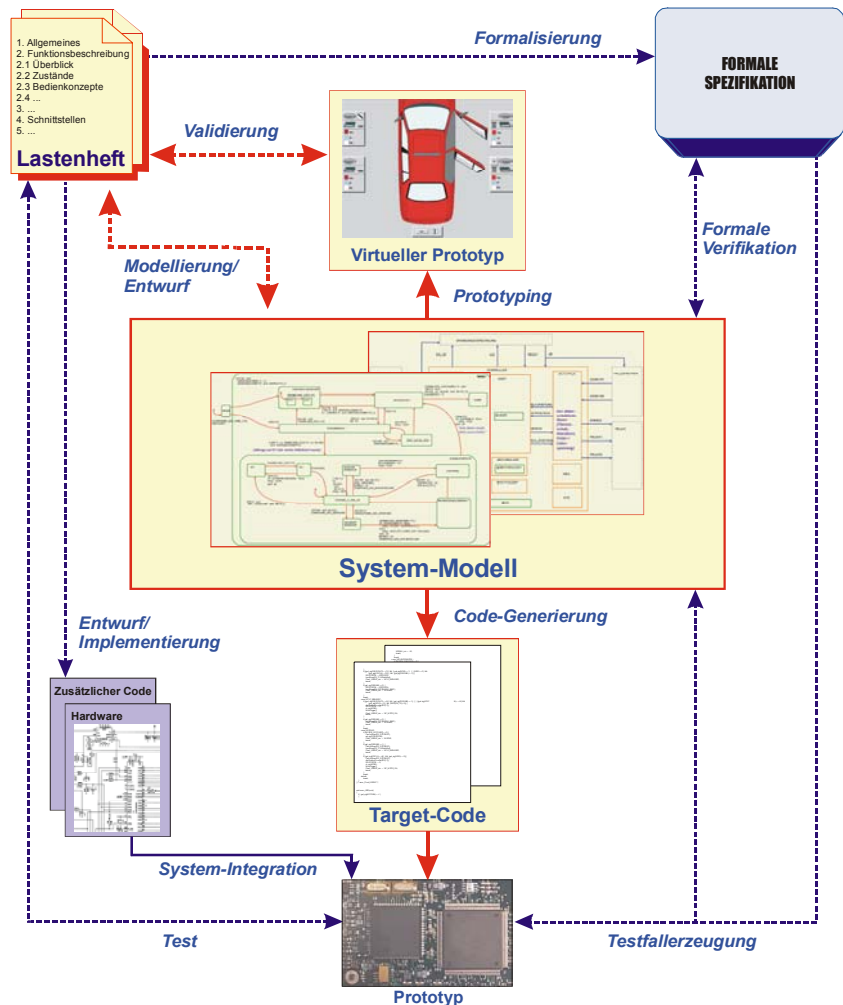


Abb. 1: Aktivitäten und Dokumente beim Modell-basierten Entwurf

Modelle, welche den Zugang zu einer Vielzahl von leistungsfähigen werkzeuggestützten Analyse- und Synthesetechniken ermöglichen.

Im Zentrum eines Modell-basierten Entwurfsablaufes steht das System - Modell (Abb. 1). Die Modellierung des Systems erfolgt unter Verwendung konkreter Notationen, wobei für verschiedene Systemaspekte bzw. Sichten auf das System mehrere Notationen zum Einsatz kommen können. Bei Steuergeräten aus dem Karosserie- und Komfortbereich, welche sich durch ein hauptsächlich zustandsorientiertes Verhalten auszeichnen, können beispielsweise Statecharts (erweiterte Zustandsdiagramme) für das Systemverhalten und Activitycharts (Datenflußdiagramme) für die

Systemfunktionalität verwendet werden.

Die nach außen sicht- bzw. erlebbare Steuerungsfunktionalität wird innerhalb des Steuergerätes hauptsächlich durch sog. User-Module (auch High-Level-Komponenten genannt) realisiert. Diese weisen einen hohen Komplexitätsgrad auf und sind zentraler Bestandteil des System-Modells. Daneben besteht die Steuergerätesoftware aus Komponenten, welche häufig bereits vorgefertigt sind bzw. mit geringen Modifikationen wiederverwendet werden (z.B. Sensorauswertung, Motoransteuerung, Businterfaces usw.). Als Teile der gesamten Steuerung müssen diese ebenfalls modelliert bzw. ihr Verhalten in geeigneter Weise

nachgebildet werden. Schließlich muß ein realistisches Umgebungsmodell erstellt werden, da sich das Gesamtverhalten immer aus dem Zusammenspiel von Steuergerät und seiner Umgebung ergibt.

Das erstellte System-Modell ist das zentrale Entwurfsdokument und bildet den Ausgangspunkt für die weiteren Entwurfsaktivitäten. Unmittelbare Vorteile ergeben sich beispielsweise aus dem Einsatz ein und desselben System-Modells sowohl zur Erzeugung virtueller Prototypen als auch von direkt im Produkt verwendbarem Target-Code.

Virtuelle Prototypen können in einem frühen Entwurfsstadium eingesetzt werden, um die Erfassung und Analyse der Anforderungen und die Systemvalidierung zu unterstützen. Die Validierung dient der Bestätigung des Systemkonzepts und dem Vergleich zwischen realisierter Funktionalität und den Kundenanforderungen. Dieser Analyseprozeß verbessert gleichzeitig das Systemverständnis beim Kunden und bei den Entwicklern. Fehlerhafte bzw. fehlende Funktionalität resultiert in Modifikationen des System-Modells und/oder des Lastenheftes.

Die automatische Target-Code-Generierung schließt sich an eine Folge von Verfeinerungsschritten an, welche das Hinzufügen von Implementierungsdetails beinhalten können. Die Güte existierender Code-Generatoren ist für manche Anwendungsfälle bereits ausreichend, jedoch sind gerade an

dieser Stelle in naher Zukunft große Fortschritte zu erwarten. Neben Größe und Laufzeitverhalten des generierten Codes werden vor allem die Code-Integration in OSEK-konforme Betriebssysteme und die

Lear Automotive Electronics GmbH für die Entwicklung elektrischer Schiebebedächer eingesetzt (Abb. 2).

Zur Umsetzung der Modell-basierten

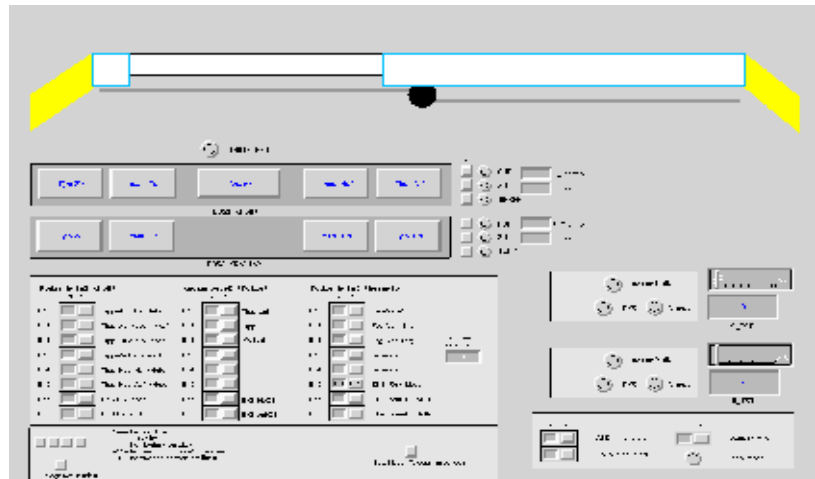


Abb. 2: Virtueller Prototyp eines Schiebebedaches

Abstimmung auf verschiedene Entwicklungsumgebungen eine besondere Rolle spielen. Die bis hierher vorgestellte Vorgehensweise konnte bereits im Rahmen zahlreicher F&E-Projekte mit Kfz-Herstellern und -Zulieferern erfolgreich umgesetzt werden. So wurde der Modell-basierte Entwurf z.B. erfolgreich bei unserem Partner

Methodik kam das Werkzeug STATEMATE zum Einsatz, welches einen Großteil der oben genannten Aktivitäten unterstützt. Das damit entworfene User-Modul macht bis zu 60% des gesamten Softwareumfangs aus. Zur Realisierung eines vollständigen Entwurfsablaufes bis hin zum Target-Code war es notwendig, eigene Tools bzw. Scripts

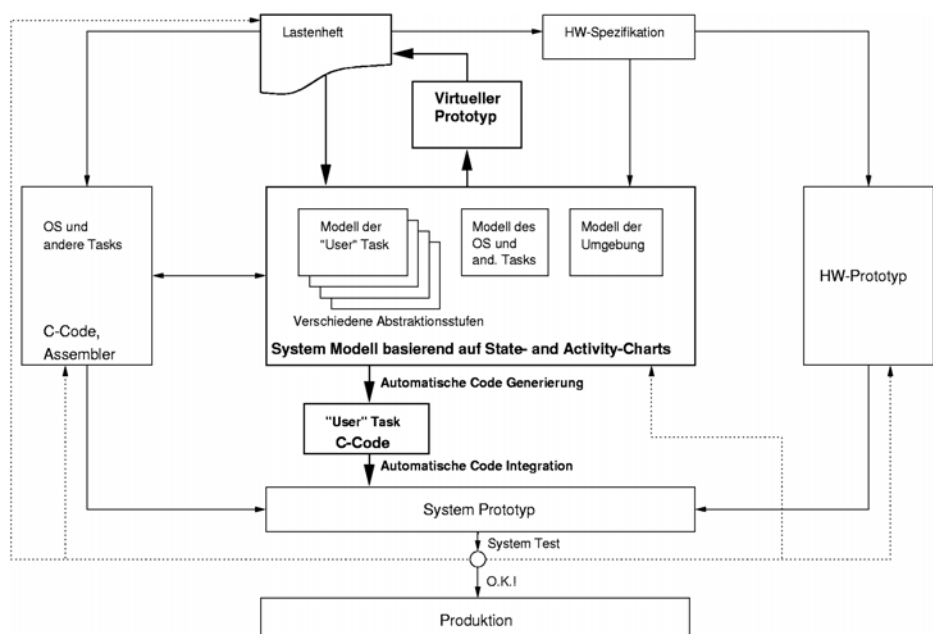


Abb. 3: Entwicklung der Steuersoftware für Schiebebedächer

zu implementieren, wel-

che den automatisch generierten Code optimieren und an die Zielumgebung anpassen. Dabei wurden Erkenntnisse gewonnen, in welcher Form die Modellierungsphase Einfluß auf den erzeugten Code ausübt (Abb. 3).

Eine Modell-basierte Vorgehensweise eröffnet noch wesentlich weitergehende Möglichkeiten. Überführt man die

Qualitätsanforderungen im Automobilbereich von besonderem Interesse ist.

Wo liegen die Probleme beim Modell-basierten Entwurf?

Der Schritt in Richtung formaler Methoden scheint vielen Entwicklern schwer zu fallen. Ursache sind dabei häufig Defizite der bisher existierenden Werkzeuge. Die Herausforderung

Etablierung der vorgestellten Methodik bei typischen Vertretern der Automobil- und Zulieferindustrie ist vor allem die Anpassung des Entwicklungsprozesses an individuelle Erfordernisse der Industrie zu nennen. Gerade der Schnittstelle zwischen Herstellern und Zulieferern ist in dieser Hinsicht besondere Bedeutung beizumessen, da an dieser Stelle unterschiedliche Prozesse aufeinandertreffen und ein erhebliches

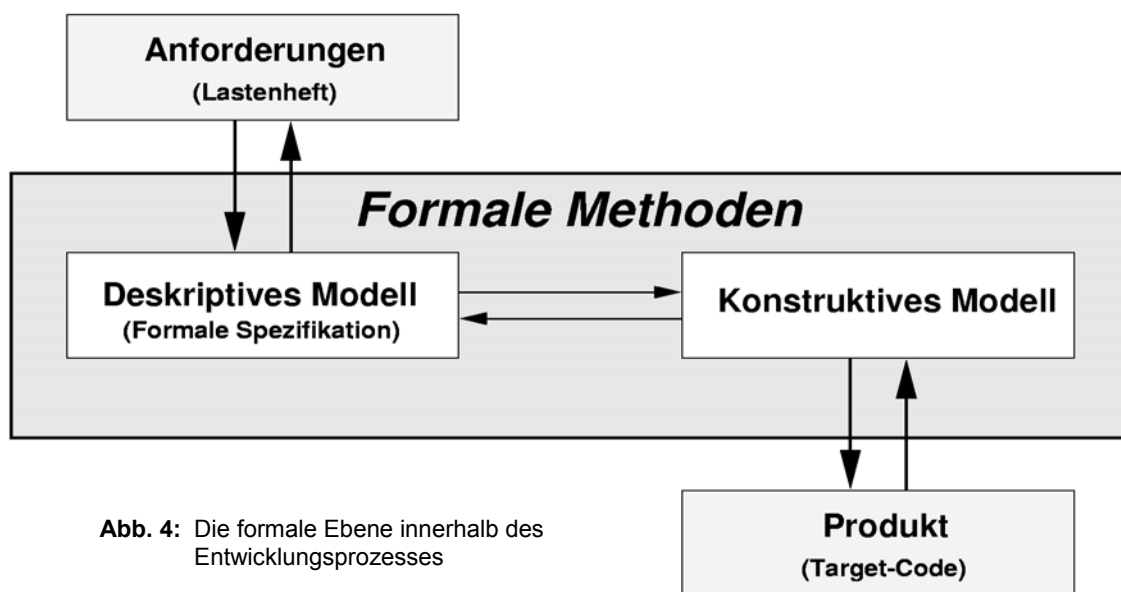


Abb. 4: Die formale Ebene innerhalb des Entwicklungsprozesses

informal vorliegenden funktionalen Systemanforderungen in eine formale Anforderungsspezifikation, kann man daraus mehrfachen Nutzen ziehen (Abb. 4). Man kann einerseits diese formale Spezifikation bereits in frühen Entwicklungsphasen zur werkzeuggestützten Aufdeckung von Widersprüchen, Inkonsistenzen u.ä. nutzen. Andererseits ist die Möglichkeit der formalen Verifikation des Entwurfs interessant. Mittels automatisierbarer Verfahren läßt sich dabei ermitteln, ob das System-Modell der formalen Anforderungsspezifikation genügt.

Im Unterschied zur Simulation handelt es sich dabei um einen echten Nachweis, was gerade im Hinblick auf die hohen

besteht in der Integration akzeptierter und bewährter Verfahren mit den neuen Methoden innerhalb eines durchgängigen, auf die neuen Anforderungen abgestimmten Entwicklungsprozesses. Speziell die Verlagerung von Programmierfähigkeiten auf implementierungsnaher Ebene hin zu Modellierungs- und Analysetätigkeiten auf der System-Ebene wird für viele Beteiligte einen aufwendigen Lernprozeß bedeuten. Die Entwicklung wettbewerbsfähiger Kfz-Steuergeräte der Zukunft erfordert jedoch genau diesen Schritt.

Daraus ergeben sich direkt die Zielstellungen für weitere Arbeiten zu dieser Thematik. Neben der inhaltlichen Weiterentwicklung und

Optimierungspotential besteht.

Ansprechpartner:

DI Wolfram Kattaneck

Tel.: +49 (3677) 678355

Email:

wolfram.kattaneck@imms.de

Motivation

Die gegenwärtige technische Entwicklung ist von immer komplexeren Systemen geprägt, die stetig höher werdende Anforderungen an die systeminterne Datenübertragung und die Kommunikation mit anderen technischen Systemen stellen. Der Trend geht zu immer höheren Datenübertragungsraten, immer größeren Kommunikationsnetzen, neuen Übertragungsmedien und -protokollen.

Der IEEE 1394, auch FireWire® oder iLink®, ist ein serieller Bus für die Übertragung breitbandiger Signale, der mit Eigenschaften wie

- einer Datenübertragungsrate von 400Mbit/s (IEEE 1394a) bzw. 800Mbit/s (IEEE 1394b),
- zwei

voll und ganz in diesem Trend liegt und aus heutiger Sicht eine ideale Lösung für multimediale Anwendungen und bildverarbeitende Systeme darstellt.

Vor allem im Home-PC-Bereich und in der Unterhaltungselektronik (Audio-/Videotechnik) hat der IEEE 1394-Bus in den letzten zwei Jahren eine enorme Verbreitung gefunden. 1999 waren bereits 10% aller weltweit verkauften PCs mit einer IEEE 1394-Schnittstelle ausgerüstet. Ebenfalls 1999 kamen 7 Mio. digitale Kameras mit IEEE 1394-Schnittstelle auf den Markt. Marktanalysten rechnen in diesem Bereich mit exponentiellem Wachstum. Bereits 2001 sollen 70% aller PCs mit einem IEEE 1394-Interface ausgerüstet sein. SONY hat für das Jahr 2000 angekündigt, ca. 35 Mio. Playstation II mit diesem Interface zu verkaufen.

Anwendungsbeispiel sind Industrieroboter mit mehreren Einheiten zur Bilddatenerfassung. Der Standard 1394a mit einer maximalen Kabellänge von 4,5m wird solche Anwendungen vorerst auf das Labor beschränken. Aber bereits die Erweiterung im Standard 1394b wird die Anwendungsmöglichkeiten wesentlich erweitern².

Infolge der steigenden Nachfrage nach IEEE 1394-Lösungen baut das IMMS seit ca. einem Jahr verstärkt Kompetenzen für die Entwicklung und Verifikation von IEEE 1394-Applikationen auf.

IEEE 1394 Link Layer

Wie die meisten Kommunikationsprotokolle läßt sich auch IEEE 1394 mit einem Schichtenmodell beschreiben. Das IEEE 1394-Modell besteht aus drei Schichten, dem Physical

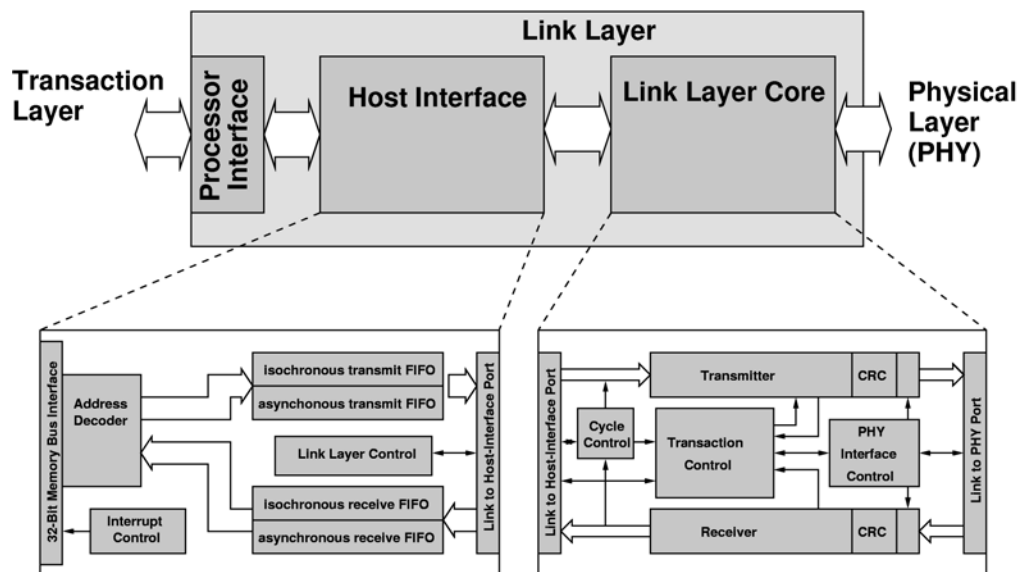


Abb. 1: Struktur des Link Layers

Datenübertragungsarten: asynchron, isochron

- einer garantierten Bandbreite für den isochronen Datentransfer
- 63 gleichberechtigten Netzknoten und bis zu 1024 gekoppelten Netzen
- Hot Plug & Play-Fähigkeit

Auch im Sektor der industriellen Anwendung, insbesondere in der Automatisierungstechnik, wird der IEEE 1394 Einzug halten. Es besteht ein wachsendes Interesse daran, mit Hilfe des IEEE 1394 Labor- und Steuerungsgeräte mit Computern zur Meßwertverarbeitung zu vernetzen.

Layer, dem Link Layer und

² Am IMMS wurden intensive Markterkundungen zum Thema IEEE 1394 in technischen Entwicklungen (Consumer-Bereich, Industrie-Anwendungen) durchgeführt. Ansprechpartner: Herr Kelm (Marketing)

dem Transaction Layer, wobei Physical Layer und Link Layer meist als der einzelnen Layer sind nachfolgend beschrieben.

Physical Layer:

- Wandlung der logischen Signale des Link Layers in elektrische Signale für den Bus und umgekehrt
- Definition der elektrischen und mechanischen Verbindungen auf dem Bus
- Arbitrierung auf dem Bus
- Initialisierung des Busses

Link Layer:

- Dienst zur Paketübermittlung für asynchrone und isochrone Pakete
- asynchrone Pakete: Adressierung beim Senden und Empfangen, Empfangsbestätigung, Fehlererkennung
- isochrone Pakete: Senden und Empfangen über isochrone Kanäle, Paketsynchronisation

Transaction Layer:

- Implementation asynchroner Operationen(read, write, lock)
- Datenzugriff auf Speicherbereich des Knotens



Abb. 2: Prototyping-Board

Am IMMS wurde 1999 ein Link Layer Core entwickelt. Ziel dieser Arbeiten war der Know-how-Aufbau bei der VHDL-Beschreibung der verschiedenen Protokollschichten des IEEE 1394 und bei der

Hardwarekomponenten und der Transaction Layer als Softwarekomponente Implementation des entwickelten Cores in einem FPGA. Der Link Layer Core bildet als IP die Basis für die Implementation verschiedener Interfaces für den IEEE 1394 (z.B. OHCI), die in weiterführenden Arbeiten geplant ist. Die Struktur des entwickelten Link Layer Cores ist im Abb. 1 dargestellt.

Der Link Layer besteht aus zwei Komponenten, Link Layer Core und Host Interface. Durch diese Trennung ist eine flexible Nutzung des Link Layer Cores möglich. Um den Link Layer zu simulieren, wurde ein kompletter IEEE 1394-Bus mit VHDL nachgebildet. In Anlehnung an den IEEE 1394 Analyzer von FireWorks wurde zudem ein Programm entwickelt, mit dem die bei der VHDL-Simulation erzeugten Daten graphisch dargestellt werden können.³

Der Link Layer Core wurde in einem Xilinx Virtex (VC 400-4) implementiert und auf einem Testboard verifiziert (Abb. 2)

IEEE 1394-Audio-Netzwerk

Zur Demonstration der Leistungsfähigkeit des seriellen Busses IEEE 1394 wurde am IMMS ein IEEE 1394-Netzwerk aufgebaut (Abb. 3), über das Audiodaten übertragen werden können. Charakteristische Merkmale dieser Demo-Applikation sind:

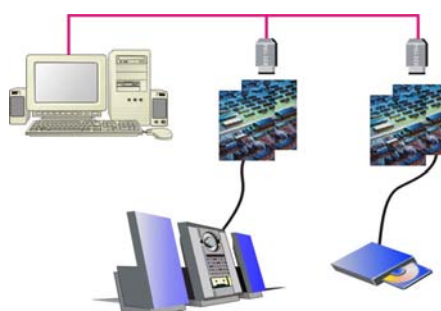


Abb. 3: IEEE 1394-Audio-Netzwerk

realisiert werden. Die Aufgaben

- isochrone Übertragung mehrerer unkomprimierter Audiokanäle
- Broadcastsystem: Audiodaten sind an wahlweisen Zielknoten hörbar
- gleichzeitige asynchrone Übertragung von Steuer- und Statusinformationen an beliebige Knoten des Netzwerkes
- vollständige IEEE 1394-Protokollkompatibilität der einzelnen Netzwerkknoten

Die Hard- und Firmware für die PC-unabhängigen Netzwerkknoten wurden vollständig am IMMS entwickelt, ebenso die applikationsspezifische PC-Software.



Abb. 4: IEEE 1394-Interface-Board und Audio-DSP-Board

Die Hardwarekomponenten sind modular aufgebaut (Abb. 4).

Eine Interface-Karte mit PHY und LINK realisiert den Anschluß des Netzwerkknotens an den IEEE 1394-Bus. Die applikationsspezifische Datenverarbeitung (IEEE 1394 ↔ Audio-Codec) erfolgt in einem DSP AD 21065 auf einer zweiten Karte. Dadurch ist die Wiederverwendbarkeit des IEEE 1394-Interface-Teils für andere Applikationen (z.B. Video) möglich.

Mit dem gewonnenen Know-how zur Vernetzung von IEEE 1394-Komponenten sollen Arbeiten zum intelligenten Busmanagement bei hochperformanten IEEE 1394-Applikationen (z.B. parallele Videoströme) und zu Verifikation, Test und Zertifizierung von IEEE 1394-Systemen durchgeführt werden.

Ansprechpartner:
DI Jens Lehmann
Tel: +49 (3677) 678315
Email:
jens.lehmann@imms.de

"Analyse und Design von analogen und digitalen SOI-Schaltungen"

Einführung

Im Rahmen der Arbeiten zum Themengebiet Silicon on Insulator (SOI) Schaltungstechnik wurde das Förderprojekt "Innovative Schaltungstechniken und -strukturen unter der Berücksichtigung neuester Technologien, Techniken und Anforderungen" vom Jahresbeginn an vom Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst gefördert. Über die Laufzeit von zwei Jahren entsteht in diesem Projekt die Designumgebung für die 1.0µm SOI Technologie der Firma X-Fab, Semiconductor Foundries GmbH, Erfurt.

Projekthinhalt

Im bisherigen Projektverlauf wurden die Grundlagen und Systemvoraussetzungen zur Entwicklung einer Digitalen- und einer Analogen-Library geschaffen. Dies schloß folgende Arbeiten zur Modellbildung ein:

- Entwurf erster Widerstands-, Kapazitäts-, Dioden und Transistor - Teststrukturen
- Messungen dieser Strukturen
- Auswahl geeigneter Schaltungsmodelle und Simulatoren
- Auswahl geeigneter Transistorlayouts
- Modellbildung und Parameterextraktion zu den verfügbaren aktiven und passiven Bauelementen
- Worst Case Modelle und Modelleinbindung in die Entwurfsumgebung.

Der zweite Teil umfaßte Arbeiten zur Entwicklungsumgebung. So wurden der Design Rule Check (DRC) für die SOI-Technologie erstellt und erste Ansätze zur Schaltungsrückerkennung programmiert (Extract file und Layout versus Schematic file).

Damit sind die wesentlichen Voraussetzungen zum rechnergestützten Entwurf von

hochintegrierten SOI-Schaltungen geschaffen worden. Der Test und die Verifikation der Modelle und Programme erfolgte und erfolgt im Entwurfsprozeß zur Analogen- und Digitalen Library. Hier wird das Hauptaugenmerk auf der Verbesserung des LVS-Programmes liegen.

Die eigentliche Zielstellung des Projektes ist es jedoch, dem Designer eine Zellenbücherei zum Entwurf von SOI-Schaltungen in die Hand zu geben. Im Jahr 1999 konzentrierten sich die Arbeiten auf den Entwurf der Zellen der Digitalen Library.

Hierbei stand die Festlegung der zu realisierenden Grundgatter und die Auswahl des zu wählenden Transistorlayouts (3 Layouts sind möglich) im Mittelpunkt des Erkenntnisprozesses.

Mit dieser Definition waren dann die Flächenoptimierung, Verdrahtungsraster (automatische Verdrahtung), Straßenbreite der Gatter festzulegen. Mit der Schaltungssimulation wurden die statischen Pegel und Verzögerungszeiten der Gatter bestimmt und optimiert. Durch diese Vorarbeiten war die Umsetzung der Schaltungen in ein Layout möglich. Die Abb. zeigt beispielhaft das Layout eines D-Flip-Flops mit Set und Reset Eingang in SOI-Technologie. Es fallen die geringen Abstände zwischen den Transistoren auf, da im Vergleich zu Standard CMOS Technologien die Wannen wegfallen.

Zum Test der entworfenen Gatter wurde die Konzeption zu einem Testchip erstellt. Dieser beinhaltet einzelne Transistoren, einzelne Grundgatter, Gatterketten, Komplexgatter und Input/Output

Strukturen für den ESD-Test. Weiterhin wurden MAGFETs, Temperatursensoren, HF-Strukturen, Strukturen zur Messung des Wärmewiderstandes und erste analoge Zellen, Operationsverstärker und eine Bandgap Referenzspannungsquelle integriert. Die meßtechnische Charakterisierung erfolgt im Jahr 2000.

Weiterhin wurden die Arbeiten am Projekt TERMIS (High-Temperature/ High Voltage Mixed-Signal SOI ASICs for Aerospace Applications) fortgesetzt, welches im November 1998 begonnen wurde. Die Förderung dieses Projektes erfolgt durch die Europäische Union. Die Arbeiten des IMMS in diesem Projekt beschränken sich auf die

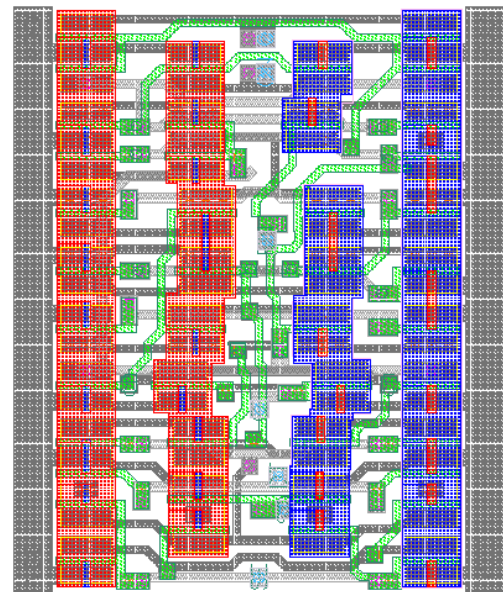


Abb.: Layout eines D-Flip-Flops

Messung und Modellierung von aktiven und passiven Bauelementen bei Temperaturen um T=250°C. Hier konnte der aufgebaute Erfahrungsschatz am IMMS zu SOI-spezifischen Modellen, Extraktionssoftware und Simulatoren genutzt werden.

Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Dirk Nuernbergk
Tel.: +49 (361) 4276611
Email: dirk.nuernbergk@imms.de

"Flächenkompakte Datenwandler mittlerer Durchsatzraten für Sensorapplikationen"

Der steigende Grad der Integrationsdichte (VLSI) in mikroelektronischen Systemen erlaubt die Implementierung komplexer Systeme auf einem Chip (siehe Seite 29). Der weitgehend manuelle Entwurf analoger Schaltungen, deren Rauschempfindlichkeit und Stabilitätsprobleme drängen diese immer mehr in den Hintergrund, die digitalen Systeme werden dank der hohen Flexibilität und Zuverlässigkeit, vor allem aber wegen dem weitgehend automatisierten Entwurfsablauf immer häufiger eingesetzt. Als Schnittstellen zur analogen Anwendungsdomäne (Sprache, Sensorsignale) sind Datenwandler (A/D-Umsetzer; ADU) notwendig, deren Parameter durch die digitale Signalverarbeitung bestimmt werden: Auflösung und hohe Abtastfrequenz.

Im Mai 1999 haben im IMMS die Forschungsarbeiten im Rahmen des TMWFK - Verbundprojektes „Entwicklung von A/D-Wandlern für die Anwendung in Digitalen Signalverarbeitungssystemen unter Berücksichtigung neuester Technologien, Techniken und Anforderungen“ angefangen, dessen Ziel integrierte ADU-Blöcke für Sensorapplikationen sind. Im Vordergrund stehen flächenkompakte (1 bis 2 mm²) A/D-Wandler mittlerer Durchsatzraten (100kS/s) und moderaten Auflösungen (12 bis 14 Bit), die gemeinsam mit den Sensoren (Kapazitäts-/Drucksensoren) sowie mit digitaler Signalverarbeitung (DSP) auf einem Chip integriert werden können. Parallel dazu läuft seit dem 1.12.1999 im IMMS auch ein DFAM-Projekt, das sich mit der Entwurfsmethodik analoger und mixed-signal ASIC-Systeme auf DSP-Basis befaßt. Die oben erwähnten Nachteile analoger VLSI-Verarbeitungssysteme werden durch digitale Signalverarbeitung in DSPs unter Benutzung von A/D- und D/A-Cores umgegangen. Der Entwurf

wird durch Codegenerierung von einem MATLAB-Modell teilautomatisiert. Zur ASIC-Implementierung in der 0,6µm CMOS-Technologie wurde ein zyklischer RSD (redundant signed digit) ADU (s. Abb.) in Switched-Capacitor (SC) Technik ausgewählt, der nach dem Wägeverfahren arbeitet. Die

fully differential SC-Technik angewendet, damit Effekte wie Charge-Injection, Rauschanfälligkeit und Spannungsabhängigkeit der Kapazitäten unterdrückt werden. Durch eine Kaskadierung mehrerer algorithmischer ADU-Stufen hintereinander kann, bei minimalem Entwurfsaufwand, auf

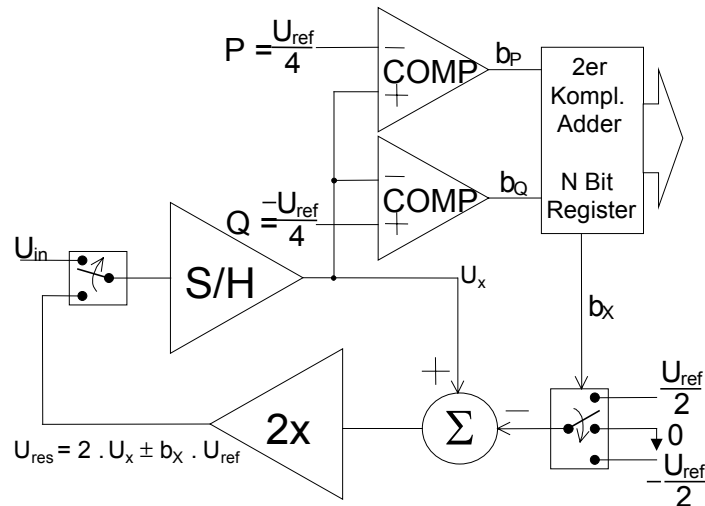


Abb.: Blockschaltbild des zyklischen RSD A/D-Wandlers

zyklischen (algorithmischen) ADUs zeichnen sich durch einen sehr einfachen Aufbau des Analogteils aus: Sample-and-Hold Verstärker, Addierer/2-fach Multiplizierer und Komparator, und erreichen dadurch sehr kleine Implementierungs-Chipflächen. Die Anwendung des RSD-Algorithmus (1,5-Bit-Redundanz beim Vergleich) auf zyklische ADU vermindert die Auswirkungen des Komparator-Offsets, des Schleifen-Offsets und der Schleifenverstärkung auf deren Nichtlinearitäten (INL, DNL). Durch die Benutzung von zwei unterschiedlichen Schwellen (P positiv, Q negativ) wird der in jedem 1-Bit-Umsetzzyklus benutzte Wandlungsbereich auf 1,5 Bit erweitert und damit die Divergenz der Restspannung außerhalb des zulässigen Bereichs verhindert. Die höchste Genauigkeit (½ LSB) erfordert auch weiterhin die Summierung. Als Schaltungstechnik zur Umsetzung des ADU wird die

Kosten der n-mal erhöhten Chipfläche die Umsetzrate n-mal vergrößert werden (Pipeline ADU). Die Abtastfrequenz kann somit an die digitale Nachverarbeitung angepaßt werden.

Eine Untersuchung zum Einbeziehen von Sensorkapazitäten in den ADU soll direkte Kapazitätsmessungen bis 14 Bit an diesem Wandler ermöglichen. Neben der Bereitstellung von ADU-Cores für alle Projektpartner ist geplant, die gewonnene Kompetenz auf dem Gebiet von fully differential SC-Schaltungstechnik in Nachfolgeprojekten für Datenwandler sowie direkt für Industriepartner zu verwenden.

Ansprechpartner:
DI Richard Ižák
Tel.: +49 (3677) 678315
Email: richard.izak@imms.de
DI Christian Lang
Tel.: +49 (361) 4170164
Email: christian.lang@erfurt.imms.de

"Designmethodik für Low-Power Kommunikationsmodule in fortgeschrittenen IC-Technologien"

Zielstellung

Im Rahmen des Projektes entsteht ein auf einem Chip integrierter Empfänger für das 868-MHz Band. Dieser zeichnet sich durch eine geringe Versorgungsspannung, eine geringe Stromaufnahme sowie eine hohe Anzahl von Freiheitsgraden bei seiner Konfiguration in Applikationen aus.

Als Demonstrator wird eine Funkbrücke als Erweiterung bestehender drahtgebundener LON-Hausbussysteme realisiert.

Motivation

Viele Anwendungsfälle des täglichen Lebens erfordern heute eine möglichst kompakte, robuste und drahtlose Datenübertragungsstrecke oder Fernbedienung, die in lizenzfreien Funkbändern arbeitet. Bisher angebotene Funkmodule nutzten das ISM Band bei 433 MHz und erreichten eine hohe Popularität in einer Vielzahl von Anwendungen. Neben den geringen Restriktionen in diesem Frequenzband führte dies zu einer Überbelegung der Kanäle und damit zu unsicheren Datenverbindungen. Das jetzt nutzbare

Frequenzband bei 868 MHz ist speziell für die Datenübertragung mit sogenannten "Short Range Devices" (SRDs) vorgesehen und bietet damit einen Ausweg aus den geschilderten Problemen.

Anwendungen wie:

- Keyless Entry Systeme
- Alarm Systeme
- Drahtlose Systemanbindungen von Sensoren und Aktoren
- Digitale Datenverbindungen können hier adressiert werden.

Ergebnisse

Die Grundlage der Empfängerarchitektur bildet wegen ihrer hohen Spiegelfrequenzunterdrückung eine Doppelsuperhet-Struktur. Alle funktionell notwendigen Baugruppen werden gemeinsam auf einem Chip integriert, so daß sich externe Bauelemente auf die notwendigen integrationsunfreundlichen passiven Komponenten beschränken. Es besteht die Möglichkeit, für „low cost / low performance“ Anwendungen den Empfänger als Einfachsuperhet zu beschalten. Mit einem zusätzlich integrierten und frei zugänglichen

Operationsverstärker und einem zweiten VCO läßt sich eine große Flexibilität erreichen. Die funktionelle Grundbeschaltung ist in Abbildung 1 gezeigt.

Als Integrationstechnologie wird eine 0,6 µm BiCMOS Technologie verwendet. Sie stellt einen sehr guten Kompromiß zwischen den Prozeßkosten und den erreichbaren Kennwerten des Empfängers dar. Die wichtigsten Parameter sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt. Besonderes Augenmerk wurde beim Schaltungsdesign auf die aus HF-Gesichtspunkten kritischen Baublöcken LNA, MIX1 und MIX2 gelegt. Mit diesen Baugruppen werden maßgeblich die HF-Eigenschaften sowie die Gesamtstromaufnahme des Empfängers bestimmt. Insbesondere die Stromaufnahme konnte durch die Auswahl geeigneter Schaltungstopologien niedrig gehalten werden. Für den LNA wurde eine Teststruktur entworfen, integriert und on Wafer vermessen. Ziel war es, die Genauigkeit der HF-Simulationen durch Messungen zu verifizieren, um die Sicherheit beim Empfängerentwurf zu erhöhen. Die Differenzen

Parameter	Symbol	Condition	Min	Max	Unit
Supply voltage	V_{cc}		2.7	5.5	V
Operating temperature	T_a		-40	+85	°C
Input frequency	f_i		860	930	MHz
Frequency deviation	Δf	at FM or FSK	± 8	± 100	kHz
Sensitivity wide 150kHz Filter	P_{minw}	BER=3*10 ³ , ± 30 kHz dev		-101	dBm
Sensitivity narrow 26kHz Filter	P_{minn}	BER=3*10 ³ , ± 8 kHz dev		-109	dBm
Max. Input level	P_{max}			-15	dBm
Image Rejection	IR	SAW front-end B3570 Siemens	40	50	dB
RSSI-Range	RSSI		65		dB
AFC-Range	Δf_{AFC}		± 200		kHz
Data rate	R	NRZ at FSK or ASK		20	kbit/s
Standby Current	I_{SBY}			0.1	µA
Total supply current	$I_{cc,tot}$			13	mA

Tab. 1: Die wichtigsten Parameter des 868 MHz Empfängers

zwischen Messung und Simulation lagen im erwarteten

Bereich. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

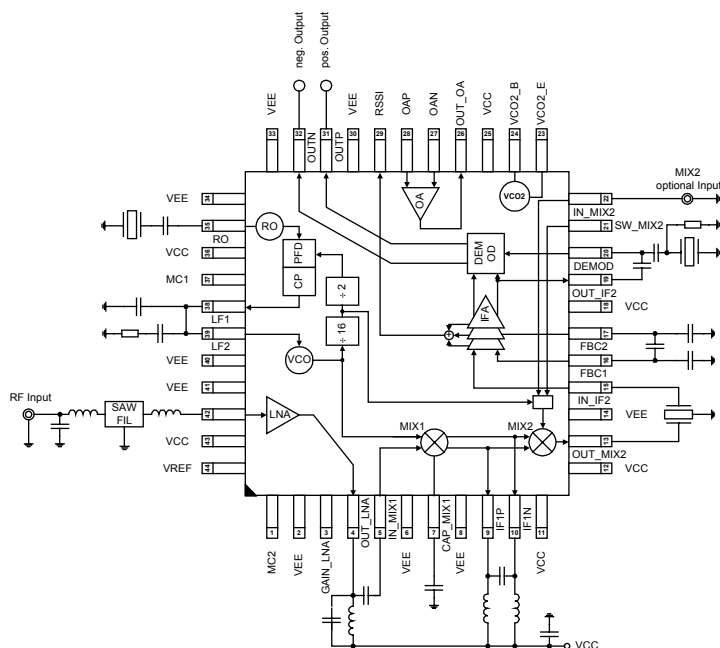


Abb.1: Pinout des 868 MHz Empfängers mit funktioneller externer Beschaltung

Messungen

Die meßtechnische Charakterisierung des Empfängers nach seiner Integration erfolgt mit Hilfe des HF- und Rauschmeßplatzes auf der Basis der Network-Analyzers HP8510C am IMMS. Für Rauschmessungen stehen zwei Tunersysteme der Firma ATN microwave inc. zur Verfügung, die sowohl den Frequenzbereich von 2 bis 26

GHz als auch den Bereich von 300 MHz bis 6 GHz abdecken. Zur Verifikation der Meßtechnik wurden Messungen an Bauelementen verschiedener Halbleitertechnologien (BiCMOS - Transistoren, SiGe-HBTs, GaAs-MESFETs, HF-MOS-Transistoren) und an kompletten Verstärkerschaltungen durchgeführt. Außerdem vergleichende

Messungen am Rauschmeßplatz des IHP Frankfurt/Oder durchgeführt und so die Meßgenauigkeit und Qualität der Kalibrierung der HF-Meßtechnik am IMMS Ilmenau überprüft.

Ausblick

Im Rahmen des Projekts wird eine Designmethodik für HF-ICs erarbeitet. Diese ermöglicht es, auf der Grundlage wiederverwendbarer HF-Baugruppen in kurzer Zeit anwendungsspezifische HF-Schaltkreise zu entwerfen.

Das computergestützte Schaltungsdesign mit Hilfe bekannter Softwarepakete (CADENCE und ADS) wird durch die Meßergebnisse und praktischen Erfahrungen im Einsatz der realisierten ICs sinnvoll ergänzt.

Ansprechpartner:
DI Björn Bieske
Tel.: +49 (3677) 678336
Email:
bjoern.bieske@imms.de

DI Matthias Lange
Tel.: +49 (361) 4276601
Email:
matthias.lange@imms.de

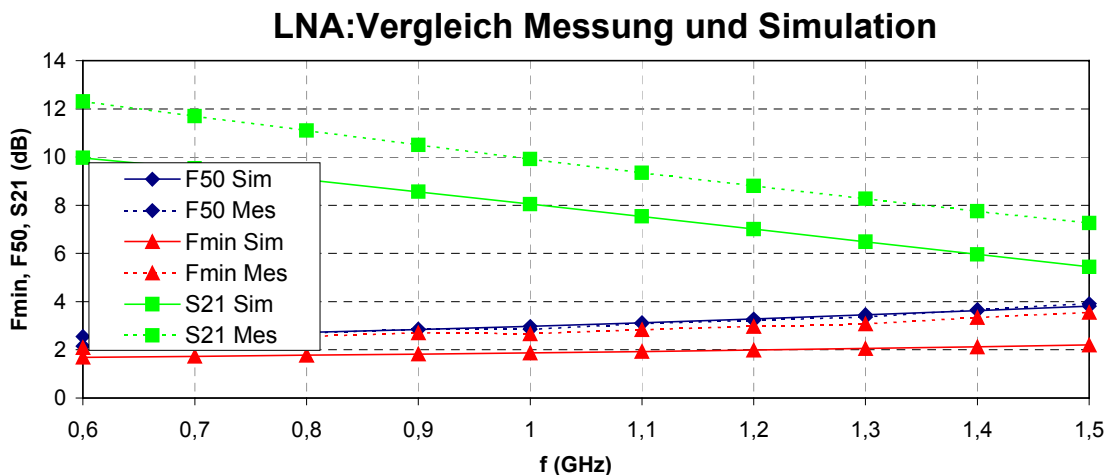


Abb. 2: Vergleich Messung und Simulation für S21, Fmin und F50

Meßanordnung zur Bestimmung des Übertragungsverhaltens von Schaltnetzteilen

Bei der Entwicklung von Schaltnetzteilen stellt die Dimensionierung einer für den jeweiligen Anwendungszweck optimalen Regelung ein besonderes Problem dar, das wesentlich von der Auswahl einer geeigneten Topologie für den Leistungsteil beeinflusst wird. Die Forderungen nach einer hohen Dynamik bei der Ausregelung von Ausgangsspannungsschwankungen und die für alle Lastfälle zu erfüllenden Stabilitätskriterien führen in der Regel zu entgegengesetzten Dimensionierungsvorschriften für die einzusetzenden Kompensationsglieder. In Ermangelung geeigneter Meßmöglichkeiten wird in der Praxis oft mit der „trial-and-error“ Methode eine stabile Lösung gefunden, die jedoch im dynamischen Verhalten Reserven hat. Aber auch diese Methode führt nicht immer zum Erfolg und so mancher erfahrene Schaltungsentwickler hat sich an durch parasitäre Schaltungskomponenten hervorgerufenen Oszillationen die Zähne ausgebissen. Die meßtechnische Bestimmung des Übertragungsverhaltens einzelner Baugruppen von Schaltnetzteilen (SMPS) stellt

aus folgenden Gründen ein anspruchsvolles Problem dar:

1. Die Bandbreite der relevanten Testfrequenzen reicht von ca. 10kHz bis in den mHz-Bereich und liegt damit weit unterhalb der Meßgrenze der üblicherweise in Labors verfügbaren Meßtechnik
2. Durch den Betrieb des Netzteils werden oft Störimpulse hoher Amplitude (einige Volt) in den Meßkreis eingekoppelt
3. Die hohe Dynamik des auszuwertenden Verstärkungsbereiches bei gleichzeitiger Forderung nach kleinen Spannungsamplituden in beiden Meßkanälen zwingt zur Auswertung von extrem kleinen Signalen (μV -Bereich) bei hohem Störpegelniveau
4. Unter praxisnahen Betriebsbedingungen ist eine galvanische Trennung der Meßkreise mit hoher Nullpunktstabilität erforderlich

Abb. 1 zeigt die prinzipielle Anordnung des am IMMS entwickelten Meßplatzes am Beispiel der Bestimmung der Übertragungsfunktion eines Schaltnetzteils.

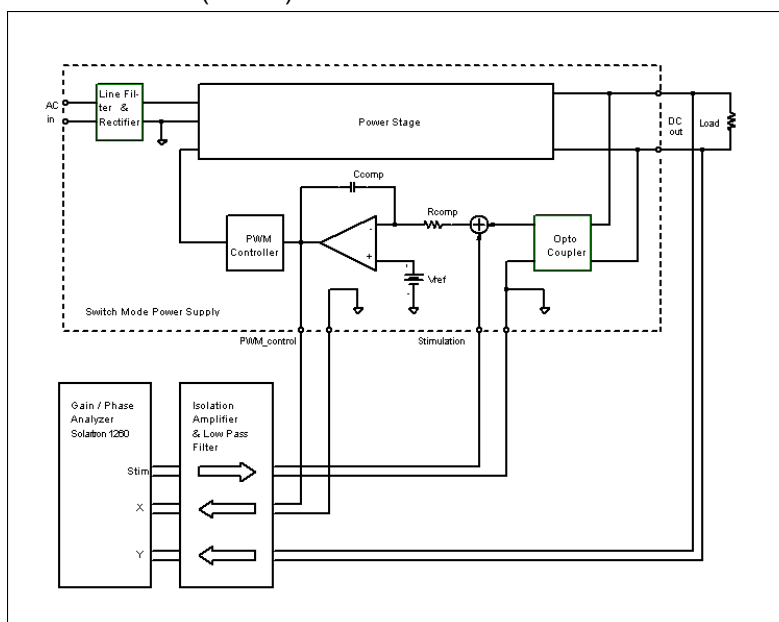


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau eines Meßplatzes zur Bestimmung der Übertragungsfunktion des Leistungsteils eines Schaltnetzteils

Kernstück des Meßplatzes ist der Gain/Phase Analyzer vom Typ Solartron 1260, der bezüglich des geforderten Frequenzbereiches und der Empfindlichkeit der Spannungsmessung für die Aufgabe gut geeignet ist. Das Gerät generiert eine sinusförmige Testfrequenz mit programmierbarer Amplitude, die am Ausgang (Stim) anliegt und die über den Isolierverstärker in den Regelkreis des Netztes eingekoppelt wird. Die Regelung des Netztes versucht, dieses als Störgröße eingekoppelte Signal auszuregulieren und generiert eine zur Testfrequenz synchrone Regelspannung (PWM_control) des Pulsweitenmodulators, die als Referenzsignal an den X-Eingang des Analyzers geführt wird. Die Ausgangsspannung des Netztes wird dem Y-Eingang des Analyzers zugeführt, der nun die Verstärkungs- und Phasenbeziehung zwischen Ausgang und Steuereingang des Leistungsteils exakt bestimmt. Der Analyzer ist in eine PC-Steuerung eingebunden, der die Einhaltung der geforderten Maximalpegel an den Meßstellen des Testobjektes überwacht und ggf. die Amplitude des Stimulationsausgangs nachregelt. Außerdem werden die Testfrequenzen automatisch eingestellt und die Meßergebnisse gespeichert. Das dafür erforderliche Programm wurde in HP VEEE erstellt. Üblicherweise muß die Meßfrequenz für eine vollständige Charakterisierung des Übertragungsverhaltens bis in den mHz-Bereich vorgegeben werden, was zu stundenlangen Meßzeiten führt. Hier liegen die wesentlichen Vorteile des automatischen Programmablaufs, der nach

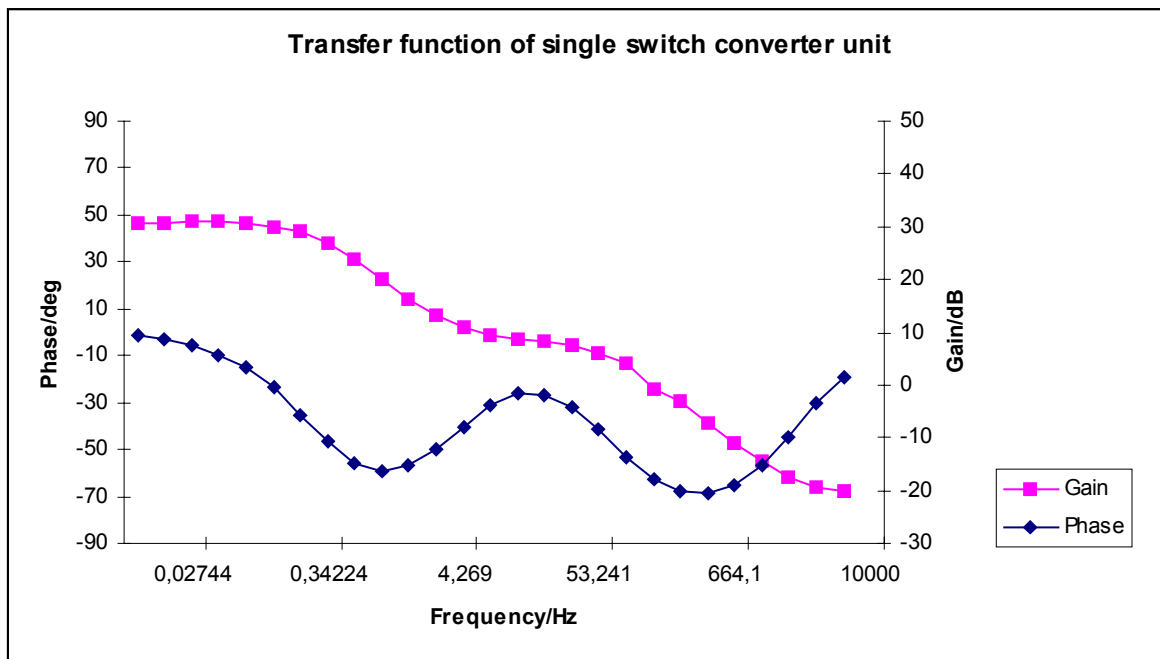


Abb. 2: Gemessene Übertragungsfunktion des Leistungsteils eines Schaltnetzteils [1]

dem Start des Programms griffe erfordert. Wegen der langen Meßzeiten wurde die Integrationszeit der Signale im Gerät variabel gestaltet und den Erfordernissen der aktuellen Messung automatisch angepaßt. Darüber hinaus wurde ein Algorithmus zur Einstellung der Signalpegel bei nichtlinearem Übertragungsverhalten integriert. Abb. 2 zeigt das Ergebnis einer Messung, die mit der Anordnung entspr. Abb. 1 an einem Schaltnetzteil aufgenommen wurde.

Durch die Auswahl geeigneter Meßpunkte können fast alle im Regelkreis einbezogenen Baugruppen separat charakterisiert werden.

Neben der in diesem Beitrag beschriebenen Möglichkeit, Schaltnetzteile zu messen können auch andere Baugruppen mit geschlossenem Regelkreis charakterisiert werden. Durch den Einsatz entsprechender Bandpaßfilter ist die Meßmethode insbesondere für Baugruppen mit getakteten Leistungsstufen geeignet.

keinerlei Bediener-
Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Peter Kornetzky
Tel.: +49 (3677) 678316
Email:
peter.kornetzky@imms.de

Literatur- bzw. Quellenhinweis:

- [1] G. Zhu, H. Wei, P. Kornetzky, I. Batarseh, "Small-Signal Modeling of a Single-Switch AC/DC Power-Factor-Correction Circuit", IEEE Trans. on Power Electronics, pp. 1142-1148, Vol. 14, No. 6, 1999

Im Rahmen des vom BMBF geförderten MEDEA-Programms (Microelectronic Development for European Applications) wird in Zusammenarbeit mit der Siemens AG (seit April 1999 Infineon) das Projekt "Integration von nichtflüchtigen Speichern und Analogfunktionen in den Logik CMOS Prozeß" (INSAF) bearbeitet. Hierbei arbeitet das IMMS als Projektpartner der Siemens (Infineon) AG. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten steht die Untersuchungen der

Kapazitäten und Zuleitungsinduktivitäten) auszuschließen ("De-embedding"). Beim Vergleich unterschiedlicher Deembeddingverfahren stellte sich heraus, daß bei Messung bis 30 GHz ein Open - Deembeddingverfahren ausreichend ist und erst bei höheren Frequenzen mehrstufige Verfahren mit Short- und ggf. Through-Strukturen erforderlich werden.

Zur Ermittlung des Einflusses der Gatelänge auf die Transistfrequenz wurde eine Vielzahl von Messungen an unterschiedlichen Bauelementen vorgenommen. In Abb. 1 ist die Abhängigkeit f_T (U_{GS} , $U_{DS}=2V$) für unterschiedliche Gatelängen dargestellt. Gut ist die Abhängigkeit der HF-Performance von der Gatelänge erkennbar. Mit der hier untersuchten C7-

es möglich mit einem weiteren Tunersystem Rauschmessungen im Frequenzbereich von 2...26 GHz durchzuführen. Auf der Basis dieser Messungen wurde ein Noise-Deembedding durchgeführt, wobei allerdings nur Open-Strukturen verwendet wurden.

Zusammenfassung

Die untersuchten Transistoren zeigen hinsichtlich ihres HF- und Rauschverhaltens

Eigenschaften, die sie für Anwendungen bis 5 GHz geeignet erscheinen lassen. Weitere Möglichkeiten zur Verbesserung der HF-Eigenschaften liegen in der Verringerung der Gatelänge und in einem verbesserten Layout. Hierbei spielt die Gestaltung der Gatezuführung eine entscheidende Rolle (Verringerung des Gatewiderstandes durch Parallelschaltung mehrerer Gatefinger und kurze Zuleitungen).

Wenn auch die HF-Eigenschaften dieser MOS-Transistoren nicht an die von GaAs-MESFETs oder Si/SiGe-HBTs heranreichen, so ist dennoch absehbar, daß sie in Anwendungen bis 5 GHz erfolgreich eingesetzt werden können. Durch den niedrigeren Preis und die problemlose

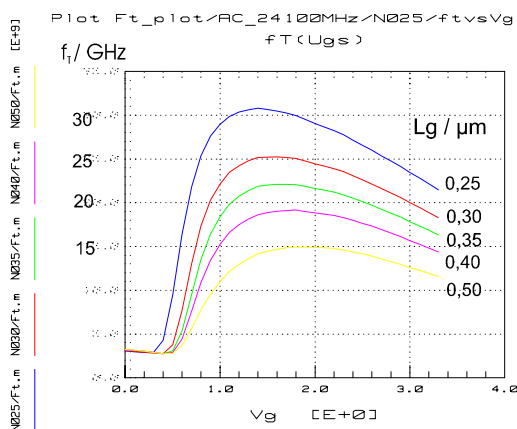


Abb. 1: f_T (U_{GS} , $U_{DS}=2V$) für unterschiedliche Gatelängen

HF-Performance von MOS - Transistoren, die auf der Basis einer $0,35 \mu m$ MOS - Technologie gefertigt werden. Ziel ist dabei die Bauelementecharakterisierung für den Einsatz dieser MOS-Transistoren für analoge HF - Anwendungen im unteren GHz-Bereich (bis 5 GHz).

Die Messungen wurden am IMMS an einem HF-Meßplatz HP 85122 durchgeführt. Er ermöglicht S-Parameter-Messungen im Frequenzbereich von 45 MHz bis 50 GHz On Wafer und die Messung der Rauschparameter (F_{min} u. Y_{opt}) im Bereich von 0,3 ... 26 GHz.

Zur HF-Charakterisierungen des Einzelbauelements ist es erforderlich neben den eigentlichen Transistoren auch Open- und Short - Strukturen zu messen, um den Einfluß parasitärer Elemente (Pad-

Technologie ist bei einer Gatelänge von $0,35 \mu m$ ein f_T von 22 GHz erreichbar. Durch Verringerung der Gatelänge ist eine Steigerung auf 30 GHz und darüber hinaus erreichbar.

Das Rauschverhalten

An dem Testfeld wurden weiterhin Messungen zur Charakterisierung des Rauschverhaltens durchgeführt. Gemessen wird die minimale Rauschzahl F_{min} (f) bei optimaler Rauschanpassung (Y_{opt}).

Da der Hauptanwendungsbereich dieser Transistoren bei Frequenzen unter 5 GHz liegt, wurden die Messungen zur Bestimmung des Rauschverhaltens im Frequenzbereich bis 6 GHz durchgeführt. Darüber hinaus ist



Abb. 2: Waferprobe mit montiertem Tunersystem

Integrationsfähigkeit sind sie deshalb besonders für Massenanwendungen interessant. Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Uwe Baumann
Tel.: +49 (3677) 678317
Email:
uwe.baumann@imms.de

Jahresbericht 1999

HF - Schaltungstechnik

Zielstellung

Im Rahmen des Projektes entsteht ein auf einem Chip integrierter Empfänger für das 868 MHz Band. Dieser zeichnet sich durch eine geringe Versorgungsspannung, eine geringe Stromaufnahme sowie eine hohe Anzahl von Freiheitsgraden bei seiner Konfiguration in Applikationen aus.

Als Demonstrator wird eine Funkbrücke als Erweiterung bestehender drahtgebundener LON-Hausbussysteme realisiert.

Motivation

Viele Anwendungsfälle des täglichen Lebens erfordern heute eine möglichst kompakte und robuste drahtlose Datenübertragungsstrecke oder Fernbedienung, die zudem in lizenzfreien Funkbändern arbeitet. Bisher angebotene Funkmodule nutzen das ISM Band bei 433 MHz und erreichten eine hohe Popularität in einer Vielzahl von Anwendungen. Neben den geringen Restriktionen in diesem Frequenzband führte dies zu einer Überbelegung der Kanäle und damit zu unsicheren Datenverbindungen.

Das jetzt nutzbare Frequenzband bei 868 MHz ist speziell für die Datenübertragung mit sogenannten "Short Range Devices" (SRDs) vorgesehen und bietet damit einen Ausweg aus den geschilderten Problemen.

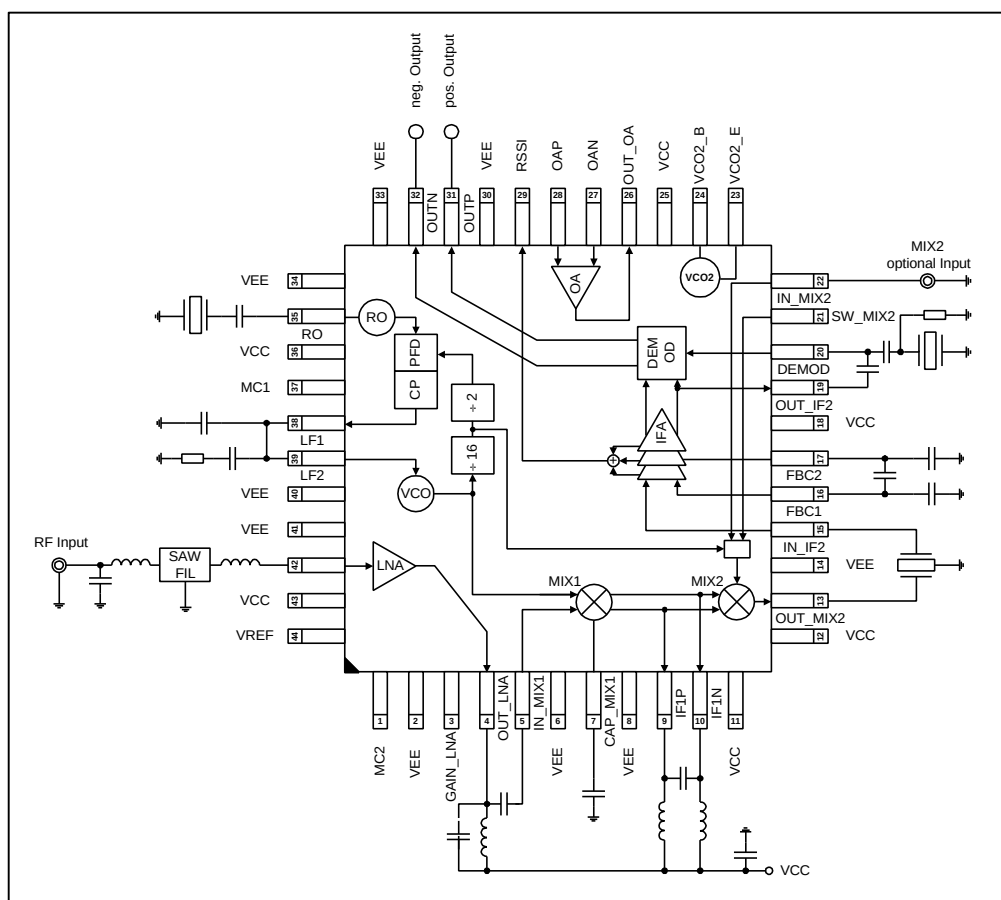


Abbildung 1: Pinout des 868 MHz Empfängers mit funktioneller externer Beschaltung

Anwendungen wie:

- Keyless Entry Systeme
- Alarm Systeme
- Drahtlose Systemanbindung von Sensoren und Aktoren
- Digitale Datenverbindungen

können hier adressiert werden.

Ergebnisse

Die Grundlage der Empfängerarchitektur bildet wegen ihrer hohen Spiegelfrequenzunterdrückung eine Doppelsuperhet-Struktur. Alle funktionell notwendigen Baugruppen werden gemeinsam auf einem Chip integriert, so daß sich externe Bauelemente auf die notwendigen integrationsunfreundlichen passiven Komponenten beschränken. Es besteht die Möglichkeit, für „low cost / low performance“ Anwendungen den Empfänger als Einfachsuperhet zu beschalten. Mit einem zusätzlich integrierten und frei zugänglichen Operationsverstärker und einem zweiten VCO läßt sich eine große Flexibilität erreichen. Die funktionelle Grundbeschaltung ist in Abbildung 1 gezeigt.

Als Integrationstechnologie wird eine 0,6 μm BiCMOS Technologie verwendet. Sie stellt einen sehr guten Kompromiß zwischen den Prozeßkosten und den erreichbaren Kennwerten des Empfängers dar. Die wichtigsten Parameter sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der wichtigsten Empfängerparameter

Parameter	Symbol	Condition	Min	Max	Unit
Supply voltage	V_{cc}		2.7	5.5	V
Operating temperature	T_a		-40	+85	°C
Input frequency	f_i		860	930	MHz
Frequency deviation	Δf	at FM or FSK	± 8	± 100	kHz
Sensitivity wide 150kHz Filter	P_{minw}	$BER=3 \cdot 10^3, \pm 30\text{kHz dev}$		-101	dBm
Sensitivity narrow 26kHz Filter	P_{minn}	$BER=3 \cdot 10^3, \pm 8\text{kHz dev}$		-109	dBm
Max. Input level	P_{max}			-15	dBm
Image Rejection	IR	SAW front-end B3570 Siemens	40	50	dB
RSSI-Range	RSSI		65		dB
AFC-Range	Δf_{AFC}		± 200		kHz
Data rate	R	NRZ at FSK or ASK		20	kbit/s
Standby Current	I_{SBY}			0.1	μA
Total supply current	$I_{cc,tot}$			13	mA

Besonderes Augenmerk wurde beim Schaltungsdesign auf die aus HF-Gesichtspunkten kritischen Baublöcken LNA, MIX1 und MIX2 gelegt. Mit diesen Baugruppen werden maßgeblich die HF-Eigenschaften sowie die Gesamtstromaufnahme des Empfängers bestimmt. Insbesondere die Stromaufnahme konnte durch die Auswahl geeigneter Schaltungstopologien niedrig gehalten werden.

Für den LNA wurde eine Teststruktur entworfen, integriert und on Wafer vermessen. Ziel war es, die Genauigkeit der HF-Simulationen durch Messungen zu verifizieren, um die Sicherheit beim Empfängerentwurf zu erhöhen. Die Differenzen zwischen Messung und Simulation lagen im erwarteten Bereich. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

Messungen

Die messtechnische Charakterisierung des Empfängers nach seiner Integration erfolgt mit Hilfe des HF- und Rauschmessplatzes auf der Basis der Network-Analyzers HP8510C am IMMS. Für Rauschmessungen stehen zwei Tunersysteme der Firma ATN microwave inc. zur Verfügung, die sowohl den Frequenzbereich von 2 bis 26 GHz als auch den Bereich von 300 MHz bis 6 GHz abdecken.

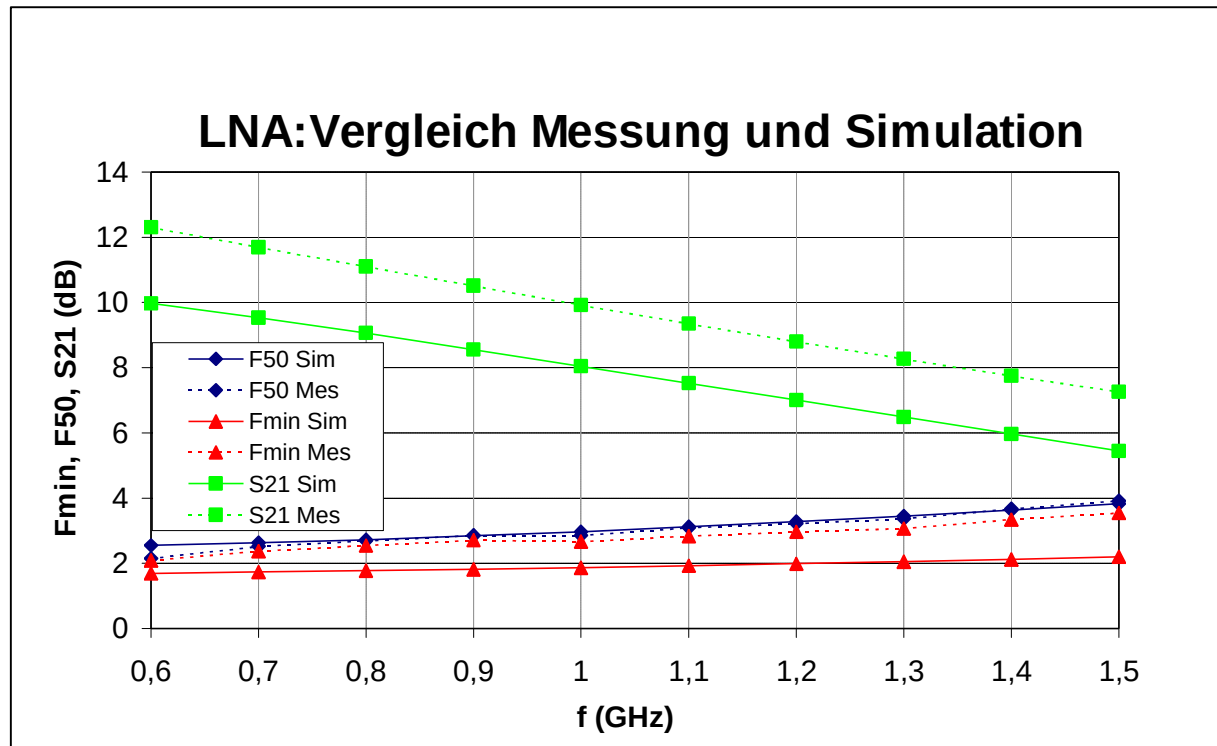


Abbildung 2: Vergleich von Messung und Simulation für S21, Fmin und F50

Zur Verifikation der Messtechnik wurden Messungen an Bauelementen verschiedener Halbleitertechnologien (BiCMOS-Transistoren, SiGe-HBTs, GaAs-MESFETs, HF-MOS-Transistoren) und an kompletten Verstärkerschaltungen durchgeführt. Außerdem wurden vergleichende Messungen am Rauschmessplatz des IHP Frankfurt/Oder durchgeführt und so die Messgenauigkeit und Qualität der Kalibrierung der HF-Messtechnik am IMMS Ilmenau überprüft.

Ausblick

Im Rahmen des Projekts wird eine Designmethodik für HF-ICs erarbeitet. Diese ermöglicht es, auf der Grundlage wiederverwendbarer HF-Baugruppen in kurzer Zeit anwendungsspezifische HF-Schaltkreise zu entwerfen.

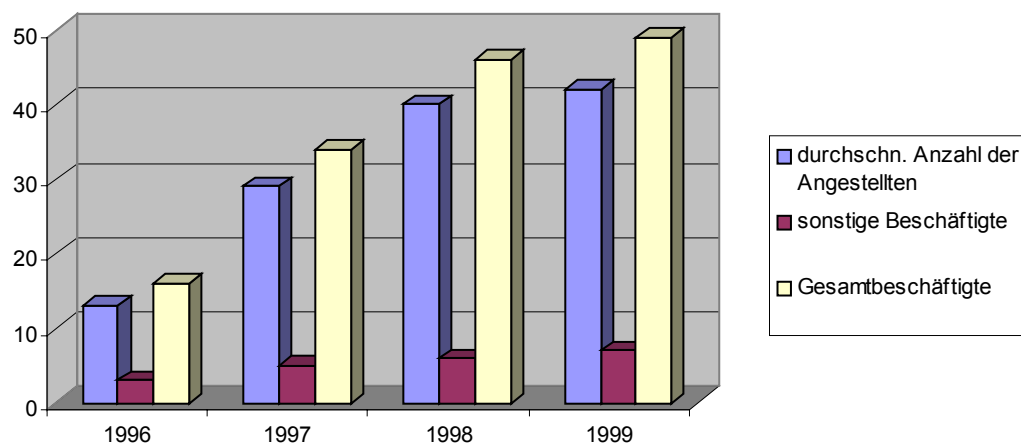
Das computergestützte Schaltungsdesign mit Hilfe bekannter Softwarepakete (CADENCE, ADS) wird durch die Messergebnisse und praktischen Erfahrungen im Einsatz der realisierten ICs sinnvoll ergänzt.

Veröffentlichungen:

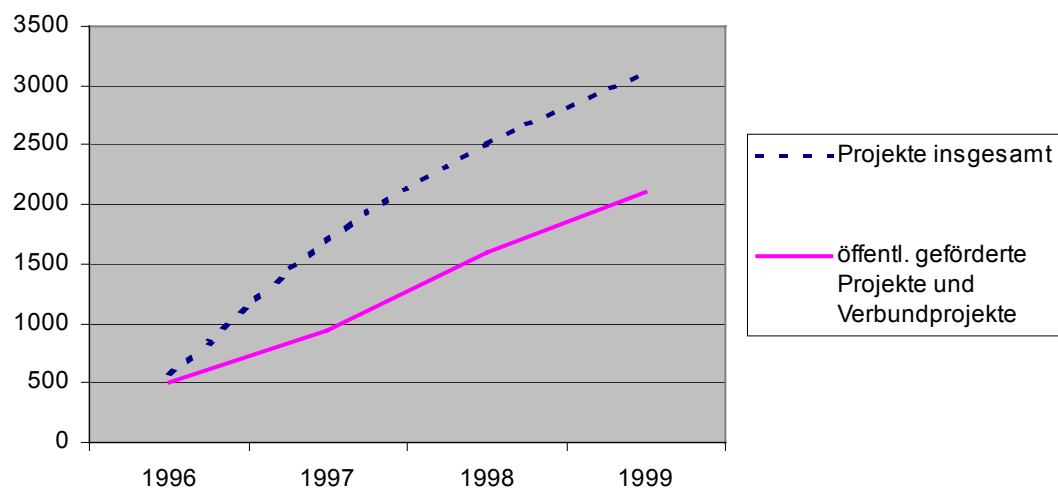
- Björn Bieske, "Rauschparametermessungen an modernen HF-Bauelementen", F&E-Report 04.1999

Mitgliedschaften in Verbänden, Fachgruppen etc.

➤ Personal



➤ Einnahmen aus Projekten in TDM



- öffentlich geförderte Projekte (1999) - 13 Projekte mit Ø Projektvolumen von 170 TDM
- Projekte ohne öffentliche Förderung (1999) - 17 Projekte mit Ø Projektvolumen von 50 TDM

➤ Betriebsausgaben und Investitionen in TDM

	1996	1997	1998	1999
Personalaufwand	600	2.200	2.700	3.200
Sachaufwand	300	1.300	1.500	1.200
Investitionsaufwand	1.400	400	300	700
Gesamtaufwand	2.300	3.900	4.500	5.100

* hochgerechnete Werte

Vorträge und Veröffentlichungen

- Michael, St.; Katzschnmann, M.:
"Magnetische Lagerung eines schnelldrehenden scheibenförmigen Läufers - Entwurf und Simulation" **IMMS F & E – Report, 12.01.1999**
- Spiller, F.; Gubi, T.:
"Präzisionsantriebe für erschwerte Einsatzbedingungen" IMMS F & E – Report, 12.01.1999
- Nuernbergk, D.; Pleß, H.; Hofacker, K.-O.; Rößler, F.:
"Einfaches analytisches Fotodiodenmodell" **7. GMM- Workshop 1999, 21.01.1999**
- Kuniß, U.; Nuernbergk, D.; Pleß, H.; Hofacker, K.-O.; Rößler, F.:
"Ergebnisse von optoelektronischen Teststrukturen in CMOS- und BiCMOS-Technologie" (Poster), **Statusseminar CADWOK, Paderborn, 21.-22.01.1999**
- Nuernbergk, D.; Pleß, H.; Hofacker, K.-O.; Rößler, F.:
"Ein einfaches analytisches Fotodiodenmodell" (Vortrag), **Statusseminar CADWOK, Paderborn, 21.-22.01.1999**
- Baumann, U.:
"Integration von nichtflüchtigen Speichern und Analogfunktionen in den Logik CMOS Prozeß" **MEDEA-Abschlußbericht im Projekt (INSAF), (Förderkennzeichen: 01M 2986 B; MEDEA T 502) März 1999**
- Spiller, F.:
(Forschungsbericht) **"Abschlußbericht zum TMWFK - Verbundprojekt Domänenspezifisches Wissen für mechatronische Entwurfssysteme"** (Förderkennzeichen B 603 - 96072); 31.03.1999
- Nuernbergk, D.; Lange, M.; Richter, St.; Göttlich, W.:
"Manche mögen' s heiß - Silicon- on- Insulator- Bauelemente und ihre Besonderheiten" **F & M, April 1999**
- Scherge, M.; Mollenhauer, O.; Spiller, F.; Schaefer J.A.:
"Micromechanical Thin - Film Characterization. Proceedings of the Spring Meeting, Materials Research Society" San Francisco, April 1999
- Bieske, B.:
"Rauschparametermessungen an modernen HF-Bauelementen" **IMMS F&E-Report , 13.04.1999**
- Baumann, U.:
"HF- und Rauschmessungen an CMOS-HF-Transistoren der Infineon Technologies" GMM-Workshop „Visionen zu HF-Halbleitertechnologien (1 - 100 GHz)“ München, 29.-30.04.1999
- Weih, H.; Zhu, G.; Bartaseh, I.; Iannello, C.; Kornetzky, P.:
"Single-Stage Single- Switch AC- DC Power Faktor Correction Converter with Low Output Voltage (3,3V)" (Vortrag) ISLAS 1999, Orlando, Mai 1999
- Schulze, St.:
"Semantikkonforme Überführung von Statechart-Modellen von SpeedChart nach Renoir" **Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf (DASS'99), 19.-20.05.1999**
- Trautwein, U.; Sommerkorn, G.; Thomä, R. S.:
"A Simulation Study on Space- Time Equalization for Mobile Broadband Communication in an Industrial Indoor Environment" **IEEE Vehicular Technology Conference, Houston, Texas 16.-20.05.1999**
- Schäffel, Chr.; Kallenbach, E.; Saffert, E.:
"Multi-coordinate Drive Systems" **Opportunities and Limits. 3rd Int. Heinz Nixdorf, Symposium: "On Mechatronics and Advanced Motion Control" Paderborn, 26.-28.05.1999**
- Heise, M.:
"Schaltungs- und Integrationstechniken für optische Sensoren in Standard - CMOS und BiCMOS Technologien" **IMMS F&E -Report, Juni 1999**

- Spiller, F.; Gallas, R.:
"Funktionsorientierte Konfiguration technischer Produkte. Berichte aus dem Institut für Maschinenelemente und Konstruktion der TU Ilmenau" Band 1: Forschung und Lehre im Institut für Maschinenelemente und Konstruktion, Verlag ISLE (ISBN 3 - 932633 - 37 - 7), Ilmenau, September 1999
- Izak, R.:
Proceedings of 2nd ECS'99 (Electronic Circuit & System Conference) Bratislava, Slovakia, 06.-08.09.1999
- Spiller, F.; Gubi, T.:
"Besonderheiten bei der Entwicklung von Präzisionsantrieben für erschwerte Einsatzbedingungen" 44. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium der Technischen Universität Ilmenau; Tagungsband 2 (ISSN 0943 - 7207), S. 110 - 116; Ilmenau 21.-23.09.1999
- Rößler, F.:
"Wozu noch CAD-Forschung an den deutschen Hochschulen" Podiumsdiskussion E.I.S.-Workshop, Darmstadt, 23.09.1999
- Wei, H.; Batarseh, I.; Kornetzky, P.:
"Novel Single-Switch Converter with Power Factor Correction" IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 35, No. 4, Oktober 1999
- Wei, H.; Zhu, G.; Kornetzky, P.; Batarseh, I.:
"Small-Signal Modeling of a Single-Switch AC/DC Power-Factor-Correction Circuit" IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 14, No. 6, November 1999
- Kattaneck, W.:
"Modell - basierter Software - Entwurf für Kfz - Steuergeräte"
Zeitschrift "Automobil Industrie" (Special Engineering/Prototyping) November 1999
- Rößler, F.:
"Quo vadis Mikroelektronik" (Vortrag), VDE-Mitgliederversammlung Thüringen 1999, Erfurt, 03.11.1999
- Spiller, F.; Gubi, T.; Mollenhauer, O.; Scherge, M.:
"Besonderheiten beim Einsatz von Präzisionsantrieben im Vakuum"
Konstruktion 51 (1999), H. 11/12, Springer - VDI - Verlag, Düsseldorf, Dezember 1999
- Kuniß, U.; Nuernbergk, D.; Pleß, H.; Hofacker, K.-O.; Rößler, F.:
"Besonderheiten der Integration optoelektronischer Wandler in ASIC's in Bezug auf die Entwurfsmethodik"
Abschlußbericht CADWOK, Berlin, 02.-03.12. 1999
- Autorenkollektiv (IMMS: Rößler, F.):
"Zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschule auf dem Gebiet des rechnergestützten Schaltungs- und Systementwurfs" (GMM/ITG/GI - Arbeitskreis), Frankfurt, 1999
- Autorenkollektiv (IMMS: Rößler, F.):
"ASEDA - Entwurfstechnik von morgen - Application Specific Electronic Design Automation"
Memorandum des Arbeitskreises Smart Systems Engineering an das Bundesministerium für Bildung und Forschung

Mitgliedschaften in Verbänden, Fachgruppen etc.

- **GI/GMM/ITG-Kooperationsgemeinschaft "Rechnergestützter Schaltungs- und Systementwurf (RSS)"**
Fachgruppe 1 "Allgemeine Methodik und Unterstützung von Entwurfsprozessen für Schaltungen und Systeme"
- **GI/GMM/ITG Fachtagung "Entwurf Integrierter Schaltungen" E.I.S.-Workshop '99**
- **GMM - Beirat**
- **Gutachter der AiF 1.1.94 - 31.12.99 (GAG VIII. Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik)**
- **DFAM - Deutsche Forschungsgesellschaft für die Anwendung der Mikroelektronik e.V.**
Beirat und Planungsgruppe
- **VDE/VDI Fachgesellschaften ITG und GMM**
- **SSE-Koordinierungsgruppe**
- **ITG-Arbeitskreis "Zusammenarbeit Industrie und Hochschulen"**
- **"Analog '99"**
Programmkomitee
- **"Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf DASS '99"**
- **"Forum on Design Languages (FDL)" Part Workshop on Virtual Component Design & Reuse (VCDR)**
Programmkomitee
- **Innovationsprojekte AiF / BMWi 1999**
Mitarbeit in der Jury
- **IEEE**

Circuit and Systems Society

Electron Devices Society

Solid-State Circuits Society

Society Circuits and Systems
- **EIBA - EUROPEAN INSTALLATION BUS ASSOCIATION**
- **VSIA - VITAL SOCKET INTERFACE ALLIANCE**
- **USB - Implementer Forum**
- **MSDN - MICROSOFT DEVELOPERS NETWORK**
- **VDE / VDI / DVS - Arbeitskreis Mikrotechnik Thüringen**
- **VDMA - Arbeitskreis "Nutzergruppe Mikrosystemtechnik im VDMA"**
- **ITG Fachgruppe "CAD für den Analogschaltentwurf"**
- **TZM Erfurt - Technologie-Zentrum-Mikroelektronik e.V.**
- **Industriegebiet Erfurt Südost e.V.**

- **Fraunhofer Gesellschaft / IOF Jena**
- **EUROPRACTICE**
- **American Chamber of Commerce**
- **DFN**
- **GNT - Gesellschaft zur Förderung neuer Technologien Thüringen e.V**

Veranstaltungen / Seminare

- „**USB - Intro**“, mit der Fa. Microconsult, München, 22.04.1999
- „**USB - Intro**“, mit der Fa. Hitex, Karlsruhe, 27.04.1999
- „**USB - Intro**“, mit der Fa. Hitex, Hannover, 28.04.1999
- „**USB - Workshop**“, mit der Fa. Microconsult, München, 03.-05.05.1999
- „**Verdrahtung auf IC, Hybrid und PCB**“, Ilmenau, 05.10.1999
- „**integriertes Projektmanagement für geförderte F&E - Projekte**“, Ilmenau, 12.10.1999
- „**Workshop - Universal Serial Bus**“, München, 08.-10.11.1999



- „**USB - Workshop**“, mit der Fa. Hitex, Karlsruhe, 31.05.-02.06.1999
- „**USB - Intro**“, mit der Fa. Microconsult, München, 01.07.1999
- „**USB - Intro**“, mit der Fa. Microconsult, München, 02.09.1999
- „**USB - Infotag für Entwickler und Entscheider**“, Erfurt, 08.09.1999
- „**USB - Infotag für Entwickler und Entscheider**“, Hannover, 09.09.1999
- „**USB - Workshop**“, Fa. Microconsult München, 20.-22.09.1999
- „**USB - Infotag für Entwickler und Entscheider**“, Karlsruhe, 22.09.1999
- „**USB - Infotag für Entwickler und Entscheider**“, München, 23.09.1999



