

Innovation
Kreativität
Vision



Jahresbericht 2003

Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik - Systeme gGmbH

Ihre Ziele setzen Sie - wir helfen sie verwirklichen

Inhaltsverzeichnis

Das IMMS – ein leistungsfähiger Partner für industrielle Forschung und Entwicklung.....	4	
Kooperation als Türöffner zur Innovation.....	6	
Innovation und Marketing	7	
Themenbereich „Mechatronik“.....	8	
Ausgewählte Fachberichte aus dem Themenbereich „Mechatronik“.....	9	
Patentanmeldung im Themenbereich „Mechatronik“	24	
Themenbereich „System Design“	25	
Ausgewählte Fachberichte aus dem Themenbereich „System Design“	26	
Themenbereich „Mikroelektronische Schaltungstechnik“	32	
Ausgewählte Fachberichte aus dem Themenbereich „Mikroelektronische Schaltungstechnik“	33	
Themenbereich „Industrielle Elektronik und Messtechnik“	42	
Ausgewählte Fachberichte aus dem Themenbereich „Industrielle Elektronik und Messtechnik“	43	
Mitgliedschaft in Verbänden, Fachgruppen etc.	50	
Vorträge und Veröffentlichungen / Begriffserklärungen	51	
Aufsichtsrat / Wissenschaftlicher Beirat	53	
Kontakt / Adresse.....	54	

Das IMMS – ein leistungsfähiger Partner für industrielle Forschung und Entwicklung

Das Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gGmbH hat im Jahr 2003 seine Forschungs- und Entwicklungskompetenzen kontinuierlich und erfolgreich ausgebaut.

Das betrifft einerseits die Zusammenarbeit mit Halbleiterfoundries, Design-Zentren und die damit im engen Zusammenhang stehenden Entwicklungen auf dem Gebiet der Sensorik und der elektronischen Signalverarbeitung. Vorteilhaft konnte dafür die im IMMS-Institutsteil Erfurt neu entstandene Infrastruktur für das Testen und Messen von mikro- und optoelektronischen Strukturen genutzt werden. Andererseits sind Partnerschaften weiterentwickelt worden bzw. neu entstanden, die den Einsatz von Präzisionsantrieben in unterschiedlichen industriellen Applikationsfeldern zum Inhalt haben.

In allen Tätigkeitsbereichen unseres Instituts hat sich erneut der interdisziplinäre Aspekt der Einbeziehung von Wissenschaftlern mit Spezialkenntnissen in der Mikroelektronik, Mechatronik, Informationstechnik/Informatik und der Festkörperelektronik in die Entwicklung komplexer technischer Systeme bestens bewährt. In diesem Kontext wurden die bereits bestehenden Themenbereiche

- System Design
- Mikroelektronische Schaltungstechnik und
- Mechatronik

durch einen weiteren mit der Bezeichnung

- Industrielle Elektronik und Messtechnik

auf Basis des bereits bestehenden Querschnittsgebietes „Analyse und Test“ ergänzt.

Dies erwies sich auf Grund der wachsenden Bedeutung der Charakterisierung, Qualifizierung und Validierung von Bauelementen, Schaltungen und kundenspezifischer integrierter Baugruppen inklusive der PC-basierten Testmethodikentwicklungen für Mixed-Signal-Anwendungen als notwendig und sinnvoll.

Mit diesen Maßnahmen werden wir in der Lage sein, uns noch effizienter auf die Erweiterung komplexer kundenspezifischer Serviceleistungen auszurichten und damit zuverlässiger Forschungs- und Entwicklungspartner für Industrieunternehmen in und außerhalb des Freistaates Thüringen zu sein.

Die Darstellung in Abb. 1 zeigt den Stand der industriellen Auftragsforschung anteilig in unserem Institut.

Auch für die Zukunft werden wir zunehmend unsere Anstrengungen darauf richten, stabile, langfristige Partnerschaften mit innovativen Unternehmen der Mikroelektronik- und Mechatronik-Branchen weiter auszubauen. Ziel ist es, die im Institut vorhandenen und entstehenden Kompetenzen mit solchen Partnern effizient in die Erforschung und Entwicklung weltmarktfähiger Erzeugnisse einzubringen.

Beispielgebend ist hierfür die Kooperation des IMMS mit dem Design-House „Melexis GmbH“ und der Wafer-Fab „X-FAB Semiconductor Foundries AG“ am Standort Erfurt-Südost. Neben der konkreten Unterstützung beim Entwurf von integrierten Mixed-Signal-Schaltungen z. B. für Automotive-Applikationen werden in der Grundlagenforschung partnerschaftlich MEDEA/BMBF-Projekte zur Entwurfsautomatisierung mittels neuartiger bzw.

verbesserter Methoden erfolgreich bearbeitet. Damit wird die Steigerung der Designeffizienz bezüglich Fehlerfreiheit, Robustheit und Ausbeuteoptimierung bei gleichzeitiger Verkürzung der Entwurfszeiten für die in unterschiedlichen Technologien zu realisierenden integrierten Schaltungen angestrebt. Vorteilhaft für diese Kooperation erweist sich u. a. auch die mögliche Nutzung der neuen Infrastruktur (s. Abb. 2) am Standort Erfurt, in der die genannten Partner in unmittelbarer räumlicher Nachbarschaft agieren können.

Vergleichbar erfolgreich erwiesen sich die Anstrengungen unseres Institutes, das vorhandene

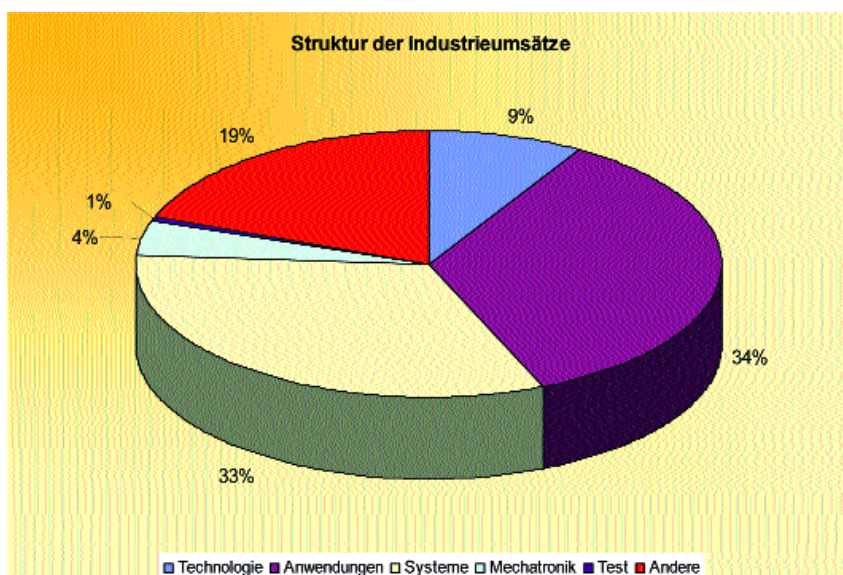


Abb. 1: Darstellung der Umsätze pro Themenbereich

Know-How im Bereich der Mess-, Antriebs- und Positioniersysteme in eine erfolgreiche Entwicklung von industriellen Erzeugnissen gemeinsam mit unseren Partnern im In- und Ausland umzusetzen.

Diese innovativen Entwicklungen von Antriebssystemen zeichnen sich durch eine hohe Genauigkeit und Dynamik aus, die den unterschiedlichen applikativen Anforderungen optimal angepasst werden können.



nischer Systeme, die das in allen Themenbereichen unseres Institutes vorhandene und sich ständig weiter entwickelnde Know-How nutzen. Es gibt kaum noch Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, in denen nicht Mitarbeiter aus



Abb. 2: Erfurt Süd-Ost mit dem neuerbauten Anwendungszentrum für Mikrosystemtechnik

Dabei kommen neue physikalische Wirkungsprinzipien zum Einsatz, die z. B. auch in Projekten der DFG-finanzierten Grundlagenforschung gemeinsam mit der Technischen Universität Ilmenau stetig weiterentwickelt werden.

Unser Status eines AN-Institutes an der TU Ilmenau hat sich auch im vergangenen Jahr wieder auf vielfältige Weise bewährt. Zahlreiche Studenten integrierten sich in die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des IMMS, beginnend mit ihrer Tätigkeit als studentische Arbeitskräfte über Praktika, Studien- und Diplomarbeiten.

Andererseits bestritten die wissenschaftlichen Mitarbeiter unseres Institutes Seminare, Praktika und Vorlesungen an den Fakultäten der Universität, so dass sich eine für beide Seiten vorteilhafte Kooperation fortsetzte und stetig weiter ausgebaut werden konnte.

Der hier vorliegende Bericht enthält eine Übersicht der wesentlichen Kernkompetenzen unseres Institutes in den vier Themenbereichen. Unsere Stärke liegt in der Interdisziplinarität, die sich mit hochqualifizierten wissenschaftlichen Mitarbeitern in den Disziplinen des Entwurfes mikro- und optoelektronischer sowie komplexer mechatronischer Systeme darstellt. Die Kompetenz und Kreativität unseres wissenschaftlichen Personals ermöglicht die Erforschung und erfolgreiche Entwicklung tech-

mindestens zwei oder drei Themenbereichen gemeinschaftlich tätig sind, um die ständig steigende Komplexität der zu realisierenden Systemspezifikationen erfolgreich zu bewältigen. Mit diesem Anspruch nehmen wir optimistisch die im Jahr 2004 zu bewältigenden Aufgaben in Angriff.

Die Geschäftsleitung bedankt sich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unseres Institutes für das gezeigte Engagement und sagt allen unseren Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Politik, ebenso den Mitgliedern des Aufsichtsrates und des Wissenschaftlichen Beirates Danke für die erfolgreiche Kooperation.

Ilmenau, im Januar 2004

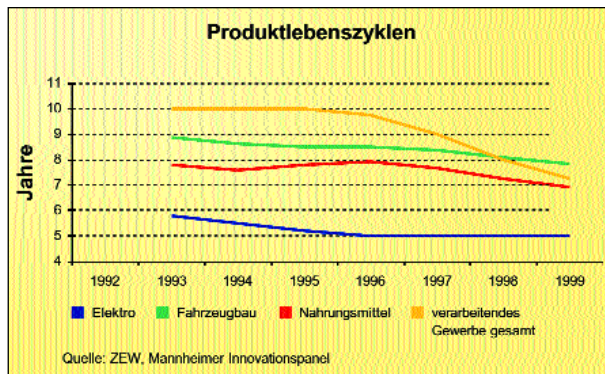


Hans-Joachim Kelm
kfm. Geschäftsführer

Prof. Dr. Gerd Scarbata
wiss. Geschäftsführer

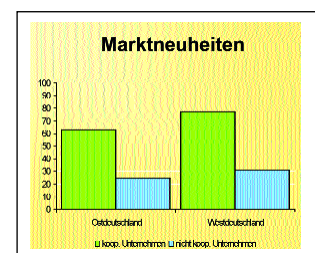
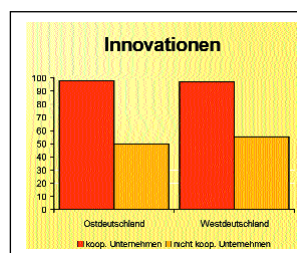
Kooperation als Türöffner zur Innovation

Innovationen sind Ausdruck des technischen Fortschritts und eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Unternehmen auf Dauer am Markt bestehen können.



Innovationsprozesse weisen aus mehrfacher Sicht eine hohe Komplexität auf. Sie reichen von der Innovationsidee über die Forschung und Entwicklung bis hin zur Vermarktung. FuE ist damit ein Teil von Innovationsprozessen und kann nicht losgelöst von den anderen Elementen der Innovationskette betrachtet werden. Innovationen basieren i.d.R. auf neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen, die neue Lösungsprinzipien, Verfahren, Methoden und Produkte ermöglichen. Damit einher geht häufig der Bedarf an neuartigen Mess- und Prüftechniken. Somit sind Produkt- und Verfahrensentwicklung nicht selten eng miteinander verflochten. Zunehmend werden moderne Lösungen mit Informations- und Kommunikationstechniken verknüpft. Die resultierende Kompliziertheit und Komplexität, verbunden mit dem technischen Systemcharakter und dem Neuheitsgrad der Lösungen, verlangt Beratung, Qualifizierung und Einsatzvorbereitung beim Nutzer. Hieraus entsteht der Bedarf an einer Vertiefung der Arbeitsteilung, mit dem Ziel Innovationsprozesse auch zukünftig durchgängig zu beherrschen. Gleichzeitig wird von FuE-Prozessen wird immer häufiger verlangt, dass sie dem interdisziplinären Charakter und der Systemausprägung erwarteter Lösungen entsprechen. Aus wirtschaftlichen Gründen konzentrieren sich Einzelunternehmen zunehmend auf ihre Kernkompetenzen. Betriebliche Funktionen, die zu stark die Kosten belasten, unzureichend ausgelastet sind oder zu hohe Investitionen erfordern werden ausgelagert. Das alles führt zu einem enormen wirtschaftlichen Druck auf die Umsetzung von FuE-Ergebnissen. Es wird entscheidend, welche Bedeutung FuE für das wirtschaftliche Wachstum gewinnen kann. Dies gelingt um so besser, je konkreter Marktanfor-

derungen den Ausgangspunkt für die Festlegung der FuE-Aufgaben und -Ziele bilden. Intensive Kunden- und Marktkontakte bieten die Möglichkeit für Analyse und Ableitung adäquater Anforderung an die FuE. Solche Kontakte entstehen nicht zuletzt im Rahmen von Dienstleistungen. Sie sind notwendig, um eine hohe Wirksamkeit der FuE-Ergebnisse beim Kunden zu erreichen, ihn zu befähigen die entwickelten Systeme zu beherrschen und ermöglichen gleichzeitig den Rückfluss von Erfahrungen aus der Einsatzvorbereitung und Nutzung von Innovationen. Dienstleistungen dieser Art, welche die Integration von Erfahrungen aus der Umsetzung in die FuE ermöglichen, erhöhen die Qualität der FuE Ergebnisse aus Kundensicht. Geht die Vertiefung der Arbeitsteilung mit Kooperationen einher, wird der Wert einer Innovation nicht mehr von einem einzelnen Innovator, sondern vom Beziehungsgeflecht zwischen den innovierenden Akteuren bestimmt. Maßgebend für den Erfolg sind Vertrauen, Offenheit, eindeutige Zielabstimmung, regelmäßige Verständigung über die Vorgehensweise, Interessenabstimmung und Koordination sowie geeignete vertragliche Regelungen. Dies ermöglicht Synergien im Sinne eines gegenseitigen Spillover. Die Herausbildung geeigneter Kooperationsnetzwerke erfordert Zeit und erweist sich zunehmend als wichtiger Faktor im internationalen Wettbewerb. Kooperation und Innovation stehen in einem engen wechselseitigen Verhältnis.



Die Erhebungen des IWH zu Innovationskooperationen vom September 2003 belegen, dass kooperative Unternehmen i.d.R. auch innovieren und die überwiegende Anzahl Marktneuheiten hervorbringt, mit denen sie bedeutende Umsatzanteile generieren. Wichtigste Kooperationspartner der Unternehmen in den jungen Bundesländern sind Hochschulen und Forschungsinstitute. Im Gegensatz hierzu besitzen in den alten Bundesländern industrielle Cluster eine größere Bedeutung. Wissenschaftspartner schließen nicht zuletzt noch bestehende Lücken in den industriellen Strukturen Ostdeutschlands.

Innovation und Marketing

Die Leistungsfähigkeit eines Wirtschaftsstandortes wird in Zukunft maßgeblich dadurch geprägt, wie es gelingt, die Chancen für die mittelständische Wirtschaft zu erhöhen und dem Wettbewerbsdruck standzuhalten. Dies gilt verschärft für die neuen Bundesländer und insbesondere auch für den Freistaat Thüringen, dessen Wirtschaft im Wesentlichen durch kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) geprägt ist.

Wege zur Wettbewerbsfähigkeit, Stabilität und zum Wachstum sind Innovationen. Sie sind ein Prozess, in dem Wissen zu Geld wird. Neues Wissen wiederum entsteht durch Forschung. Die dafür erforderliche Wissenschaftslandschaft wurde in den zurückliegenden Jahren kontinuierlich aufgebaut. Das IMMS hat sich unter den wirtschaftsnahen F&E-Einrichtungen mit zukunftsorientierten Tätigkeitsfeldern gut platziert. Die Forschungsschwerpunkte waren von Anfang an darauf gerichtet, ihre Ergebnisse in nachfolgende industrielle Anwendungsforschung und Entwicklung zu überführen. Zu den Schwerpunkten zählen: Methoden zur Entwurfsautomatisierung für komplexe mikroelektronische Schaltungen und Systeme, Planare Direktantriebe, Methoden für Analyse & Test und komplexe eingebettete Systeme. Basierend auf diesen intensiven Forschungen und deren Ergebnisse entwickelten sich marktorientierte Kompetenzfelder und F&E-Dienstleistungssegmente.

Kleine und mittelständische Unternehmen finden im IMMS einen geeigneten Partner, mit dem sie rasch und zuverlässig die Kluft zwischen neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und der Entwicklung innovativer Produkte nachhaltig schließen können (s. Abb. 1).

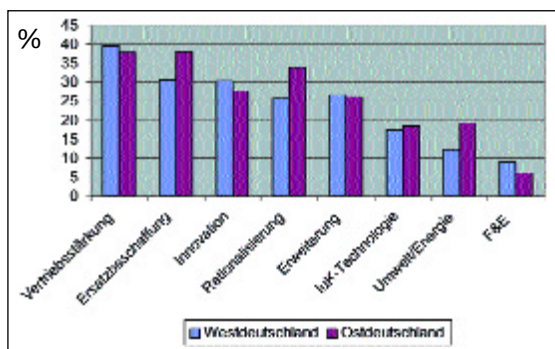


Abb. 1: Investitionsbereiche von KMUs (2003–2005)
Quelle: IfM Bonn 2003

Ausblick

Die Funktionalität eines innovativen Produktes wird in zunehmenden Maße von komplexen mechatronischen Systemen und Lösungen bestimmt. Dies gilt insbesondere für die wich-

tigen Branchen Mikro- und Feinwerktechnik, Automatisierungstechnik sowie Sensor-, Mess- und Steuerungstechnik. Die entsprechenden Märkte sind durch eine hohe Dynamik und mit hoher Zuwachsraten gekennzeichnet.

Hier kommt die branchenübergreifende Sichtweise in den Kompetenzfeldern nutzbringend zur Geltung. Gepaart mit Know-How-Vorsprung, Praxiserfahrungen, interdisziplinäre Denkweise und Arbeitsmethoden, Beherrschung modernster Technik und Entwurfsmethoden können wir uns diesen Herausforderungen optimistisch stellen.

Zukünftig ist jedoch nicht mehr in den Vordergrund zu stellen, dass wir Mikroelektronik und Mechatronik „machen“, sondern dass wir unseren Kunden bzw. Partnern das Angebot innovative Produkte und Dienstleistungen, die beispielsweise bei Aufgaben der Miniaturisierung, Positionierung, und Echtzeitmessung unerlässlich sind, ermöglichen.

Das Interesse bei Entscheidungen für mechatronikbasierte Systeme richtet sich auf den Mehrwert, der auf der Anwendung und deren Nützlichkeit beruht. Hieraus folgt, dass das Marketing für solch komplexe Systeme nicht mehr die Technik in den Mittelpunkt der Argumentation stellen darf. Die Kommunikation mit dem Industriepartner muss sich stärker mit den Vorteilen beschäftigen, welche der Anwender bei Einsatz des neuen Produktes hat.

Marktanalyse und Marktbeobachtung sind Grundvoraussetzung um frühzeitig Technik-trends, Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsvisionen zu erkennen. Diese Aspekte entscheiden maßgebend über den qualitativen Ausbau des Institutes.

Neben der Konzentration auf marktorientierte Kompetenzfelder ist die aktive Einbringung in regionale und branchenübergreifende Cluster zwingend erforderlich.

Aufgrund der genannten Gründe wird das Marketing von Hochtechnologien selbst zur Herausforderung. Etwas zu können, etwas zu wissen, etwas zu erfinden ist eine Herausforderung; den Prozess hiernach zu gestalten, Vernetzung zu betreiben, Partner zu gewinnen und zu beteiligen, setzt ein Leitbild voraus, das in unserer Wissenschaftslandschaft noch nicht ausgeprägt ist. Diese Erfolgsvoraussetzungen als „Fähigkeit“ umfassend zu etablieren, wird unser Handeln zunehmend bestimmen.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Wolfgang Sinn
Tel. +49 (0)3677 67 83-76
E-Mail: wolfgang.sinn@imms.de

Ziele

Im Themenbereich Mechatronik werden Präzisionsantriebssysteme für verschiedenste Applikationsfelder entworfen, analysiert und getestet. Neben dem konstruktiven Entwurf, der zum Teil sehr komplexen und heterogenen Systeme erfolgt in der Regel eine Optimierung auf der Basis einer Modellbildung und Simulation. Diese gestattet eine gute und fundierte Vorhersage des Systemverhaltens, z.B. bezüglich der mechanischen Deformation, der Dynamik und des magnetischen oder thermischen Verhaltens, und reduziert die Anzahl der Designzyklen auf ein Minimum. Die verwendeten Werkzeuge hierfür sind u.a. Ansys, Maxwell und Matlab/Simulink. Der konstruktive Entwurf erfolgt mit Hilfe von Mechanical-Desktop, Inventor oder Pro/Engineer. Die im Bereich Mechatronik anvisierten Themengebiete

- Direktantriebssysteme
- Analysegeräte und -instrumente
- Antriebe für UHV-Einsatz und
- komplexe mechatronische Systeme

überschneiden sich einerseits innerhalb des Themenbereiches Mechatronik und bieten andererseits unmittelbare Anknüpfungspunkte zu den Themenbereichen System Design und Industrielle Elektronik und Messtechnik.

Unsere Arbeitsweise bei der Lösung von Projektaufgaben zeichnet sich insbesondere durch eine Betrachtung und Optimierung der Systeme als Ganzheit aus und basiert auf einer engen interdisziplinären Zusammenarbeit von Fachkräften in Projektteams und mit dem Kunden.

Schwerpunkte und Anwendungsbereiche

Die am IMMS entworfenen Antriebssysteme zeichnen sich z.B. durch folgende Besonderheiten aus:

- hohe Genauigkeit und Dynamik auch bei Bahnbewegungen (multiaxiale Direktantriebe)
- Einsatz und Kombination unterschiedlicher physikalischer Wirkprinzipien (z.B. elektrodynamisch, elektromagnetisch, piezoelektrisch)
- Einsatz neuartiger innovativer Steuerungsstrategien.

Neben dem Entwurf neuartiger applikations- und kundenspezifischer Antriebslösungen sowie deren Adaption mit geeigneter Sensorik und Steuerungstechnik und Integration in Geräte und Anlagen verfügen wir gleichzeitig

über umfangreiches Know-How beim Gerätedesign aus konventionellen Antriebs-, Sensor- Steuerungskomponenten.

Eine umfangreiche Ausstattung an Mess- und Steuerungstechnik ermöglicht eine Optimierung und gute Bewertung der Antriebseigenschaften sowie ein Rapid-Prototyping beim Entwurf optimal angepaßter Steuerungen.

Folgende Systeme wurden und werden derzeit entwickelt und untersucht:

- Entwurf und Modellierung von Antriebssystemen für die Mikrosystemtechnik, S. 9
- Entwicklung eines onlinefähigen Messgerätes zur Untersuchung rheologischer Eigenschaften von Flüssigkeiten, S. 10
- BASALT – AT Adhäsionstester, S. 11
- Linear Motion System LMS 20, S. 13
- Entwurf von mechatronischen Präzisionsantrieben, S. 15
- Vergleich von Regelungskonzepten zur Bahnsteuerung planarer Hybridschrittmotoren, S. 17
- Multiaxiale Positioniersysteme, S. 19
- Design und Optimierung von passiven Magnetlagern mit modernen Entwurfsmethoden, S. 21
- Universal- Mikrotribometer und Probenmagazin für Ultrahochvakuum-Anlagen, S. 23
- planare elektrodynamische Direktantriebssysteme
- Analysegeräte und -instrumente (z.B. Mikrotribometer)

Künftig anvisierte Aufgabenstellungen sind:

- Antriebe für Waferpositioniersysteme
- Optische Oberflächenmesstechnik
- Nanopositioniersysteme großer Bewegungsbereiche.

Im Jahr 2003 wurden insgesamt 4 Patente aus dem Themenbereich Mechatronik erteilt (S. 24).

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christoph Schäffel

Tel.: +49 (36 77) 67 83-33

E-Mail: christoph.schaeffel@imms.de

MODAN – Entwurf und Modellierung von Antriebssystemen für die Mikrosystemtechnik

BMBF, 169V1554

Zielstellung

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes werden zwei Schwerpunkte bearbeitet. Der erste Schwerpunkt befasst sich mit der Evaluierung von Simulationstools, die den Entwicklungsprozess mechatronischer Antriebssysteme unterstützen. Ableitend aus diesen Untersuchungen sollen Anforderungen zusammengestellt werden, die der Weiterentwicklung der Entwurfsmethodik dienen und die in die Weiterentwicklung der Simulationsoftware SimulationX und des Programmsystems SESAM einfließen. Der zweite Projektschwerpunkt befasst sich mit der Entwicklung verschiedener mechatronischer Antriebssysteme auf der Basis

- modularer Präzisionsantriebe (z.B. elektrodynamischer Direktantriebe und Reluktanzdirektantriebe) und
- modularer Mini- und Mikroantriebe (z.B. elektromagnetischer Resonanzaktoren und Piezoaktoren).

Weiterhin wird die Kombination o.g. Präzisionsantriebssysteme in mehrachsigen Bearbeitungsanlagen unter Fertigungsbedingungen untersucht.

Der jeweilige Entwicklungsprozess der Antriebssysteme wird derart aufbereitet, dass einerseits die Anforderungen an die Simulationssoftware aus den einzelnen Entwicklungsschritten für die Weiterentwicklung abgeleitet werden können und andererseits ein ständiger Vergleich zwischen Simulationsergebnis, realer Entwicklung und Test der Antriebe unter Praxisbedingungen möglich ist.

Forschungsverlauf und -stand

In Arbeitsgruppen wird seit Projektbeginn an der Evaluierung der Simulationstools am Beispiel ausgewählter Antriebe gearbeitet. Parallel dazu begann die Schaffung der Voraussetzungen für die Entwicklung der o.g. Antriebssysteme. Neben zahlreichen Voruntersuchungen an Versuchsaufbauten und Funktionsmustern entstanden z.B. der Prototyp des planaren elektrodynamischen Direktantriebs PMS100-3, siehe Abb. 1, und der Prototyp des elektrodynamischen Linearantriebes LMS 20, siehe Abb. 2. Die Evaluierung des Tools SimulationX erfolgt derzeit anhand von Piezoaktoren und elektromagnetischen Radiallagern. Das Tool SESAM

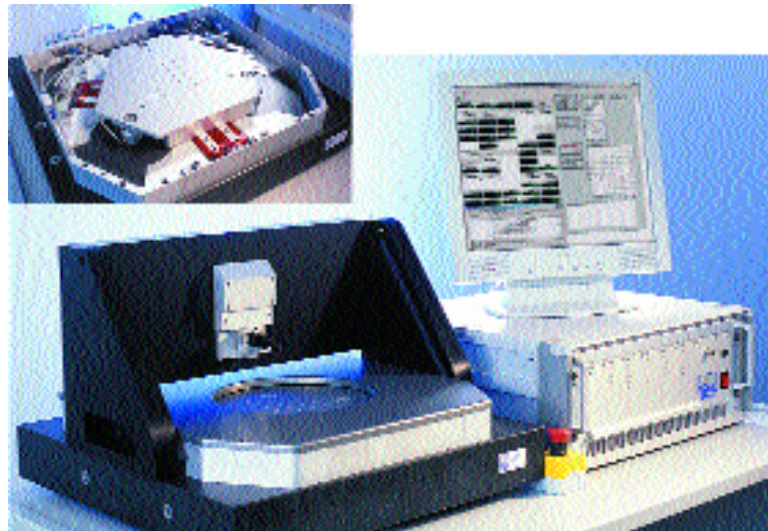


Abb. 1: Elektrodynamischer Planarantrieb PMS 100-3 als Basis für Analysegeräte und -instrumente

wird anhand elektromagnetischer Resonanzaktoren sowie der Magnetkreise für die elektrodynamischen Antriebe evaluiert. Weitere Simulationen erfolgen mit Maxwell / Simulink sowie ANSYS.

Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden die begonnenen Entwicklungen der Antriebssysteme fortgesetzt. Parallel dazu erfolgt die weitere Evaluierung und die Datenaufbereitung aus dem konstruktiven Entwurf der Antriebe für die Weiterentwicklung der Software.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Frank Spiller

Tel.: +49 (36 77) 67 83-26

E-Mail: frank.spiller@imms.de

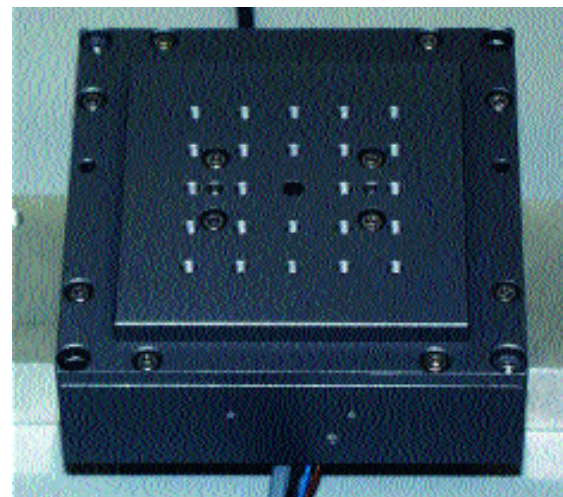


Abb. 2: Elektrodynamischer Linearantrieb LMS 20

Entwicklung eines Messgerätes zur Untersuchung der rheologischen Eigenschaften von Flüssigkeiten

EU, G6ST-CT-2002-50165

Zielstellung

Im Rahmen des Europäischen Verbundprojektes, an dem neben dem IMMS zwei mittelständische Unternehmen aus Deutschland und je ein Unternehmen und eine Forschungseinrichtung aus Belgien, Spanien und der Schweiz beteiligt sind, erfolgen die Entwicklung und der Test eines Messgerätes zur Untersuchung der mikrorheologischen Eigenschaften von Filmen, eines sogenannten Rheometers. Für die Untersuchung der dünn- bis zähflüssigen organischen oder anorganischen Filme werden im Projekt sowohl das Messverfahren, die Kalibrierverfahren für das Rheometer und die Kalibrierflüssigkeiten entwickelt. Dafür ist ein entsprechendes Gerätekonzept einschließlich der Steuerung und Software zu erarbeiten und die Funktionsfähigkeit nachzuweisen. Eine weitere Anforderung an die Geräteentwicklung besteht darin, dass die Messgeräte und die Datenerfassungs- und Auswertesoftware onlinefähig gestaltet sein sollen, damit in einem Online-Ringtest die Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden kann.

Forschungsverlauf und -stand

Ausgangspunkt der Projektbearbeitung war die Definition der Anforderungen an das Rheometer. Hierbei werden die unterschiedlichen Zielstellungen der Projektpartner berücksichtigt, die sich einerseits aus den verschiedenen Voraussetzungen der Laborausstattung ergeben und andererseits auf den unterschiedlichen Anwendungsbereichen beruhen. Hierfür haben die Partner diejenigen spezifischen Bedingungen definiert, die sich aus ihren jeweiligen Forschungen im Grundlagenbereich (F&E - Einrichtungen) bzw. aus den Kundenanforderungen (Unternehmen) ergeben. Dies betrifft z.B. die Art der mit dem Rheometer zu untersuchenden Schmiermittel (Viskosität, Zusammensetzung etc.), die Gestaltung der Probekörperpaarung (Material, Oberflächenbeschaffenheit etc.) und die Versuchsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Gasgemisch, Versuchsdauer etc.).

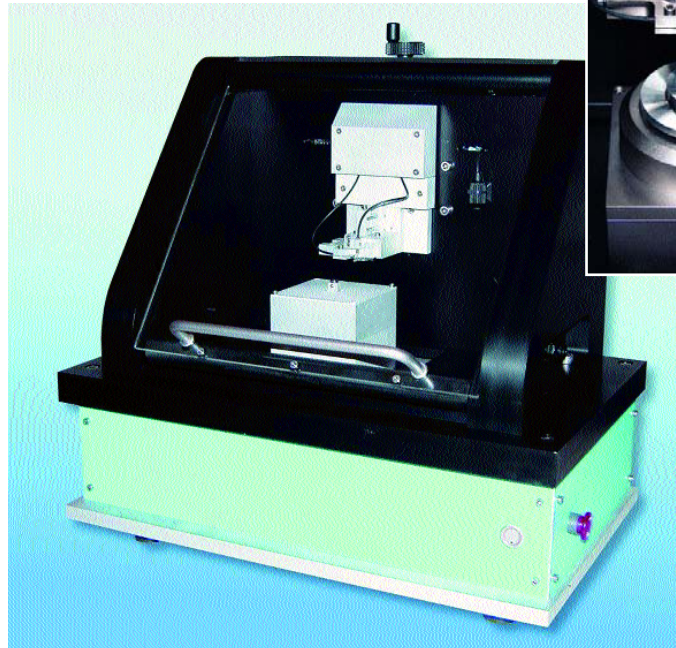


Abb. 1: Prototyp eines Rheometers

In Auswertung dieser Anforderungen an das Rheometer ergab sich ein Lastenheft, das Grundlage der Geräteentwicklung war.

Im Rahmen der bisherigen Geräteentwicklung entstand ein erster Prototyp des Rheometers (s. Abb. 1). Mit diesem Prototyp wurden die Umsetzung der Anforderungen aus dem Pflichtenheft verifiziert. Der Prototyp ist onlinefähig. Mit ihm wird Anfang 2004 ein Online-Ringtest realisiert, an dem alle Projektpartner beteiligt sind. Bei dem Online-Ringtest werden auf allen Testern, die sich vor Ort bei den unterschiedlichen Partnern befinden, die gleichen Experimente durchgeführt. Sowohl die Steuerung aller Messgeräte als auch die Übertragung der Mess- oder ausgewerteten Daten bzw. der Visualisierungsdaten über das Internet erfolgt vom IMMS aus.

Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden die vorhandenen Prototypen bei allen Projektpartnern entsprechend der unterschiedlichen Aufgabenstellungen getestet. Die Ergebnisse der Untersuchungen fließen in die Weiterentwicklung der Mess- und Auswerteverfahren und der Gerätetechnik ein.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Frank Spiller

Tel.: +49 (36 77) 67 83 - 26

E-Mail: frank.spiller@imms.de

Adhäsionstester BASALT – AT

Zielstellung

Ziel der Entwicklung im Rahmen der F&E – Kooperation zwischen dem IMMS und der Firma TETRA GmbH ist ein System für die Analytik und Bearbeitung in der Feinstwerktechnik im Mikro- und Nanobereich. Dieses System soll universell einsetzbar sein. Die Anwendungsbe- reiche reichen von der Prüfung des Verhaltens von Werkstoffen bzw. Werkstoffpaarungen in Bezug auf z.B. Adhäsion, Indentation und Scratching über die Baustoffprüfung, die Profilometrie, die Tribologie bis zu Zug-, Druck- und Torsionsversuchen. Auch Mikromanipulationen sind möglich.

Um den sehr umfangreichen Aufgaben gerecht zu werden und den Anwender in die Lage zu versetzen, nur in solche Funktionen zu investieren, die er wirklich benötigt, ist der Adhäsionstester modular aufgebaut. Dadurch sind sowohl einfache Systeme als auch sehr umfangreiche Ausbaustufen möglich. Eine Um- bzw. Nachrüstung eines bestehenden Testers ist ebenfalls vorgesehen.

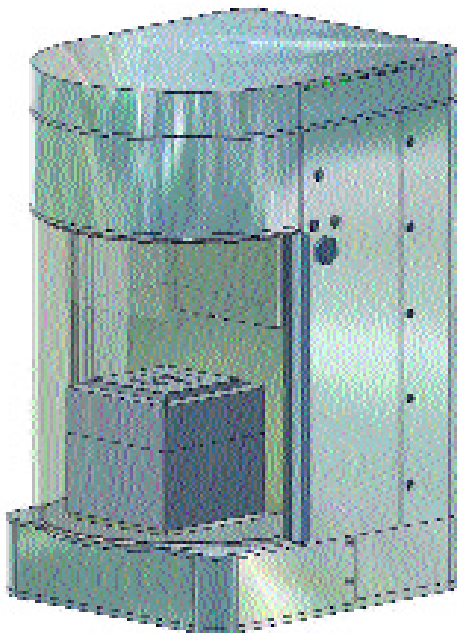


Abb. 1: Adhäsionstester BASALT – AT

Das System ist vernetzbar. Dies ermöglicht sowohl den Einsatz mehrerer Geräte nebeneinander als auch die Einbindung in vorhandene Datennetze. Ebenso sind die Einzelmodule über hochgenaue planare oder lineare Antriebe verkoppelbar.

Aufbau

Der Adhäsionstester BASALT – AT ist wie folgt aufgebaut:

■ Basisgerät

Das Basisgerät besteht aus einem sehr steifen schwingungsfesten Aufbau in den Maßen 200 mm x 350 mm x 255 mm (B x H x T) mit integrierter Z-Achse. Neben einem Hauptprozessor verfügt es über alle Versorgungs- und Steuerungsfunktionen und Schnittstellen sowohl für die externe Kommunikation als auch zum Betrieb der Module.

Die Z-Achse mit einer vorgespannten Führung aus der Superpräzisionsklasse ist für einen Hub von 50 mm ausgelegt. Der Antrieb wird über einen mikroschrittbetriebenen Schrittmotor realisiert. Dadurch sind in vertikaler Richtung Relativbewegungen ab 125 nm möglich. Die vertikale Position wird zunächst über die Anzahl der Schritte im Antrieb ermittelt. Zur Steigerung der Präzision und zur Ermittlung von Absolutwerten kann die Z-Achse mit einem Messsystem mit einer Auflösung von 50 nm ausgerüstet werden. Damit kann auch der für weitere Einsatzmöglichkeiten oder zur Erzeugung feiner vertikaler Schwingungen vorhandene Piezoantrieb kontrolliert werden.

■ Fuß

Das Basisgerät bildet mit einem Fuß eine konstruktive Einheit, der dem Gesamtaufbau die nötige Stabilität verleiht. Standardmäßig ist der Fuß mit einem horizontalen x - y - Probenpositionierer ausgerüstet. Dieser wird wahlweise von Schrittmotoren oder mit Hilfe von Drehknöpfen angetrieben. Der realisierte Weg beträgt in beiden Richtungen jeweils 20 mm.

Die Proben können auf einem Tisch mittelbar oder unmittelbar an einem Lochraster befestigt werden. Die Tischplatte ist auch für die Montage von Modulen ausgelegt. Hier kann z.B. der Linearmotor LMS – 20 (Seite 13) aufgesetzt werden. In dieser Kombination können die dort erreichten Leistungsparameter auch am Adhäsionstester BASALT – AT genutzt werden. Die Montage weiterer Module ist möglich.

Jedes Modul hat eine eigene im Modul integrierte Steuerung und meldet sich über eine Schnittstelle bei der zentralen Steuerung an. Dazu bekommt jedes Modul eine eigene Adresse.

■ Instrumentation

Auf einem Bauraum von 90 mm x 110 mm x 90 mm sind die Instrumente zur Weg- und Kraftmessung untergebracht. Es handelt sich um unterschiedliche wechselbare Module, die eine

einheitliche Schnittstelle benutzen. Sie melden sich ebenfalls bei der zentralen Steuerung mit einer eigenen Adresse an. Eine Aufnahme für TETRA – Cantilever sorgt für die Verbindung mit der bisher bekannten Technologie. Möglich sind 2-achsige Kraftmessung von 10 nN bis 10 N. Diese Module werden auf den Z-Antrieb aufgesetzt. Deshalb stehen ihnen sowohl der Zustellantrieb als auch die Feinpositionierung mit dem Piezo zur Verfügung. Ein eigener Messantrieb kann im Modul integriert werden. Module mit Mikromanipulator und ein Bearbeitungsmodul runden die Palette ab.

■ **Probenkammer**

Der Bereich, in dem sich die Probe mit der Instrumentation befindet, kann abgeschlossen werden. Der Verschluss ist transparent. Über vorhandene Anschlüsse kann die Probenkammer bei Bedarf mit einer definierten Atmosphäre versorgt werden.

Entwicklungsergebnis

Dieses Gerät wurde von der IMMS gGmbH in enger Zusammenarbeit mit der Firma TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik & Automation mbH in kürzester Zeit entwickelt.

Eine durchdachte Konstruktion formt im Zusammenspiel mit umfangreicher, modularer Software und ausgefeilter Elektronik den Adhäsionstester BASALT – AT zu einem hochwertigen Gerät. Die Auswahl von hochpräzisen Komponenten in Kombination mit dem modularen Aufbau bietet eine langlebige und variantenreiche Lösung für die Laborausstattung.

Ausblick

Durch den modularen Aufbau kann der Adhäsionstester BASALT – AT in vielen Varianten montiert werden. Für einfache Anwendungen wird der Fuß auch ohne den horizontalen Probenpositionierer für x- und y-Richtung ausgestattet. Ein Tisch mit einer einfachen zwangsfreien Klemmung ermöglicht in diesem Fall die Positionierung der Probe von Hand. Hier beträgt der Arbeitsbereich in beiden Richtungen ebenfalls 20 mm.

Eine andere Variante besteht aus einem Fuß mit Durchgang nach unten. So kann der Adhäsionstester direkt auf größere Gefäße aufgesetzt werden.

Die optionale Ausrüstung mit einer Kamera dient der Beobachtung der Probe und der Kontaktstelle während der Messung. Insbesondere bei der Mikromanipulation ist diese Option unverzichtbar.

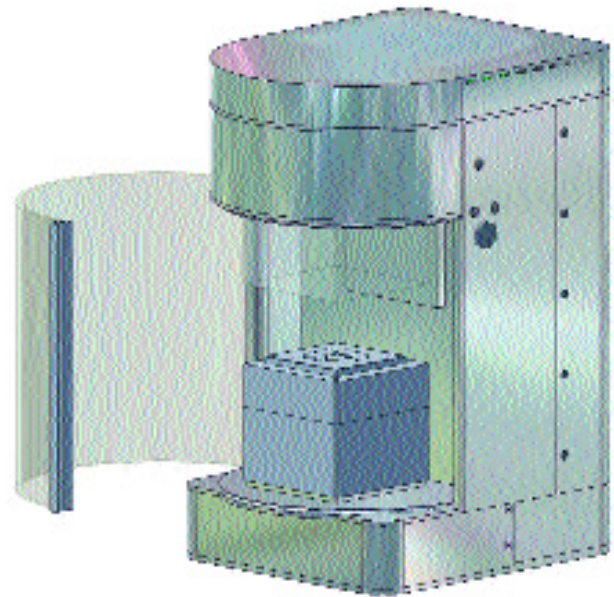


Abb. 2: Probenkammer offen

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Norbert Zeike

Tel.: +49 (36 77) 67 83-19

E-Mail: norbert.zeike@imms.de

Linear Motion System LMS 20

Zielstellung

Schnelles Erreichen einer Position und präzises Halten bei einer Wiederholgenauigkeit von $1\text{ }\mu\text{m}$ und einer Kraft von bis zu 2 N sind sehr hohe aber heute durchaus übliche Ansprüche an ein mechanisches System. Hinzu kommt eine hohe Gleichförmigkeit während der Bewegung.

Die Entwicklung des Gerätekonzeptes für eine ganze Familie von Linearmotoren, die auf kleinstem Raum für unterschiedliche Weglängen die genannten Anforderungen erfüllen, war die Aufgabe für dieses Teilprojekt, das im Rahmen der F&E-Kooperation gemeinsam mit der Firma TETRA GmbH bearbeitet wurde.

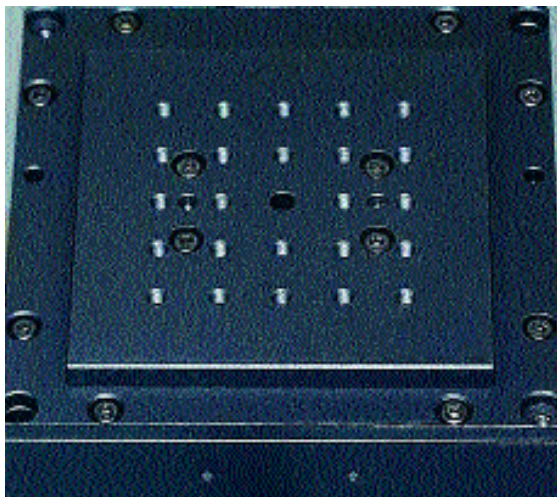


Abb. 1: LMS 20 Erstmuster

Forschungsverlauf und -stand

Das IMMS entwickelt elektrodynamische Präzisionsantriebe einschließlich Steuerung und Software.

Darauf aufbauend wurde ein Motor konzipiert, der sich lediglich in einer Achsrichtung bewegt und der in wissenschaftlichen Geräten vorzugsweise zur Probenpositionierung eingesetzt werden kann. Der Linearantrieb wurde innerhalb eines Bauraums von $90\text{ mm} \times 90\text{ mm} \times 35\text{ mm}$ auf der Grundlage zweier Ultrapräzisionsschienenführungen realisiert. Aufgrund umfangreicher Recherchen und Vorversuche ist es gelungen, eine gleichzeitig leichtgängige und ruckfreie Kugelgeradführung mit einem Gleichlauf von besser $1\text{ }\mu\text{m}$ zu finden. Zwischen den beiden Führungen befindet sich das elektrodynamische Antriebssystem.

Durch die Anordnung der Aktorspulen auf dem Stator und der Permanentmagnete am Läufer ist keine Kabelschleppverbindung zum beweglichen Teil vorhanden.

Fotoelektrische Sensoren werden mit einem linearen inkrementalen Maßband zu einem Messsystem kombiniert, welches eine Auflösung von 50 nm erreicht. Dieses liefert, ausgehend von einer Referenzmarke, neben Relativwegen auch absolute Messergebnisse.

Endlagenabtastung und Anschläge komplettieren das System.

Der Linearmotor ist zum Einsatz unter Reinraumbedingungen geeignet. Das Gesamtgewicht des Antriebs beträgt ca. 580 g .

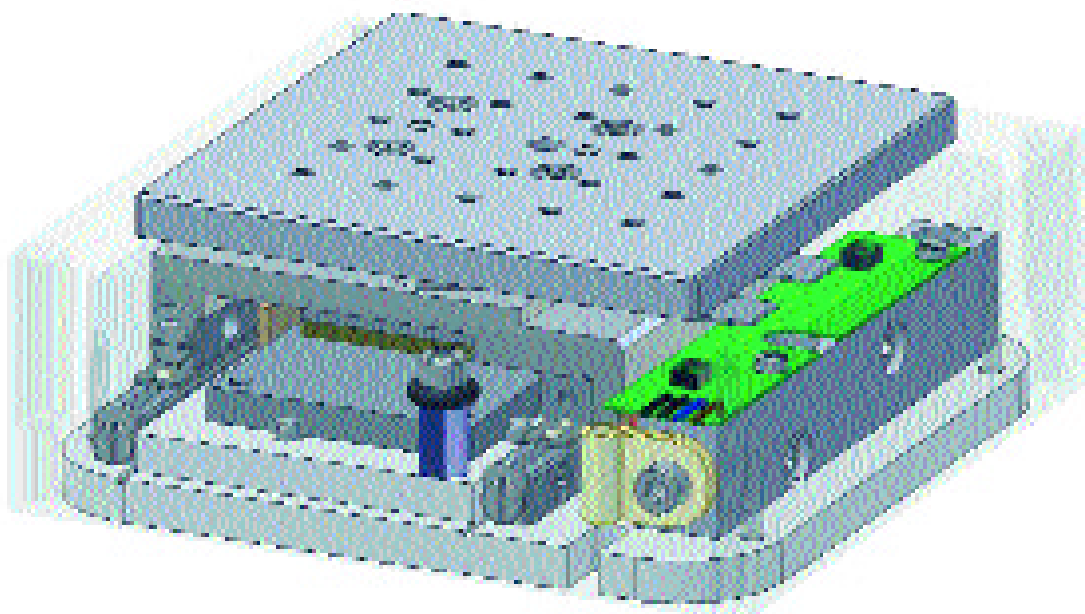


Abb. 2: Innenansicht

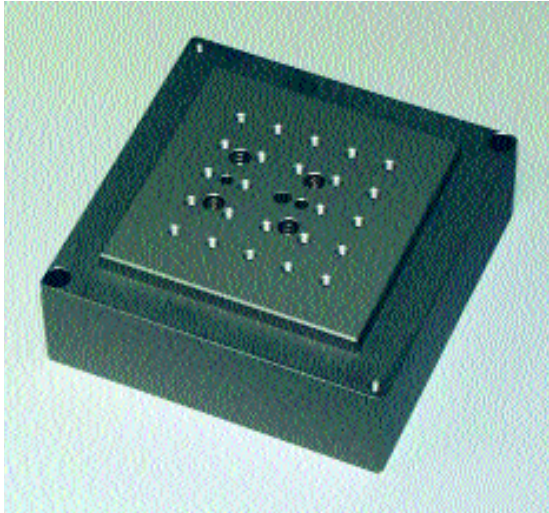


Abb. 3: Ansicht Linearmotor LMS 20

Ergebnisse

Der Linearmotor LMS 20 hat einen Bewegungsbereich von 20 mm. Bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von bis zu 30 mm/s und einer Beschleunigung bis 5 m/s^2 wird die geforderte Wiederholgenauigkeit von $1 \mu\text{m}$ für das Erreichen und Halten der Sollposition mit erheblicher Genauigkeitsreserve erreicht. Der Motor arbeitet mit diesen Parametern bis zum Erreichen der Blockierkraft von 2 N und verträgt eine Normalkraft von 10 N.

Neben der zu bevorzugenden waagerechten Gebrauchslage sind mit Einschränkungen auch beliebige Einbaubedingungen (z.B. vertikaler Betrieb) möglich.

Wegen der geforderten Genauigkeit und Präzision wird der LMS 20 wie ein kommutierter Servomotor betrieben. Die Steuerung liest über einen digitalen Encodereingang die momentane Position ein und berechnet die kommutierten Spulenströme. Die Endstufen werden dann entsprechend über einen PWM-Ausgang angesteuert.

Ausblick

Mit der weiteren Entwicklung zu einem selbständigen System wird die Steuerung, basierend auf einem 16-bit Microcontroller von Fujitsu, in einem baugleichen Gehäuse direkt unter dem Motor platziert. Das Ziel ist ein Komplettsystem mit integrierter Steuerung.

Der vorgestellte Linearmotor dient als Basismodell für weitere Linearmotoren mit geänderten Parametern. Der nächste Schritt ist die Entwicklung eines gleichartigen Antriebs für einen Bewegungsbereich von 50 mm.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Norbert Zeike

Tel.: +49 (36 77) 67 83-19

E-Mail: norbert.zeike@imms.de

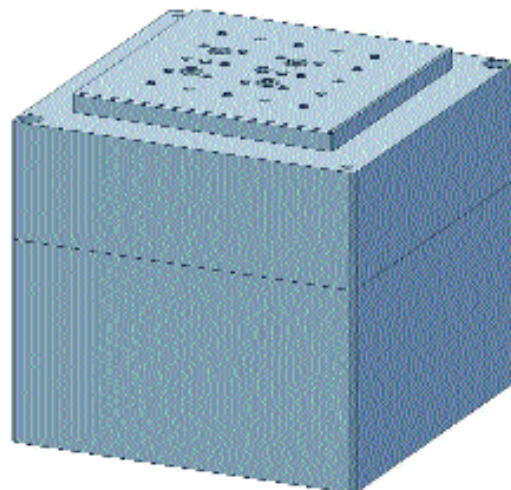


Abb. 4: Komplettsystem mit Steuerung

Zielstellung

Im Sonderforschungsbereich 622 der Deutschen Forschungsgemeinschaft werden die wissenschaftlich-technischen Grundlagen für die Entwicklung und die Realisierung von Nanopositionier- und Nanomessmaschinen (NPM/NMM) erarbeitet. Derartige Maschinen dienen der Positionierung, Messung, Antastung, Manipulation und Bearbeitung von Objekten mit Nanometerpräzision und nehmen somit eine zentrale Stellung in zukunftsorientierten Technologien und Techniken, wie der Halbleitertechnik, der Bio- und Gentechnik oder auch der Elektronenstrahl- und Röntgenlithografie ein. Die zahlreichen technologischen Applikationsbereiche definieren die wesentlichen Herausforderungen für den SFB 622: Abdeckung großer Bewegungsbereiche von einigen 100 mm mit Genauigkeiten im Nanometerbereich und hohen Positioniergeschwindigkeiten.

Im Rahmen dieses Sonderforschungsbereiches beschäftigt sich das IMMS mit der Entwicklung von Nanopositioniersystemen für große Bewegungsbereiche. Dabei ist für eine derartige NPM/NMM mit einem Arbeitsbereich von 200 mm x 200 mm x 25 mm ein Antriebs- und Führungssystem zu erarbeiten. Die Forschungsarbeit umfasst neben der Auswahl und dem Design geeigneter Antriebe auch die Suche nach passenden Konzepten zu deren Anordnung. Mit dem Ziel einer aerostatischen Führung des Läufers sind darüber hinaus, verschiedene Luftlagertypen hinsichtlich ihrer Eignung für die Nanopositionierung zu untersuchen und ein adequates Führungskonzept zu erarbeiten.

Forschungsverlauf und -stand

Im Rahmen der Untersuchung aerostatischer Führungselemente wurde ein Aufbau zur interferometrischen Messung des Restauschens planarer Luftlager realisiert. Die Messungen zeigten, dass der Einsatz klassischer Düsenlager in der Nanopositionierung wegen der Restschwingungen der Lager mit Amplituden von ± 5 nm und Frequenzen von ca. 5 – 100 Hz nicht angebracht ist. Für Luftlager mit porösen Lagerflächen konnte eine Verringerung der Schwingungsamplituden auf ca. ± 1 nm nachgewiesen werden.

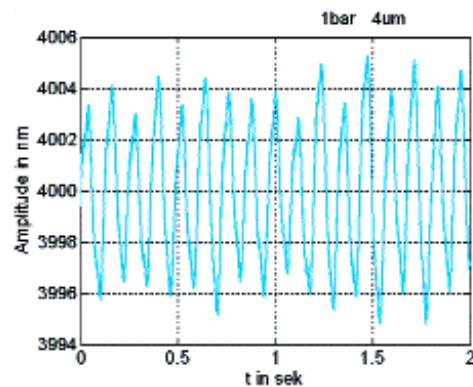


Abb. 1: Restschwingung eines Düsenlagers

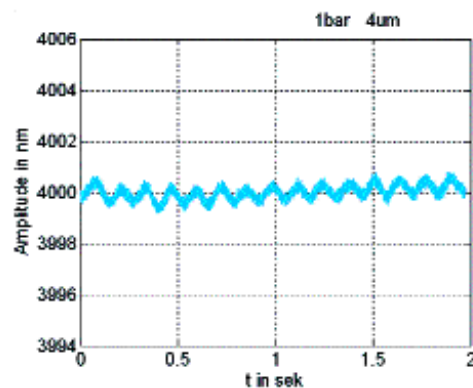


Abb. 2: Restschwingung eines Planarlagers mit poröser Lagerschicht

Im Verlauf der Entwicklung des Antriebs- und Führungssystems erfolgte ein umfangreicher Variantenvergleich für die Gestaltung und Anordnung der Systemkomponenten. Dabei wurden sowohl für den Einsatz planarer Luftlager, als auch für die Verwendung zylindrischer Linearluftführungen Antriebs- und Führungsprinzipien erarbeitet und bewertet.

Mit dem Ziel, die Eignung der zylindrischen Linearführungen für die Nanopositionierung genauer zu untersuchen und im Interesse einer Austauschbarkeit mit Wälzführungen für den Vakuumeinsatz, richtete sich die weitere Entwicklung auf dieses Führungsprinzip aus. Das am Ende des Auswahlprozesses favorisierte Prinzip wurde in Form eines 3D-Modells konstruktiv umgesetzt.

Im Ergebnis des Vergleichs wurde eine Lösung ausgewählt, bei der der Läufer durch eine serielle Anordnung von jeweils zwei Linearluftführungen pro Bewegungsrichtung geführt und abgestützt wird. Die eingesetzten Führungsbuchsen besitzen eine poröse Lagerschicht, durch die die Luft radial in den umlaufenden Luftspalt austritt. Darüber hinaus sieht das Prinzip eine symmetrische Anordnung von je

zwei elektrodynamischen Direktantrieben vor, die parallel auf den Läufer einwirken. Dies ermöglicht neben den dynamischen Vorteilen auch eine Anordnung der Antriebe außerhalb des Verfahrbereiches des Läufers. Auf diese Weise kann der thermische Einfluss der Antriebe auf den Mess- und Arbeitsbereich minimiert werden. Zusätzlich erleichtert die periphere Antriebsanordnung die gezielte Wärmeabfuhr über ein Kühlsystem.

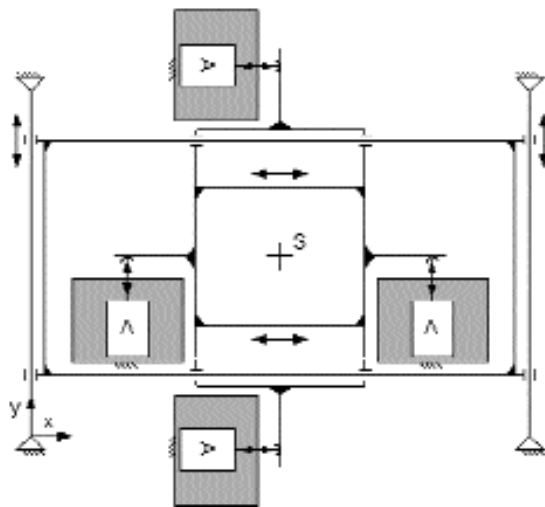


Abb. 3: Vorzugsvariante mit Linearführungen

Das auf dieser Basis erstellte 3D-Modell bindet die Komponenten von Antrieb und Führung konstruktiv ein und berücksichtigt für die Nanopositionierung wichtige konstruktive Details.

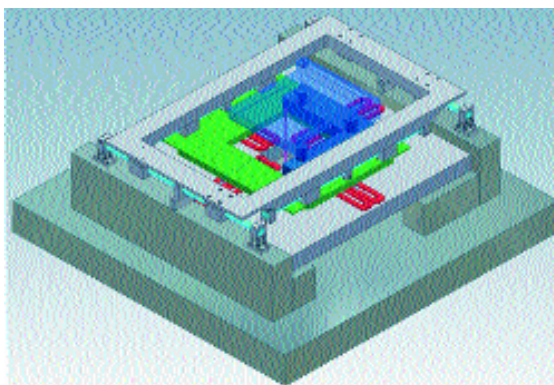


Abb. 4: 3D-Entwurf mit Linearluftführungen

Ausblick

Um das Verhalten der zylindrischen Linearluftführungen besonders hinsichtlich der Restschwingungen und der statischen und dynamischen Steifigkeit genauer kennenzulernen, erfolgt in einem nächsten Schritt die experimentelle Untersuchung dieser Führungseinheiten mit Hilfe eines Testaufbaus. Die Erkenntnisse aus diesen Messungen können in der weiteren Umsetzung des Konzeptes berücksichtigt und in das 3D-Modell eingearbeitet werden. Darüber hinaus erfolgt eine Weiterentwicklung und Ausgestaltung des entwickelten Konzeptes bis hin zum Aufbau eines Prototyps. Experimentelle Untersuchungen an diesem Muster bilden dann die Basis für den Vergleich mit anderen Antriebs- und Führungskonzepten und schließlich für die Auswahl des zu realisierenden Systems.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Steffen Hesse

Tel.: +49 (0) 36 77 67 83-18

E-Mail: steffen.hesse@imms.de

Dipl.-Ing Hans-Ulrich Mohr

Tel.: +49 (0) 36 77 67 83-18

E-Mail: hans-ulrich.mohr@imms.de

Vergleich von Regelungskonzepten zur Bahnsteuerung planarer Hybridschrittmotoren

TMWFK, B609-01040

Zielstellung

Im Maschinenbau werden weltweit höhere Geschwindigkeiten und Genauigkeiten gefordert. Für die Antriebe ergibt sich daraus ein Trend zum Einsatz von Direktantrieben, die die Nachteile des klassischen Rotationsmotor-Spindel-Antriebs wie Spiel und Nachgiebigkeit vermeiden. Der Wegfall der Getriebe ermöglicht geringere Massen und eine Verbesserung der Dynamik des Antriebs. Um die Möglichkeiten hinsichtlich Präzision und Dynamik auszuschöpfen, die sich aus den konstruktiven Vorteilen der Direktantriebe ergeben, genügt es nicht, lineare Schrittmotoren in der offenen Steuerkette zu betreiben. Benötigt wird statt dessen eine Regelung des Antriebs.

Im Rahmen eines vom Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst geförderten Verbundprojektes werden moderne, nichtlineare Algorithmen zur Regelung von Schrittmotor-Direktantrieben entwickelt. Diese sind so zu gestalten, dass unter Ausnutzung der Vorteile planarer Direktantriebe große Verfahrenwege, hohe Geschwindigkeitsverhältnisse und eine hohe Laufruhe bei allen Geschwindigkeiten realisiert werden. Um diesen Anforder-

vertikaler und horizontaler (x- und y-) Richtung sowie die Rotation in der Bewegungsebene hat.

Der hier verwendete Motor besitzt drei kraftzeugende Komponenten (eine in x-Richtung und zwei in y-Richtung wirkend).

Die mögliche Verdrehung des Motors ist hier als Störung aufzufassen, da diese eine Verringerung der erzielbaren Kraft zur Folge hat. Aus der Tatsache, die Verdrehung des Motors auszuschließen, bietet sich ein separater Verdrehregler (ϕ -Regler) mit Null als Sollwert an. Unter dem Gesichtspunkt der Bahnsteuerung lassen sich die verbliebenen Freiheitsgrade als Bewegung in Zielrichtung entlang der Sollbahn beschreiben. Die Regelung wird durch einen z-e-Regler (Gesamtregler im weiteren als z-e- ϕ -Regler bez.) realisiert, wobei der e-Regler die seitliche Bahnabweichung und der z-Regler den Abstand zum Endpunkt der Bahn bzw. des Bahnsegments zu Null regelt.

Bei dem zweiten Ansatz geht man von einem Einzelachsregler für einen Linearmotor aus. So kann man jedem Teilmotor einen solchen Regler zuordnen, und man erhält in diesem Fall einen x-y₁-y₂-Regler.

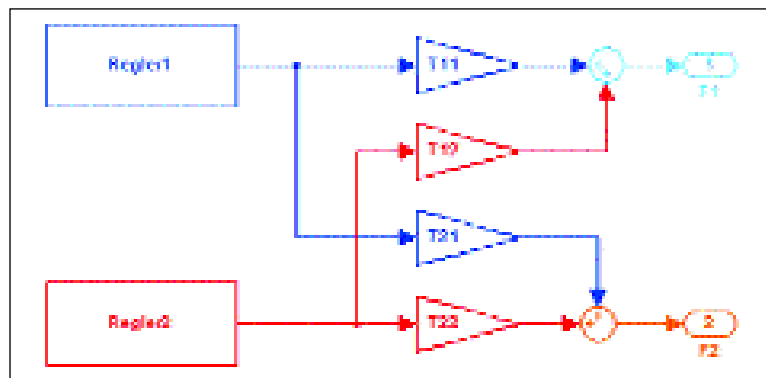


Abb. 1: Prinzip zur Entkopplung der Achsen

ungen gerecht zu werden, sind spezielle Dynamikmodelle sowie Konzepte und Algorithmen für geeignete Steuerungen zu entwerfen. Dabei liegt der Aufgabenschwerpunkt am IMMS in der Entwicklung von Mehrachs-Zustandsregelungen für Bahnsteuerungen. Dabei haben sich zwei Ansätze für die Regelung herauskristallisiert, die im Folgenden verglichen werden.

Forschungsverlauf und -stand

Für Umsetzung und Erprobung der Reglerkonzepte wird ein Planarschrittmotor verwendet, der die drei Freiheitsgrade für die Bewegung in

Ein solcher Regler lässt sich relativ einfach mit Hilfe von fertiger Hardware diverser Anbieter umsetzen. So gibt es z.B. Lösungen für bis zu acht Achsen mit frei programmierbaren Encodern. Die Sollwertvorgabe für die Zielpunkte lässt sich einfach auf die Einzelachsregler aufteilen. Der Bedingung, die Verdrehung betrage Null, wird durch gleichgesetzte Sollwertvorgabe für y₁ und y₂ genüge getan. Etwas aufwändiger gestaltet sich die Regelung entlang einer Bahn, da hier der Sollwert ständig aktualisiert werden muss.

Die von dem einem y-Antrieb erzeugte Kraft wirkt auf den anderen über eine Momentenbe-

ziehung zurück. Die entsprechenden Querverbindungen sind im Reglerentwurf (s. Abb. 1) durch eine Entkopplung der Achsen zu berücksichtigen. Bei den am Markt vorhandenen Hardwarelösungen ist eine solche Vernetzung zwischen den einzelnen Achsreglern nicht vorgesehen, weshalb hier auf eine Entkopplung verzichtet wird, so dass in diesem Falle die beiden y-Regler gewissermaßen gegeneinander arbeiten. Derzeit wird der Einfluss der Entkopplung auf die Verdrehsteifigkeit mit Hilfe von Simulink-Modellen untersucht.

Im Gegensatz zum $x-y_1-y_2$ -Regler lässt sich beim $z-e-\phi$ -Regler der Verdrehregler direkt tunen, was für die Verdrehsteifigkeit vorteilhaft ist. Eine Entkopplung der y-Achsen ist bei diesem Reglerkonzept nicht erforderlich. Ebenso sind hier z- und e-Regler so ausgelegt, dass die Regelabweichung zu Null geregelt wird. Um dieses Prinzip anwenden zu können, ist es notwendig, die x-y-Koordinaten in z-e-Koordinaten zu überführen. Da dieser rechenintensive Prozess in Echtzeit geschehen soll, sind die Anforderungen an die Steuerhardware recht hoch, so dass hier i.d.R. kostenintensive DSP-Karten zum Einsatz kommen.

Die untenstehende Tabelle 1 stellt die Vor- und Nachteile der beiden Regler in Kurzform gegenüber.

	$x-y_1-y_2$-Regler	$z-e-\phi$-Regler
+	■ direkte Übernahme von ein-dimensionalen Reglerstrukturen ■ Verwendung von vorimplementierter Hardware möglich ■ Bahnvorgabe ohne rechenintensive Koordinatentransformation	■ einfaches Handling der Verdrehregelung (spez. Reglertuning) ■ automatische Entkopplung der Achsen
-	■ Entkopplung der y-Achsen erforderlich (auf fertiger Hardware nicht möglich) ■ geringe Verdrehsteifigkeit	■ hoher Rechenaufwand zur Koordinatentransformation ■ Verwendung von voreingestellter Steuerhardware nicht möglich

Tab. 1: Vor- und Nachteile der dargestellten Reglerkonzepte

Ausblick

Der Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten liegt in der Entwicklung eines Verfahrens zur Entkopplung der Achsen für den $x-y_1-y_2$ -Regler, das auf konfektionierter Hardware zum Einsatz kommen soll. Darüber hinaus wird an einem Bahn-generator gearbeitet, mit dem es möglich ist, komplexe geometrische Figuren zu fahren.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing.(BA) Jörg Peukert

Tel.: +49 (36 77) 67 83-62

E-Mail: joerg.peukert@imms.de

Zielstellung

Das Forschungsprojekt InnoSKo im Rahmen des Programms Innoregio Südthüringen hat die Zielsetzung Bearbeitungssysteme zu konzipieren, die den hohen Anforderungen der modernen Laserpräzisionsbearbeitung gerecht werden. Die Bearbeitung komplexer Werkstückgeometrien erfordert die Beherrschung komplexer Bearbeitungsmaschinen, d.h. Übergang von 2D- zu 3D-Systemen und damit zu einer entsprechend höheren Anzahl von Antriebsachsen.

Im ersten Schritt sollte aus einem bestehenden planaren Positioniersystem, einer Drehachse und einem Z-Spindelantrieb ein kompaktes Positioniersystem entstehen, welches die praktischen Anforderungen erfüllt, die sich im Laufe viele Bearbeitungsvorgänge als sinnvoll herausgestellt haben.

Dabei sollte der bestehende Steuerrechner durch bessere Ausnutzung existierender Ressourcen und erweitert um die nötigen Signaleingänge und -ausgänge ohne hardwareseitige Aufrüstung weiterverwendet werden.

Forschungsverlauf und -stand

Um eine komplette Werkstückbearbeitung zu realisieren, sind neben der reinen Schneidgeometrie auch diverse Zustellbewegungen zu berücksichtigen. Durch das Einbinden der zusätzlichen Antriebsachsen in die übergeordnete Echtzeitsteuerung ist es möglich, eine weitgehend autonome Abarbeitung zu realisieren, die durch die maschinelle Wiederholgenauigkeit eine gleichbleibende Qualität bei hohen Stückzahlen ermöglicht.

Das komplette Antriebssystem, bestehend aus:

- Endstufenbox mit Steuerrechner und DSP-Echtzeitsystem
- Planarantriebseinheit mit aufgebrachter Drehachse sowie den Messsystemen
- Lasereinheit mit Z-Spindelantrieb

wurde hardwareseitig dimensioniert und physisch aufgebaut.

Der Ausgangspunkt für die Bearbeitung des Projektes, dessen wesentlichen Innovationen im Softwareentwurf liegen sollten, ist ein bewährter Designflow, der sich im wesentlichen auf drei Elemente stützte:

- Datenanalyse, Modellbildung und Reglerentwurf mit High-Level-Software-Tools: Matlab
- Modellierung und grafische Strukturierung der Steuerungshierarchie: Simulink

- Automatische, speziell an die Steuerungshardware angepasste Codegenerierung: Realtime Workshop(c)

Die mit der Erhöhung der Komplexität einhergehende Erhöhung des Rechenaufwandes und des Speicherplatzbedarfs, erforderte eine detaillierte Auseinandersetzung mit der Steuerungshardware, um trotz automatischer Codegenerierung die Leistungsfähigkeit der Rechentechnik voll auszuschöpfen bzw. die Abarbeitung des Echtzeitprogramms überhaupt zu ermöglichen. Im Sinne eines Rapid-Prototyping Designflows wurden auf dem Weg zur funktionsfähigen DSP-Applikation mehrere Iterationen des oben beschriebenen Entwurfsprozesses durchlaufen.

Die festgelegte Hierarchie:

1. Messsystem

- planares Flächenraster
- Inkremetalgeber für Drehachse
- aus Resolversignalen aufbereitete Inkrementalgebersignale für Z-Achse

2. Regler

- Planarregler (beobachterbasierter inkrementeller Riccatiregler)
- Einzelachsregler (beobachterbasierter inkrementeller Riccatiregler)
- Einzelachsregler (PID-Konzept)

3. Ausgabe

- Kommutierung und Zuordnung der Ströme
- Fehlerbehandlung und Start/Stop

diente dabei der Orientierung bei der schrittweisen Lösung der Teilprobleme und damit der strukturierten Lösung des komplexen Gesamtproblems.

Abschließende Anpassungen und Tests finden momentan auf der Zielhardware statt und können als erfolgsversprechend bezeichnet werden. Der Einsatz der neuen Maschinensteuerung in einer Laserschneidanlage der Firma LLT GmbH steht unmittelbar bevor.

Ausblick

Möglichkeiten zur Erweiterung der Leistungsmerkmale sind im Soft- und Hardwareentwurf schon jetzt berücksichtigt und werden in einer weiteren Ausbaustufe verfügbar (z.B. Handradsteuerung).

Der Erfahrungsaustausch mit dem Anwender hat gezeigt, dass es im Sinne eines effektiven Produktionsvorgangs vorteilhaft ist, die Maschine mit unterschiedlichen Konfigurationen (sequentiell) innerhalb eines Bearbeitungsvor-

ganges nutzen zu können. Dadurch können Stillstandszeiten minimiert und die Benutzerfreundlichkeit erhöht werden. Konzepte, die dieses ermöglichen, sind Gegenstand weiterer Entwicklungsarbeit.

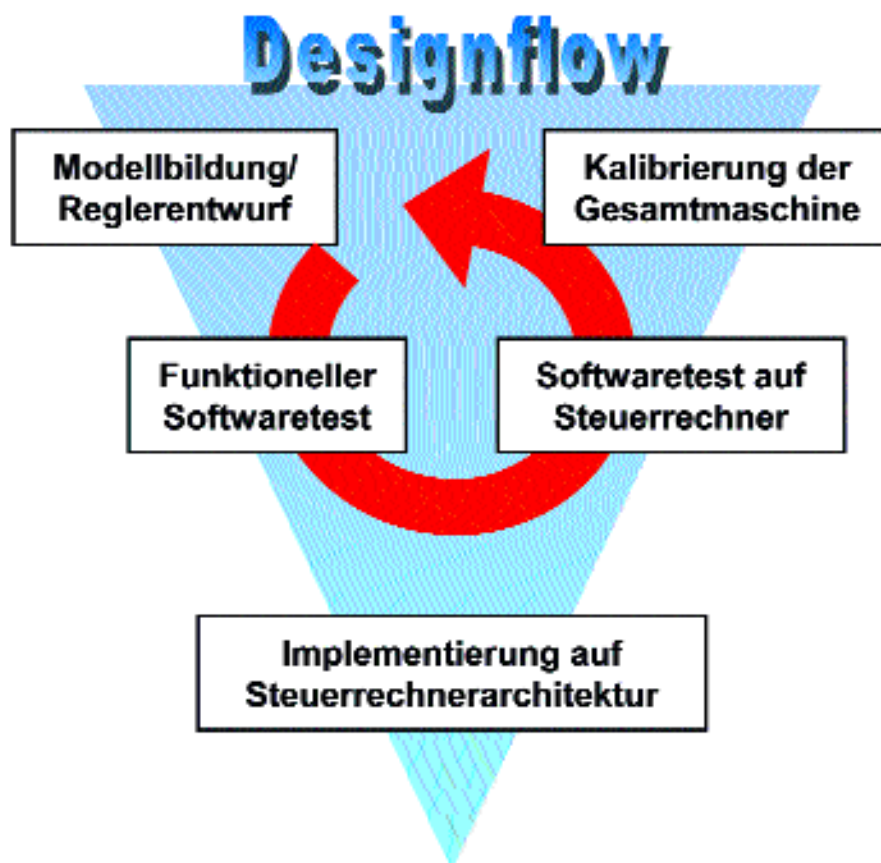
Parallel werden die Arbeiten zur Erweiterung der Regelungsstrategien vorangetrieben. Eine Diplomarbeit zur Untersuchung von Verfahren zur Synchronisierung von Einzelachsen auf weitere Einzelachsen oder Achssysteme startet im März 2004.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Torsten Maaß

Tel.: +49 (36 77) 67 83-62

E-Mail: torsten.maass@imms.de



Design und Optimierung von Passiven Magnetlagern mit modernen Entwurfsmethoden

Zielstellung

Reibungs- und Wartungsfreiheit sind die bekannten Systemvorteile von Magnetlagern, die zu einer Vielzahl von Anwendungen insbesondere bei der Lagerung schnell-drehender Rotoren geführt haben. Entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg der industriellen Applikation ist dabei die Umsetzung des Lagerprinzips im Entwurfsprozess in ein optimal an die Applikation angepasstes Magnetlager.

Einer noch stärkeren Verbreitung von üblicherweise aktiven Magnetlagern stehen oftmals die im Vergleich zu konventionellen Lagern höheren Anschaffungskosten entgegen. Bei der passiven Sperrung von Freiheitsgraden lassen sich diese Kosten senken. Jedoch führt die Verwendung passiver Lager gleichzeitig zu einem erhöhten Entwurfsaufwand, da z.B. passive Lager per se keine Dämpfung aufweisen und zudem eine Vielzahl von Ausführungsformen erlauben. Die effiziente Gestaltung dieses Entwurfsprozesses für eine passiv magnetgelagerte Welle ist Ziel aktueller Arbeiten. Dabei fließen in das Projekt auch Ergebnisse eines 2001 beendeten Projektes ein, bei dem ein Labormuster einer aktiv gelagerten Welle entworfen und erprobt wurde.

Lager für den axialen Freiheitsgrad sowie passive Lager für den radialen und angularen Freiheitsgrad zu entwerfen und zu optimieren. Da passiven Lagern keine Dämpfung innewohnt, müssen zusätzlich noch innere (elektromagnetische) oder äußere (mechanische) Dämpfungselemente entwickelt werden. Die sich daraus ableitenden Schwerpunkte des Vorhabens sind daher:

- magnetische Modellierung, Simulation und Optimierung der Lagerkomponenten
- Beschreibung des mechanischen Wellenverhaltens. Das beinhaltet:
 - Bestimmung der notwendigen Lagersteifigkeiten für vorgegebene Störgrößen
 - Optimierung der Lagerparameter wie z.B. die Lagerposition
- Modellierung und Entwurf der Dämpfungskomponenten

Passive Magnetlager nutzen die zwischen Magneten wirkenden Lorentz-Kräfte als Lagerkräfte. Die Umsetzung des Lagerprinzips kann dabei auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Unterschieden werden auf abstoßenden Kräften basierende, repulsive Lager sowie attraktive Lager, deren Wirkung auf anziehenden Kräften beruht. Attraktive Lager lassen sich

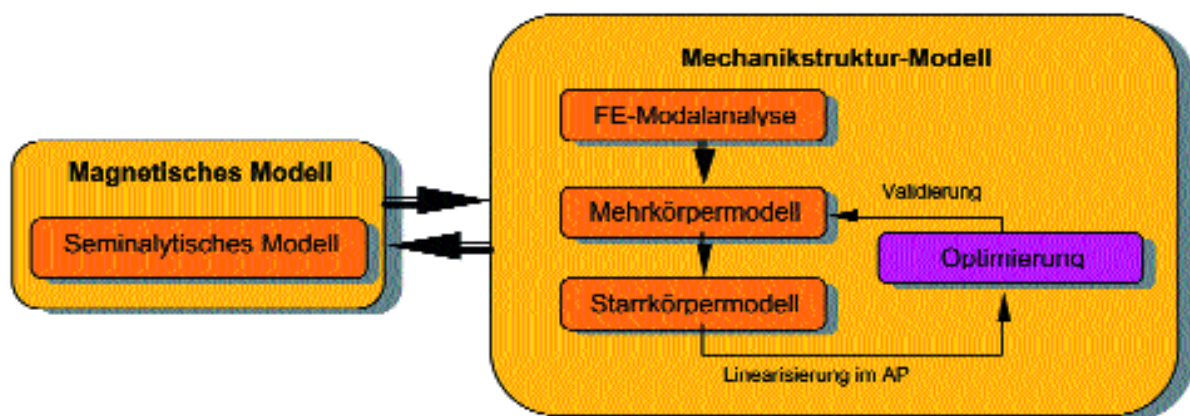


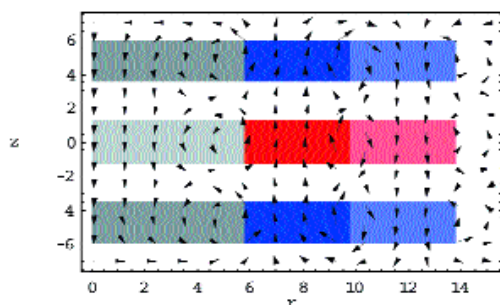
Abb. 1: Modellstruktur

Forschungsverlauf und -stand

Passive Magnetlager können entsprechend dem Theorem von Earnshaw nicht alle Freiheitsgrade einer Welle sperren (die Sonderfälle bei Verwendung diamagnetischer Materialien oder von Superleitern werden nicht betrachtet). Dementsprechend ist mindestens ein Freiheitsgrad aktiv mittels Detektion und Regelung zu sperren; im Regelfall ist dies der axiale Freiheitsgrad, um die Anzahl der benötigten aktiven Lagerkomponenten und somit die Kosten zu reduzieren. Für eine passiv bzw. richtiger passiv/aktiv gelagerte Welle sind daher ein aktives

zudem nach der Anzahl der ineinander geschachtelten Magnetringe in Einfach- und Mehrfachringlager klassifizieren.

Keine der prinzipiellen Lageranordnungen ist von vornherein ideal für alle Applikationen geeignet. So ist z.B. die erzielbare Kraft pro Lagervolumen bei Mehrfachringlagern höher als bei Einfachringlagern; dem stehen jedoch z.B. die höheren Herstellungskosten bei Mehrfachringen im Vergleich zu Einfachringen entgegen. Eine Auswahl der optimalen Lagerkonfiguration erfolgt daher oftmals mittels einer Bewertungsmatrix, in die alle relevanten Ent-



Entwicklung eines modularen Mikrotribometers und eines Probenmagazins für die Anwendung im UHV

Zielstellung

In der Vakuummikrotribologie sind gegenwärtig nur Eigenentwicklungen von Instituten bekannt, mit denen Reibungsmessungen im Mikronewton - Kraftbereich durchführbar sind. Aus diesem Grund sollte in Kooperation zwischen dem IMMS und der TETRA GmbH (Ilmenau) ein Mikrotribometer projektiert werden, das die Bedürfnisse dieses zukunftssträchtigen Marktsegmentes berücksichtigt.

Forschungsverlauf und -stand

Im Rahmen der Entwicklung eines universell einsetzbaren Pin-on-Disk- und Reciprocating-Tribometers entstand ein Prototyp, der Untersuchungen im Mikronewtonbereich sowohl im UHV und als auch unter Normalatmosphäre ermöglicht. In Abbildung 1 ist der Gesamtaufbau eines derartigen UHV-Tribometers, bestehend aus zwei CF 100 Doppelkreuzen und dazwischen liegender Schleuse, Tribometer- und Magazinbaugruppe, dargestellt. Eine Kammer dient als Prüfkammer und die andere für die Aufnahme des Probenmagazins und des Transfersystems für den Probenaustausch. Für die mechanischen und elektrischen Schnittstellen werden handelsübliche CF- Normbaugruppen der Vakuumtechnik verwendet.

Der Tribometeraufsatz ist auf einen Montageeinschub, einen CF 100 - Flansch, montiert. Mit Hilfe der Z - Verstellung kann das Tribometer in vertikal bewegt werden, um einen Austausch der Proben im evakuierten Zustand mittels des Probenmanipulators zu ermöglichen. Die Proben werden in einem Magazin in einer zweiten Kammer (CF 100-Doppelkreuz) bereit gestellt, um bei Versuchsreihen nicht nach jeder Messung die UHV-Kammern belüften zu müssen. Dies ermöglicht gleichzeitig den Austausch der Proben im Magazin während des Betriebes des UHV-Tribometers. Für Probenwechsel innerhalb des UHV-Systems bzw. Beschickung mit neuen Proben wird das Magazin in vertikaler Richtung verstellt. Die Aufnahmeächer für die Proben im Magazin können nach Anwenderwunsch gestaltet werden, sie sind derzeit für Omikronplättchen ausgelegt. Mittels eines horizontal geführten Manipulators wird der Probenwechsel in der evakuierten Kammer durchgeführt.

Auf Grund der modularen Bauweise des Tribometersystems mit optionaler Probenmagazinierung und -zuführung wird ein breites Anwendungsfeld für mikrotribologische Untersuchungen erschlossen.

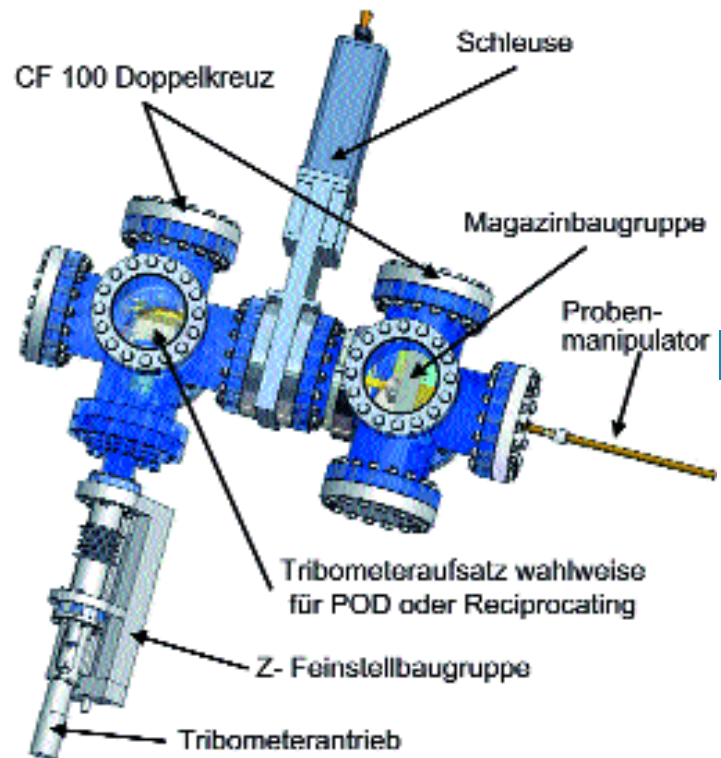


Abb. 1: UHV-Kammersystem mit Tribometer-einsatz und Magazinbaugruppe

Das Tribometersystem weist folgende Systemparameter und Funktionen auf:

- Einsatz sowohl unter Normalatmosphäre als auch im UHV
- Realisierung von Pin-on-Disk- und Reciprocating - Verfahren
- Normalkraftauflösung: 40 μN
- Tangentialkraftauflösung: 1 μN
- Normalkraftbereich: 0 bis 5 N
stufenlos einstellbar
- Tangentialkraftbereich: 1 μN bis 25 mN
- Reibweg (Reciprocating): $\pm 0,5$ mm
- Reibwinkel (POD): $> 360^\circ$
- Probekörperpaarung: Kugel/Ebene
Ebene/Ebene

Ausblick

Nach dem Test der einzelnen Baugruppen und des Gesamtsystems erfolgt eine Weiterentwicklung des Prototyps zur Serienreife.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Volker Bornmann

Tel.: +49 (36 77) 67 83 -19

E-Mail: volker.bornmann@imms.de

Erteilte Patente des Bereiches Mechatronik

1. DE 102 30 614.1- 52

„Anordnung von Referenzmarken auf Messrasterplatten und Referenzmarkensensoren auf dem dazugehörigen optoelektronisch arbeitenden Messkopf“

Die Erfindung betrifft eine Anordnung von Referenzmarken auf Messrasterplatten und von Referenzmarkensensoren auf einem dazugehörigen optoelektronisch arbeitenden Messkopf zur Erfassung von Relativlagen eines Messkopfes einer Messmaschine zum Beispiel zur dazu abgestimmten Messrasterplatte bezüglich der X- und Y- Positionen sowie der Verdrehung in der Ebene, wobei eine Anordnung von Referenzsensoren (des Messkopfes) die in der Rasterebene angeordneten Referenzmarkenanordnung (der Messrasterplatte) abtastet.

Derartige Referenzmarkenanordnungen und dazugehörige Messköpfe sind wesentliche Bestandteile von Mess- und Bearbeitungsmaschinen, die im Mikro- und Nanometerbereich arbeiten.

2. DE 103 27 505.3-52

„Maßverkörperung mit integriertem Temperierungssystem“

Für Feinpositioniertische und ähnliche Anordnungen werden Messsysteme zur Ermittlung der jeweiligen Tischposition in der Verschiebeebene benötigt, die aus einer Messrasterplatte mit aufgetragenen Markenkongfigurationen und einem optoelektronischen Markenerfassungssystem (Messkopf) bestehen.

Die Messrasterplatten werden mit Rasterlinienabständen im Mikrometerbereich belegt. Temperaturänderungen (in der Regel Erwärmungen) einer solchen Rasterplatte, die bedingt sind durch Antriebe u.a. Energieverbraucher, und damit verbundene undefinierte Plattenausdehnungen wirken sich nachteilig auf die Feinpositionierung des Tischsystems aus, da nun auch die Rasterlinien- und Markenabstände von ihren Standardabmaßen abweichen.

Derartige Messrasterplattenanordnungen und dazugehörige Messköpfe sind wesentliche Bestandteile von Mess- und Bearbeitungsmaschinen, die im Mikro- und Nanometerbereich arbeiten (S.a. DE 102 30 614.1- 52).

Diese gleichbleibende Temperierung der Rasterplatte lässt sich durch geregelte Kühlung der Platte erreichen.

Von Vorteil ist eine innere Kühlung der Rasterplatte, da gegenüber einer äußeren Kühlung mittels Kühlluft die übrigen Systembaugruppen nicht mitgekühlt oder durch z.T. unkontrollierte Luftströmungen (eher negativ) beeinflusst werden.

3. DE 103 26 978.9 -12

„Kreuzgelenk“

Die Erfindung betrifft ein Kreuzgelenk mit zwei Schwenkachsen, die mit einem Achsenkreuz verbunden sind. Die bekannten Kreuzgelenke haben den Nachteil, dass die Reibungskräfte im Gelenk (Wälz- oder Gleitlagerungen) für Feinpositionierungsaufgaben, z.B. von Mess- und Bearbeitungsmaschinen im Mikro- und Nanometerbereich zu hoch sind.

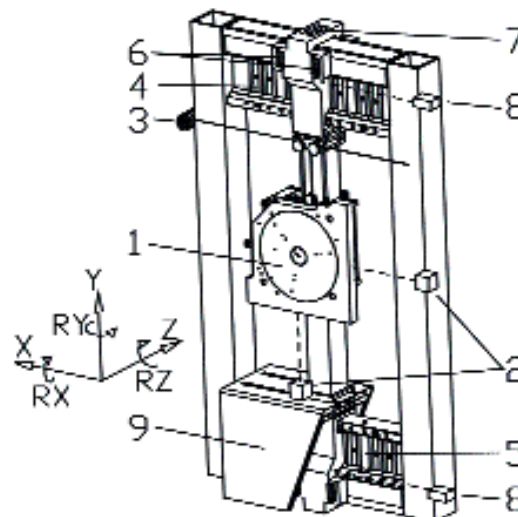
Das patentierte Kreuzgelenk bietet den Vorteil, dass die Reibungskräfte zwischen den hülsenförmigen Luftlagern und den Schwenkachsen gleich der Luftreibung sind, da die Lagerkoppelung nur über die aufgebauten Druckluftschichten der Radialluftlageranordnungen erfolgt.

Das luftgelagerte Kreuzgelenk lässt sich besonders vorteilhaft für den Aufbau von Schwenktischen einsetzen, die für hoch genaue Mess-, Fertigungs- oder Montageaufgaben benötigt werden.

4. US 6,639,225 B2

„Six-Axis Positioning System Having a Zero-Magnetic-Field Space“

The invention refers to an arrangement for positioning substrates, in particular for positioning wafers, within a device that is provided for exposure of the substrates and/or for measurement on the substrates by means of radiation under high-vacuum conditions.



System Design

Der thematische Schwerpunkt des Themenbereiches „System Design“ lag im Jahr 2003 auf dem Entwurf und der Realisierung komplexer eingebetteter Systeme. Ein komplexes eingebettetes System muß immer als Einheit von Hardware-, Software- und Kommunikationskomponenten aufgefaßt werden. Entsprechend dieser Definition unterteilt sich der Themenbereich „System Design“ in drei Themengebiete, in denen jeweils einer der genannten Aspekte inhaltlich verfolgt und weiterentwickelt wird. Im Themengebiet „Digitale Signalverarbeitung und industrielle Sensorapplikation“ geht es vorwiegend um Hardware-Entwurfsmethodik (SystemC, HDL), Hardware-Modellierung und Hardware-Realisierung (ASICs, FPGA, PCB, SoC); im Themengebiet „Busse und Netze“ steht das Gebiet Kommunikationstechnik, vor allem industrielle Kommunikation, im Vordergrund und im Themengebiet „Embedded Software/Automotive Systems“ konzentrieren wir uns auf den Softwareanteil moderner eingebetteter Systeme wie Software-Entwurfsmethodik mit modellbasierten Technologien (UML etc.), Treiber- und Plattformsupport sowie Echtzeitsteuerungen. Vor allem im Jahr 2003 hat sich gezeigt, dass für die erfolgreiche Umsetzung von Projekten im Bereich eingebetteter Systeme immer eine Kombination der Fertigkeiten der Entwickler aus allen drei Themen Gebieten zwingend notwendig war. Im Themenbereich „System Design“ konnten 2003 zwei große Förderprojekte erfolgreich bearbeitet bzw. abgeschlossen werden. Im Projekt „Kapazitive Sensorik“ wurden Aspekte der sensornahen Signalverarbeitung untersucht und die Integration einer digitalen Sensor-Busschnittstelle auf Basis von IEEE 1451 erfolgreich realisiert. Im Projekt IntelliNet* konnte die Entwicklung des Buskonverterkonzeptes (s. S. 26) erfolgreich beendet werden. Die neue Variante der Hardwareplattform trägt neuen schnellen Kommunikationstechnologien wie USB 2.0 und IEEE 1394b Rechnung. Zur Entwicklung der neuen IEEE 1394b-Technologie wurde im Auftrag der DFAM eine Studie erstellt, welche die Vorteile von IEEE1394b in Abgrenzung zu etablierten industriellen Kommunikationstechnologien darstellt. Das IMMS ist Mitglied des 1394automation e.V.. Der 1394automation e.V. ist ein Konsortium aus deutschen und niederländischen Firmen, das sich die Verbreitung und Förderung von IEEE1394-Technologie im industriellen Umfeld zum Ziel gesetzt hat.

Da sich im Bereich geförderter Projekte die Möglichkeiten für die Akquirierung von Mitteln auf Grund der Finanzlage der öffentlichen Haushalte des Bundes und der Länder verschlech-

tert haben, hat sich der Themenbereich an einer Reihe von Ausschreibungen im 6. Rahmenprogramm der EU beteiligt, mit dem Ziel, Entwicklungen und Erforschungen Entwurfsmethodiken von eingebetteten Systemen absichern zu können. Im Gegensatz dazu zeigt sich, dass Projekte, die konkrete Realisierungen von eingebetteten Systemen zum Ziel haben, eine starke Tendenz in Richtung industrieller Entwicklungsprojekte aufweisen. Hier bestand und besteht die Herausforderung, sich am freien Markt und im freien Wettbewerb entsprechend durchzusetzen. 2003 wurde eine Vielzahl von Entwicklungsprojekten mit industriellen Partnern (MAZeT, LEAR, ESA, Falcom, SICK, IFAM Erfurt, TETRA Ilmenau, TechnoTeam) bearbeitet. In vielen dieser Projekte kamen Open-Source-Technologien (eCos, embedded Linux) als Software-Plattform zum Einsatz. Das IMMS wird seit Mitte 2003 durch den Themenbereich „System Design“ im LIVE e.V. (Linux-Verband Deutschland) vertreten und arbeitet aktiv im Arbeitskreis „Embedded Linux“ mit.

Hohe Kompetenz bei der Integration von Open-Source-Technologien in kundenspezifische Produkte zeichnet die Arbeit des Themenbereichs aus. Die Portierung der eCos-Plattform auf zwei Produkte eines unserer Partner aus dem Funksektor, die Entwicklung von Linux Board-Support-Packages für PowerPC bzw. PXA-Prozessoren für verschiedene Firmen oder die Implementierung einer kostengünstigen Echtzeitsteuerung für den elektrodynamischen Planarantrieb PMS100-3D auf Basis von Linux in Zusammenarbeit mit dem Themenbereich Mechatronik sind Referenzen dafür.

Der entwickelte Technologie-Demonstrator „IMMS Concept Truck“ beinhaltet Forschungsergebnisse aus nahezu allen Teilbereichen unserer Arbeit. Im Jahr 2003 ist es im Themenbereich „System Design“ besonders gut gelungen, studentische Arbeitskräfte in die Projektarbeit einzubeziehen. Zahlreiche neue Aufgaben, die in der Zukunft bewältigt werden müssen, werden bereits jetzt mit Hilfe studentischer Arbeiten vorbereitet. Beispiele dafür sind die Themen „Hardware-Realisierung für Feldberechnungen“, „eCos- und Linux-Portierungen für aktuelle Prozessoren“ (z.B. NIOS-Softcore oder NetSilicon 9750) oder „Codegenerierung für Linux-Echtzeit-Steuerungen aus Matlab/Simulink).

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christian Schröder

Tel. +49 (0)3677 67 83 15

E-Mail: christian.schroeder@imms.de

Embedded Linux Board EmLIN

Zielstellung

Im Marktsegment der eingebetteten Systeme setzt sich Linux als Betriebssystem zunehmend durch. In erster Linie ist für Entwickler die Transparenz sowie die Flexibilität des kostenlos verfügbaren Betriebssystems interessant, welche sie dazu bewegt, auf Linux zu setzen. Ein Schwerpunkt der eingebetteten Systeme ist die Vernetzung der Systeme untereinander. Hierfür werden, je nach Anforderungen, verschiedenste Busse eingesetzt. Kriterien sind hier die erreichbare Datenrate, die Stör- und Ausfallsicherheit oder Echtzeitanforderungen. So kommen heute auch Busse in Bereichen zur Anwendung, für die sie zunächst nicht vorgesehen waren. Der für Anwendungen im Videobereich entwickelte 1394/FireWire Bus wird z.B. mittlerweile in der Industrie für Steuerungsaufgaben eingesetzt. Will man nun zwei verschiedene Busse miteinander verbinden, ist es wichtig auf notwendige Gegebenheiten der Hardware wie auch des benutzten Protokolls Rücksicht zu nehmen. Genau dieser Punkt ist der Ansatz für die Entwicklung eines modularen Buskonvertersystems. Wichtigstes Ziel bei der Umsetzung der Idee war die Anbindung von verschiedenen Bussen an das Ethernet. Die Anbindung an Ethernet ist deshalb von wichtiger Bedeutung, weil einerseits fast jeder Computer mittlerweile vernetzt ist und andererseits das Ethernetprotokoll mehrere Möglichkeiten der Datenübertragung bietet.

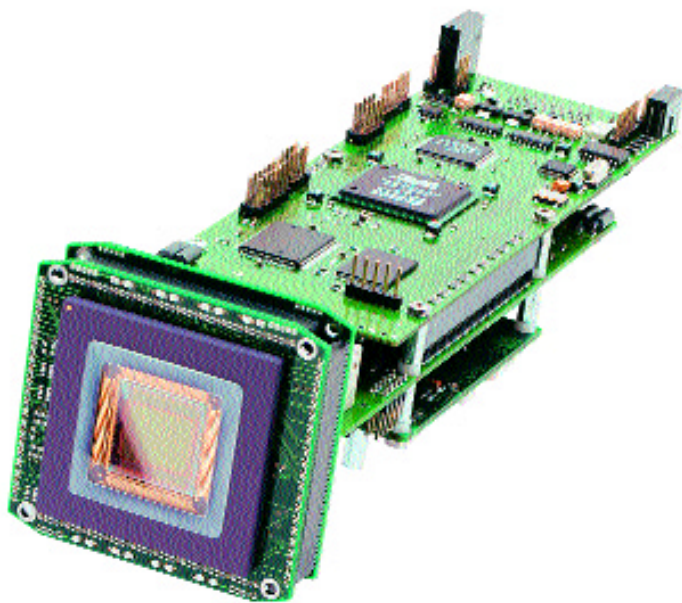


Abb. 1: Referenzboard
Quelle: Techno Team

Forschungsverlauf

Im Rahmen der Entwicklung des modularen Buskonverters wurde auf das von uns entwickelte Referenzboard [1] auf Basis des Net +40 der Fa. Netsilicon aufgebaut. Auf Grund dessen konnten die Erfahrung bei der Portierung von Linux auf andere Prozessoren sowie der Treiberentwicklung ausgebaut werden. Erstes Ergebnis war zunächst ein modulares Referenzdesign auf Basis eines aktuelleren Prozessors Net +50. Es entstanden Module für den Prozessor sowie für den USB und CAN Bus. Zusätzlich wurde die Platine noch mit einem FPGA ausgestattet, um im Haus entwickelte IP Komponenten zu testen und einzusetzen. Ein Beispiel hierfür ist in [2] bereits erörtert worden. Der dritte und vorerst letzte Schritt bestand in der Miniaturisierung und Überarbeitung der entstandenen Hardware. Das Ergebnis der Entwicklung zeigt Abb. 1.

Bereits in der Konzeptionsphase wurde darauf geachtet, die Plattform so offen wie möglich zu gestalten. Auf Basis dieser Anforderung wurden die Schnittstellen flexibel konfiguriert. Das Interface der IO Karten ist dem offenen DIMM-IO Standard der Fa. Kontron, welcher dem bekannten ISA Bus entspricht, entnommen. Das entstandene Prozessorinterface ist so entwickelt, das kundenspezifische Prozessormodule schnell und einfach angepasst und implementiert werden können.

Die Softwareentwicklung erfolgte parallel zur Hardwareentwicklung. Begonnen wurde auf dem Referenzdesign mit einem Linux-Kernel 2.4.6. Dieser wurde später durch einen 2.4.10er ersetzt.

Die Portierung des 2.4.17er Kernel erfolgte mit Einführung des Net +50. Zur Zeit wird auf dem Net ARM Prozessoren die Kernel-Version 2.4.20 verwendet. Die in Haus entwickelten Treiberversionen für die verschiedenen Busse werden ständig Aktualisierung und neuen Bedingungen angepasst. Neben der Portierung und den Treibern-Entwicklungen wurde außerdem eine Reihe von Software für die Client Server Kommunikation programmiert.

Ergebnisse

Praktische Anwendungen findet der Buskonverter EmLIN als Ethernet – CAN Gateway im IMMS Concept Truck in Verbindung mit einem WLAN Interface. Hier existiert die Möglichkeit, über eine standardisierte drahtlose Verbindung auf die Daten des in der Automobiltechnik sehr verbreiteten CAN Bus zuzugreifen bzw. diese

zu manipulieren. Hervorzuheben ist, dass die Software zum Auswerten und Steuern in EmLIN läuft und ein PC allein zur Visualisierung der, mit einem herkömmlichen Webbrowser dargestellten Daten, notwendig ist.

Das EmLIN Prozessormodul wird bereits in einer Industriekamera der Fa. Technoteam aus Ilmenau eingesetzt. EmLIN wird hier ebenfalls als Ethernet Webbrowser zum Steuern und Einstellen der Kamera und deren Parameter genutzt. Die Kamera selbst ist über einen 32Bit Datenbusinterface, welches in einem FPGA realisiert wurde, an EmLIN angeschlossen.

Im Zuge der Linux-Portierung und als Beitrag zu Linux entstand weiterhin eine Linux-Distribution für embedded Systeme, welche im Internet von anderen Benutzern geladen werden kann.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing (FH) Jan Pietrusky

Tel.: +49 (36 77) 67 83 - 31

E-Mail: jan.pietrusky@imms.de

[1] *Jahresbericht IMMS 2001; S.21; Embedded Linux*

[2] *Jahresbericht IMMS 2002; S.10; Serial ATA - Implementierung im FPGA für embedded Systeme*



Abb. 2: EMLIN3 Plattform

Signalverarbeitung und Busschnittstelle für kapazitive Sensoren

TMWFK, B609-01030

Zielstellung

Im Rahmen des TMWFK-Projektes „Kapazitiver Sensor-Transducer“ (CAPSENS) ist u.a. eine digitale Signalverarbeitung für nichtlineare Sensoren und ein universelles Sensor-Bus-Interface (s. Abb. 1) entwickelt worden.

Das nichtlineare Eingangssignal 3. Ordnung soll durch eine geeignete Signalverarbeitung linearisiert und temperaturkompensiert werden.

modell zur Verifikation. Das Festkommamodell wurde mittels Xilinx-Blockset entworfen, und mit Hilfe des Xilinx-System-Generators ein FPGA tauglicher VHDL-Code erzeugt. Die Korrekturoperationen wurden durch Methoden der Regression verschiedener Ordnung umgesetzt, um so den maximal erlaubten Fehler nicht zu überschreiten.

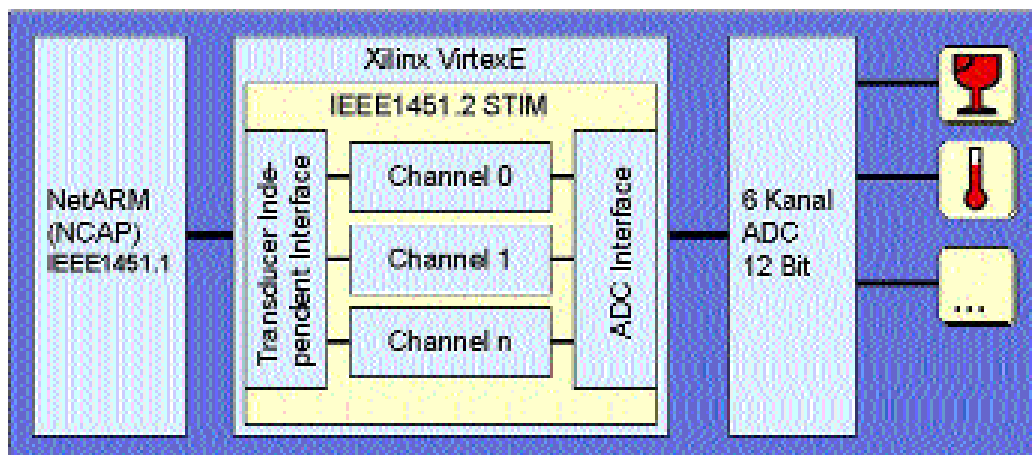


Abb. 1: Sensorinterface nach IEEE 1451.2

Forschungsverlauf und -stand

Im Projekt CapSens wurde die Signalvorverarbeitung vollständig mit einem abstrakten Werkzeug modelliert. Für Simulation des Feuchtigkeitssensors und Modellierung der Signalverarbeitung wurde Matlab/Simulink verwendet. Die digitale Signalverarbeitung für Temperaturkompensation, Linearisierung (s. Abb. 2) und Full-Scale-Offset Kalibrierung (FSO) wurden in zwei Modellen entworfen, für Gleitkomma- und für Festkomma-Arithmetik. Dabei diente das erste nur als ein Funktions-

Die Sensorschnittstelle ist in Anlehnung an den Standard IEEE 1451.2 entworfen worden. Sie stellt das Bindeglied zwischen Analogteil des Sensors (bzw. ADU) und dem verwendeten Bussystem dar. Das Sensorinterface ermöglicht es, mehrere Kanäle pro Sensor dem übergeordneten System zur Verfügung zu stellen. In jedem dieser Kanäle kann ein Datenblatt gespeichert werden, welches u.a. Kalibrierparameter enthält.

Jeder Kanal hat einen „Funktion Block“, welcher die gewünschte Signalverarbeitung enthält, z.B. Linearisierung (s. Abb. 3), Temperaturkompensation und Normierung für ein nichtlineares Signal. Durch Austauschen dieses Blockes ist das Gesamtsystem leicht für neue und/oder andere Sensoren modifizierbar.

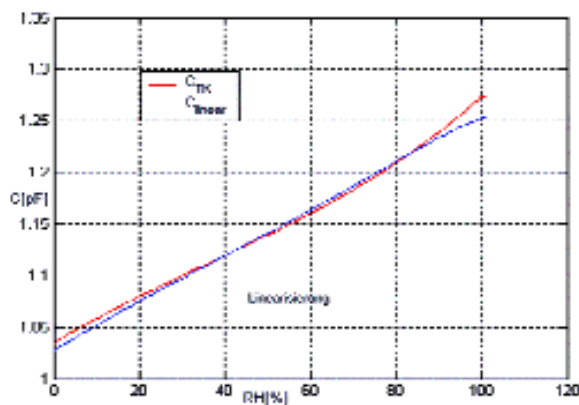


Abb. 2: linearisierte Kurve

Ausblick

Die Kennlinie eines kapazitiven Sensors ist nach der Signalvorverarbeitung linearisiert, temperaturkompensiert und FSO-Kalibriert und steht über eine Busschnittstelle für die weitere Verwendung zur Verfügung.

Für die Darstellung dieser Ergebnisse wird ein modular aufgebautes Prototyping-System genutzt. Ein Teil des Aufbaus dient zur Demons-

tration der digitalen Signalverarbeitung im Sensor und seiner Ankopplung über einen Standardbus.

Der Analogteil (kapazitiver Transducer und ADU) ist extern realisiert und kann mit dem Digitalteil verbunden werden.

Als Analogteil wird zur Zeit ein kommerziell verfügbarer A/D-Umsetzer (ADU) eingesetzt. Bei Verfügbarkeit der IMMS-eigenen Chipprototypen des ADU-IP-Cores, kann der kommerzielle ADU durch diesen ersetzt werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Sebastian Hollatz

Tel.: +49 (36 77) 67 83 -52

E-Mail: sebastian.hollatz@imms.de

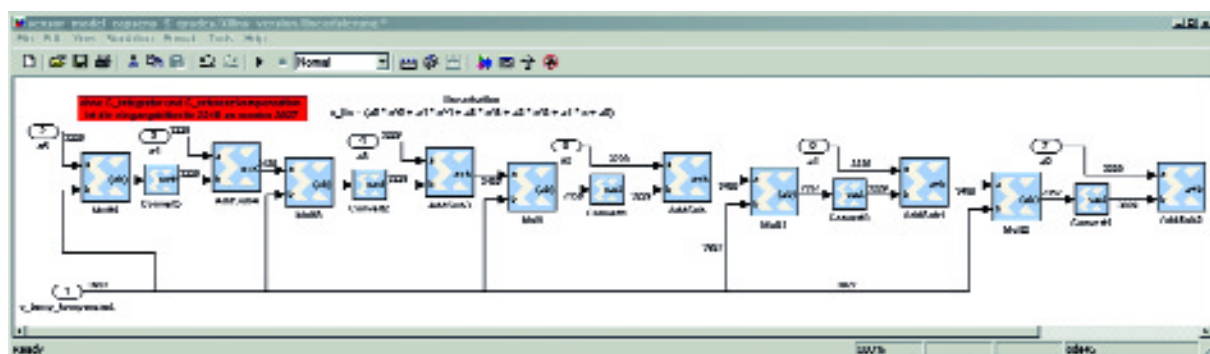


Abb. 3: Linearisierung mit Xilinx-Blockset

Ein flexibles Hardware/Software-Plattformkonzept für mobile Datenkommunikationsanwendungen

Zielstellung

Anwender und Hersteller setzen derzeit große Hoffnungen in den Wachstumsmarkt der mobilen Datenkommunikation und dabei speziell auf M2M-Technologien. M2M (Maschine-zu-Maschine) steht für die Datenkommunikation von Maschinen, Fahrzeugen, Containern, Automaten untereinander oder mit zentralen Leitstellen. Zu den wichtigsten Einsatzgebieten zählen Transport und Logistik, Point-of-Sale-Überwachung, Sicherheitstechnik sowie Fernmessung und -wartung. Marktuntersuchungen prophezeien, dass die Zahl der über GSM- oder GPRS-Netze kommunizierenden Geräte in etwa zwei Jahren die Zahl menschlicher Nutzer übersteigen wird. Um jedoch auf Anwenderseite die erhofften Nutzeffekte wie höhere Produktivität, Kostensenkungen, Beschleunigung und Flexibilisierung von Arbeitsabläufen erzielen zu können, sind sowohl geeignete Endgeräte (sog. M2M-Terminals) als auch deren effiziente Einbindung in übergeordnete IT-Strukturen erforderlich.

Aus dieser Situation heraus hat das IMMS im Rahmen einer F&E-Partnerschaft mit der Falcom Wireless Communications GmbH (Langewiesen) bereits seit längerer Zeit einen Schwerpunkt auf neuartige Hardware- und Software-Technologien für mobile Datenkommunikationsgeräte gesetzt. Im Ergebnis der gemeinsamen Arbeiten entstand u.a. ein flexibles Plattformkonzept (s. Abb. 1) für Smart Wireless Communication Devices (SWCD), welches durch die Firma Falcom bereits in mehreren Produkten erfolgreich eingesetzt wird.

Ergebnisse

Herausragende Kennzeichen der neuen HW/SW-Plattform F35-XXL-SI (s. Abb. 2) sind der umfassende Einsatz von Open-Source Software-Technologien und ein offenes Hardware-Konzept, welches auf Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit ausgelegt ist. Die SW-Plattform besteht aus dem Open-Source Echtzeitbetriebssystem eCos und einer darauf aufsetzenden Middleware/Anwendungsbibliothek, welche eine leistungsfähige, für typische Datenkommunikationsanwendungen optimierte Schnittstelle zur Verfügung stellt.

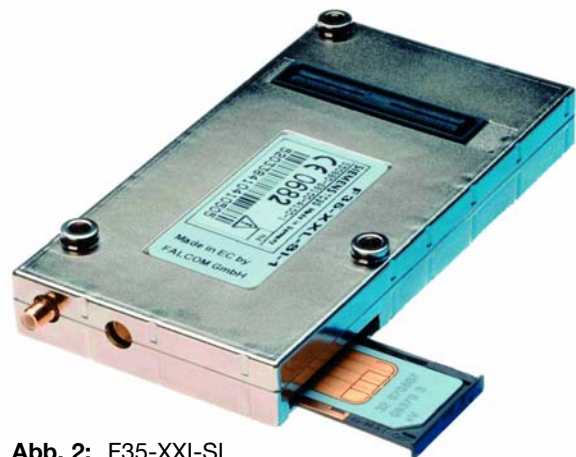


Abb. 2: F35-XXI-SI

Die HW-Plattform besteht im Wesentlichen aus einem 32 Bit-Microcontroller, umfangreicher Peripherie und den Kernbestandteilen GSM/GPRS-Modem und GPS-Core. Komplettiert wird die Plattform durch Open-Source Entwicklungswerkzeuge auf Basis von GNU/Linux, welche dem Anwender einen kostengünstigen Einstieg in Eigenentwicklungen ermöglichen. Die in Zusammenarbeit zwischen dem IMMS und Falcom entstandenen Prototypen der Plattform konnten zwischenzeitlich von Falcom im Rahmen mehrerer Produktentwicklungen zur Serienreife überführt werden. Der Schwerpunkt der gemeinsamen F&E-Aktivitäten mit Falcom liegt mittlerweile auf der systematischen Weiterentwicklung und Verfeinerung der vorhandenen HW/SW-Plattform, deren Portierung auf neue HW-Plattformen sowie der konsequenten Verfolgung der Plattformstrategie im Bereich der Anwendungssoftware. Die HW-Plattform wurde z.B. um ein Keypad und ein LCD-Display erweitert und die dazugehörigen SW-Treiber in die SW-Plattform integriert. Diese Erweiterungen ermöglichen den zukünftigen Einsatz der Plattform in MMI-

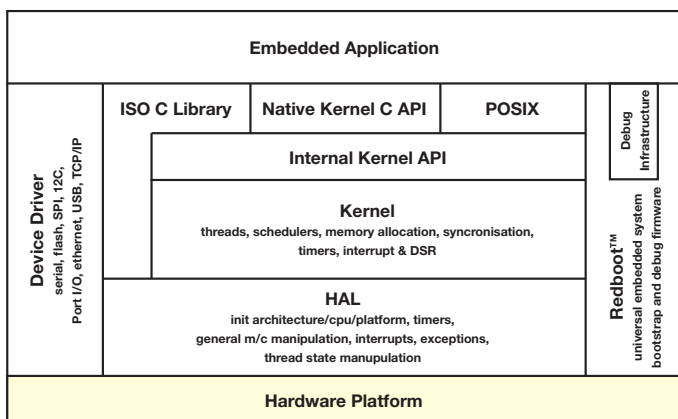


Abb. 1: Hardware/Software-Plattformkonzept

orientierten Anwendungen (Man-Machine-Interface) wie etwa mobilen Handsets.

Ein weiteres Teilprojekt beschäftigte sich mit der Portierung der SW-Plattform auf noch kompaktere HW-Plattformen. Im Ergebnis konnten beispielsweise die noch frei verfügbaren Ressourcen eines GPS-Cores für das Echtzeitbetriebssystem eCos, die darauf aufsetzende Middleware und eine typische M2M-Anwendung genutzt werden. In Zusammenarbeit mit dem Hersteller des GPS-Cores wurde eine technische Lösung konzipiert und realisiert, welche die Einbindung der proprietären, im Source Code nicht verfügbaren GPS-Firmware ermöglicht.

Hier kamen besonders die Vorteile des eCos-Lizenzmodells zum Tragen, welches die Kombination von Open-Source-Software mit proprietärer Software (ohne diese offenlegen zu müssen) ausdrücklich vorsieht.

Erste Prototypen (s. Abb. 3) der hier beschriebenen „eCos-STEPP-Plattform“ konnten bereits erfolgreich getestet werden. Damit wurden umfangreiche Grundlagen für neue kompakte und kostengünstige Datenkommunikationslösungen der Firma Falcom geschaffen.

Die Plattformstrategie hat sich für Falcom als adäquate Antwort auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen des Marktes für mobile Datenkommunikationsgeräte erwiesen. Es zeigt sich, dass der Einsatz von Software-Plattformen und darauf aufbauender Software-Architekturen zu einem effektiveren Entwicklungsprozess beiträgt. Entwicklungsumgebungen

können vereinheitlicht und Einarbeitungszeiten verringert werden. Darüber hinaus konnte unter Einsatz aktueller softwaretechnologischer Konzepte gezeigt werden, dass mittels Produktlinienmodellierung ein hohes Maß an Wiederverwendung in der Anwendungsentwicklung erreicht werden kann, was wiederum Entwicklungszeiten erheblich verkürzt. Das Interesse auf Tagungen und Kongressen an dieser Thematik zeigt die Bedeutung dieser Arbeit.

Auch bei der Hardware lassen sich die positiven Effekte der Plattformstrategie erkennen. So ist es der Firma Falcom gelungen, auf Basis weniger einheitlicher Hardware-Plattformen ganze Produktlinien abzuleiten, wodurch Fertigung und Entwicklung wesentlich effizienter gestaltet werden können.

Ausblick

Das Plattformkonzept hat sich in der Praxis bewährt. In Zukunft kommt es darauf an, dieses erfolgreiche Konzept in Kooperation zwischen dem IMMS und Falcom weiter auszubauen und zu verbessern, um es dem boomenden, jedoch wenig berechenbaren Markt der mobilen Datenkommunikation kontinuierlich anzupassen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Wolfram Kattaneck

Tel.: +49 (36 77) 67 83-55

E-Mail: wolfram.kattaneck@imms.de

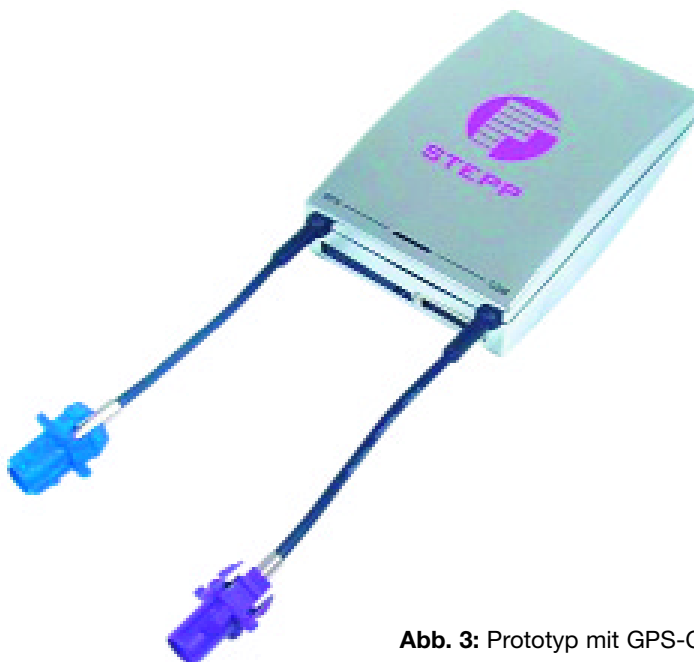


Abb. 3: Prototyp mit GPS-Core

Die Forschungsarbeit zu mikroelektronischen Systemlösungen und SoCs konnte im Institutsteil Erfurt im Jahre 2003 durch den realisierten Umzug ins neue Anwendungszentrum für Mikrosystemtechnik (AZM) erweitert und intensiviert werden. 2003 wurde die Infrastruktur hinsichtlich Messequipment und Rechnerausstattung wesentlich ausgebaut.

Das Jahr 2003 war gekennzeichnet durch den Wachstum des Anteils industrieller Auftragsforschung auf der Basis der erreichten Kompetenzen und des leistungsfähigen Equipments. Großes industrielles Interesse fand der erreichte Leistungsstand im Rahmen der Anwendung innovativer Designmethoden der formalen Verifikation, der symbolischen Analyse, der Entwurfszentrierung sowie der Systemsimulation von Mixed-Signal Systemen auf der Grundlage von Verhaltensbeschreibungssprachen. In der Schaltungstechnik waren vor allem Kompetenzen zu Transimpedanz- und Sensorverstärkern, HF-Schaltungen, Hochtemperaturschaltungen, innovativen Sensoren (optisch, magnetisch, Mikrosysteme) und zu Systemkonzepten (ADCs, Signalverarbeitung) gefragt. Durch den Einsatz neuartiger Designmethoden wurden folgende Verbesserungen erreicht:

- Beweisbare Fehlerfreiheit digitaler und Mixed-Signal-Systeme durch Anwenden von Constraints und formaler Verifikation
- Erweiterung der Robustheit analoger Systeme gegenüber Schwankungen der Betriebsbedingungen und technologischer Toleranzen
- Ausbeuteoptimierung f. analoge Schaltungen
- Ausreizen der technologischen Gegebenheiten durch optimierten Schaltungsentwurf
- Verkürzen der Designzeiten und Erhöhung der Entwurfs effektivität
- Innovative, optimierte Systemarchitekturen
- Verbesserung der erreichbaren Spezifikationsparameter

2003 wurde die Phase I der MEDEA*/BMBF geförderten Projekte ANASTASIA* (s. S. 33 u. 38), SPEAC*, VALSE*, ASDESE* mit zusammenfassenden Berichten abgeschlossen. Im 2. Halbjahr wurden die Fortsetzungsprojekte der Phase 2 für die o.g. Projekte (ausser ASDESE) begonnen. Im Rahmen dieser Projekte und des EU Projektes ATHIS* (s. S. 37) fand eine internationale Zusammenarbeit mit italienischen, französischen, österreichischen, englischen, schweizerischen u. a. Forschungspartnern statt. Weitere Projekte wurden für einen Start im Jahre 2004 vorbereitet. Abgeschlossen wurde auch das DFAM-DSP-Projekt, das durch die AiF gefördert wurde.

Wesentliche Schwerpunkte 2003 waren:

■ Bereichsübergreifende Arbeiten

Verhaltensmodelle für Schaltungsblöcke; Design und Charakterisierung Technologieteststrukturen; Arbeiten zu Design-Kits und Design-Check; Optimierung von Schaltungsblöcken wie OPVs und Bandgaps

■ System on Insulator (SOI)

Arbeiten zu Design-Kits und Libraries; Erweiterung der Arbeiten auf Hochvolt- und Leistungsverstärker sowie Leistungsschalter mit Überwachung kritischer Parameter, Entwicklung von EEPROMs und RAMS plus BIST-Konzepte für diese Schaltungen; ADCs und DACs für SOI-Schaltungen mit erhöhtem Temperaturbereich (220°C) und hohen Zuverlässigkeitsanforderungen; Forschungsarbeiten zu neuen Technologievarianten und neuen Sensorkonzepten (magnetische Schichten); automotiv Anwendungen (integrierte 42-V-SOI-Power-Supply mit Linear- und PWM-Reglern)

■ Präzisions-Analogschaltungen

Universelle SC-Sensorverstärker; Arbeiten zu ADCs (Verbesserung des Rauschens, neue Architekturen) und Detailschaltungen wie Bandgaps; Offsetkompensation; Ausgleich des nicht idealen Verhaltens von Schaltungsblöcken; Korrekturschaltungen sowie Arbeiten zur Teilautomatisierung der Entwurfsarbeiten (PCELLS für Kapazitätsarrays); Schaltungskonzepte für U/I- und I/f-Wandler und Sigma-Delta-Modulatoren; analoge Schaltungsblöcke bei verringerten Betriebsspannungen (3,3 V) auf Grundlage von 0,35-µm-Technologien

■ Optoelektronik

Forschungen zur Erweiterung von Spezifikationsparameter (Rauschens, Realisierung höherer Transimpedanzen, Empfindlichkeitssteigerung für blaues Licht; Realisierung von TIAs mit hoher Bandbreite, hoher Linearität (Phase, Gruppenlaufzeit), Stabilitätssicherung, Erweiterung des Dynamikumfangs der TIA, umschaltbare Verstärker, abgleichbare Transimpedanzverstärker; Entwicklung integrierter Empfängerschaltungen und VCSEL-Treiber (600-800 nm, 655 MB/s, Anpassung an multimodale Fasern) als Grundlage für Low-cost-Übertragungen im Umfeld von Automatisierungslösungen und Automobilvernetzung

■ HF-Schaltungen

Forschungsarbeiten zu LC-VCOs; Realisierung integrierter Induktivitäten; PLLs; innovative FSK- Demodulatorschaltungen

Ansprechpartner:

Prof. Dr. sc. techn. Franz Rößler

Tel.: +49 (361) 4 27-66 39

E-Mail: franz.roessler@imms.de

*s. Seite 52

Einleitung

Beim Entwurf analoger Schaltungen ist nach der Auswahl einer geeigneten Schaltung die Dimensionierung der Bauelemente ein wichtiger Entwicklungsschritt. Mit der Dimensionierung werden die elektrischen Parameter der Bauelemente bestimmt und damit das Verhalten der Schaltung festgelegt. In MOS-Schaltungen sind das hauptsächlich die Längen und Weiten der Transistoren sowie die Ausdehnungen passiver Bauelemente (Widerstände, Kondensatoren). Die vorgegebene Spezifikation einer Schaltung ist meist so anspruchsvoll, dass nur mit einer optimalen Dimensionierung alle Leistungsparameter erfüllt werden können. Neben der Dimensionierung wird das Schaltungsverhalten auch durch statistische Prozessparameter und die Betriebsparameter bestimmt:

Design P. $d(W, L)$
Statistische P. $s(t_{ox}, N_{sub}, V_{th}, \dots)$
Betriebs-P. $\Theta(V_{dd}, C_{load}, I_{bias}, Temp)$

Wird die Schaltung für mittlere Prozess- und Betriebsparameter optimiert, nennt man das Nominaloptimierung. Um eine hohe Ausbeute zu erreichen, muss sichergestellt werden, dass auch bei einer gewissen Streuung der Prozessparameter die Spezifikation erfüllt wird. Das wird durch die Designzentrierung erreicht. Auf Grund der komplexen Zusammenhänge zwischen den Parametern und dem Schaltungsverhalten ist eine Optimierung nur computer-gestützt möglich.

WiCkeD

Ein neuer Ansatz für die Dimensionierung und Designzentrierung ist das Programm „WiCkeD“, das von MunEDA, einem Spin-Off der TU-München entwickelt wurde und im Rahmen des Forschungsprojekts ANASTASIA2 (s. S. 37) dem IMMS zur Verfügung gestellt wurde.

WiCkeD bietet dem Anwender über eine grafische Oberfläche alle Analyse- und Optimierungsfunktionen. Jeder Schritt wird durch ein Symbol repräsentiert und ist mit einem Satz von Designparametern verknüpft. Führt eine Abfolge von Schritten nicht zum gewünschten Ergebnis, kann von einem beliebigen Zwischenschritt eine weitere Optimierungssequenz gestartet werden. So entsteht ein Baum, der mit seinen Knoten alle Schritte des Anwenders dokumentiert.

Die Parameter eines beliebigen Knotens können über die Backannotate Funktion in die ursprüngliche Schaltung übernommen werden.

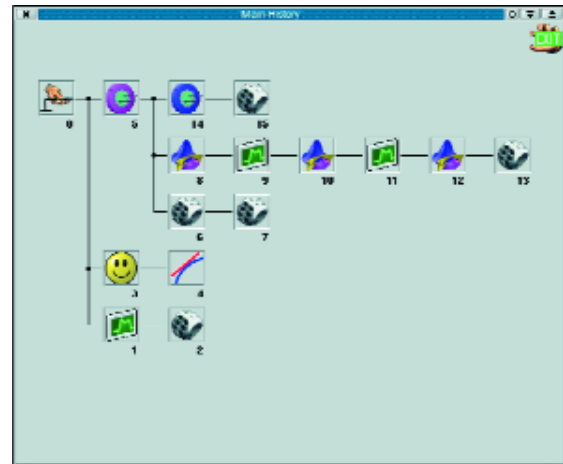


Abb. 1: Hauptfenster von WiCkeD

Die verschiedenen Symbole stehen für:

- Parametereinflussanalyse
- Simulationsknoten
- Nominaloptimierung
- Mismatchanalyse
- Designzentrierung

Constraints

Um die Rechenzeit bei der Optimierung zu verkürzen und um sinnlose Lösungen zu vermeiden, wird durch Dimensionsnebenbedingungen (Constraints) die Anzahl der Parameter minimiert und der Suchraum so weit wie möglich eingeschränkt.

WiCkeD bietet eine automatische Constraint-Generierung auf Basis von Regeln, die bestimmten Strukturen zugeordnet sind. Vor der Constraint-Generierung wird deshalb eine Strukturerkennung durchgeführt. Folgende Strukturen werden zur Zeit erkannt:

- Stromspiegel
- Levelshifter
- Spannungsreferenzen
- Differenzstufen

Zu jeder Struktur gibt es einen Satz von Regeln, wie z.B. die Sättigungsbedingungen bei Stromspiegeln.

Startlösung

Voraussetzung für die weitere Optimierung ist eine zulässige Startlösung (feasible solution), bei der alle Constraints erfüllt sind. Diese kann von WiCkeD automatisch berechnet werden, falls die Startwerte der Designparameter zu Verletzungen der Constraints führen.

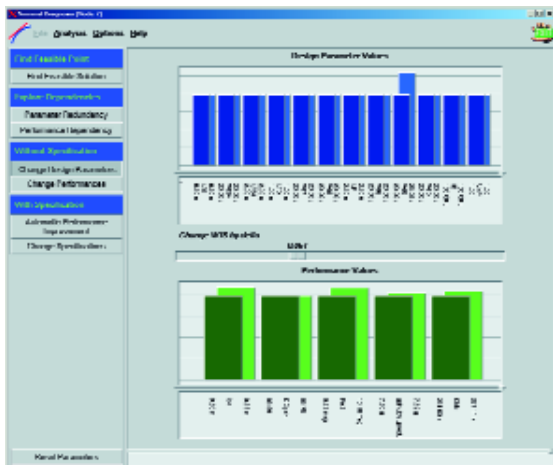


Abb. 2: Nominalanalyse

Nominalanalyse und -optimierung

Die Nominalanalyse zeigt in anschaulicher Form den Einfluss der Design-Parameter auf die Leistungsdaten der Schaltung. Nach Auswahl eines Parameters im oberen Teil des Fensters kann der Parameterwert mit einem Schieberegler kontinuierlich geändert werden. Dabei werden sofort im unteren Teil die Auswirkungen auf die Leistungsdaten der Schaltung (z.B. Bandbreite und Verstärkung) angezeigt. Umgekehrt kann auch ein Leistungsparameter ausgewählt werden und durch Veränderung mit dem Schieberegler die erforderlichen Änderungen der Design-Parameter abgelesen werden.

Bei der Nominaloptimierung werden die Design-Parameter automatisch solange verändert, bis die vorgegebenen Leistungsdaten erfüllt sind oder nach einer vorgegebenen Zahl von Optimierungsschritten abgebrochen wird.

Designzentrierung

Zur Bewertung der Ausbeute wird die „worst case distance“ für jeden Leistungsparameter definiert als kürzester Abstand zwischen dem Nominalpunkt (an dem die statistischen Parameter S ihren Mittelwert μ haben) und der Spezifikationsgrenze. Hinter dieser Linie wird die Spezifikation für diesen Leistungsparameter auf Grund technologischer Abweichungen nicht mehr eingehalten.

Die Ausbeute ist dann optimal, wenn der kleinste Worst-Case-Abstand maximal wird. Das führt in der Praxis dazu, dass alle Worst-Case Abstände etwa den gleichen Wert haben.

Cadence-Interface

Mit dem WiCkeD Cadence Interface (WCDI) lassen sich die Entwurfsdaten direkt aus dem

Cadence Design Framework übernehmen. Voraussetzung ist, dass in der Schaltung alle Designgrößen (W,L) als Parameter vorliegen und die Leistungsparameter (Bandbreite, Verstärkung, Slew-Rate,...) im Analog Artist als Ausgabegrößen definiert sind. Weiterhin sind im WCDI die Constraintgenerierung und die Backannotation integriert.

Ergebnisse

WiCkeD wurde mit Erfolg bei der Optimierung von Schaltungen in der X-Fab Technologie xb06 eingesetzt. Als Beispiel sei ein OPV genannt, der in einem Zeitraum von 4 Wochen manuell optimiert wurde. Die Originalschaltung konnte mit WiCkeD innerhalb eines Tages optimiert werden, wobei bessere Werte als bei der manuellen Optimierung erreicht wurden. Durch Fehlen der statistischen Daten der xb06, konnte nur eine Nominaloptimierung durchgeführt werden.

Ausblick

Im IMMS wurden die Spectre-Simulationsmodelle für die SOI-Technologie xi10 erstellt. Somit kann WiCkeD auch für diese Technologie eingesetzt werden. Weiterhin soll die Nominaloptimierung und Designzentrierung auf Schaltungen in der neuen xc035 Technologie angewendet werden. Für alle Industriepartner besteht das Angebot, ihre Schaltungen mit WiCkeD zu optimieren.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Volker Boos

Tel.: +49 (361) 6 63-25 52

E-Mail: volker.boos@imms.de

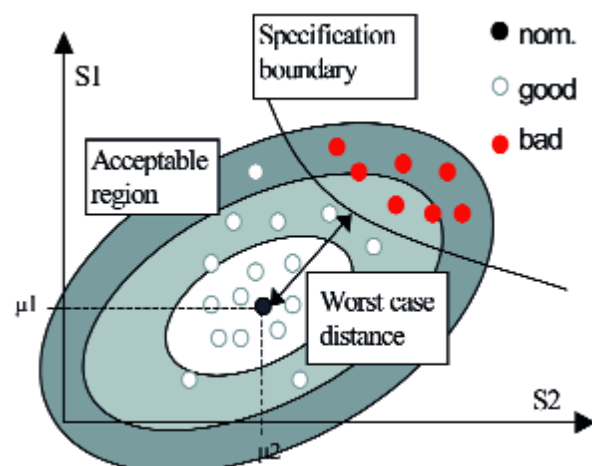


Abb. 3: Worst case distance

Transmitter-IC für das 868 MHz ISM-Band mit vollständig integriertem LC-VCO

Zielstellung

Im Bereich der drahtlosen Nachrichtenübertragung in den lizenzfreien ISM-Funkbändern ist ein stetiges Wachstum zu verzeichnen. Integrierte Transmitterschaltkreise, die nur wenige externe Bauelemente benötigen, existieren schon seit einigen Jahren. Es kommen jedoch in der Regel VCOs zum Einsatz, die auf Ringoszillatoren basieren. Die gestiegenen Forderungen nach höherer Sendeleistung, geringeren Kanalabständen und geringeren FSK-Hüben sowie die Grenzwerte für Nebenaussendungen in den jeweiligen Normen (z.B. EN 300 220-1) lassen sich mit diesen VCOs jedoch aufgrund des hohen Phasenrauschens nicht mehr erfüllen.

Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems ist der Einsatz von LC-VCOs mit einer externen Induktivität. Das hat jedoch eine größere Pin-Anzahl, mehr externe Bauelemente und damit höhere Kosten für den Anwender zur Folge, zusätzlich entsteht ein Risiko, dass es zu Multimode-Oszillationen kommt. Diese Nachteile lassen sich vermeiden, wenn ein vollständig integrierter LC-VCO zum Einsatz kommt.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der MELEXIS GmbH (Erfurt) bearbeitet.

Ergebnisse

Aufbauend auf die bisherigen Forschungsarbeiten an integrierten Induktivitäten und LC-VCOs wurde für den Frequenzbereich um 868 MHz ein vollständig integrierter LC-VCO entworfen. Da integrierte Induktivitäten für diese relativ niedrigen Frequenzen viel Chipfläche benötigen, wurde eine VCO-Topologie gewählt, die mit einer Induktivität auskommt.

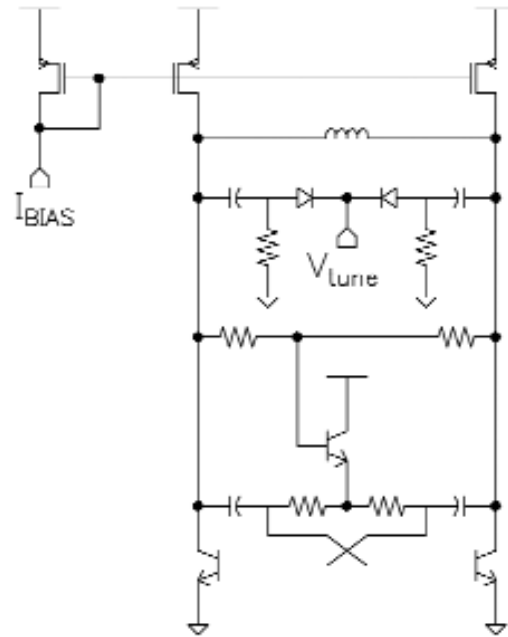


Abb. 1: Schaltplan der VCO-Kernschaltung

Folgende Parameter wurden erreicht:

- Betriebsspannungsbereich 2.2 V bis 5.5 V
- Stromverbrauch des VCO-Core 1.35 mA
- Mittenfrequenz 860 MHz
- Tuningbereich 150 MHz
- Phasenrauschen -80 dBc/Hz bei einer Offsetfrequenz von 10 kHz
- Layoutfläche 0.48 mm²

Der kritische Parameter Phasenrauschen konnte gegenüber dem bisherigen VCO um 25 dB verbessert werden, bei sonst vergleichbaren Eigenschaften. Die für den VCO benötigte Layoutfläche hat sich jedoch etwa verzehnfacht.

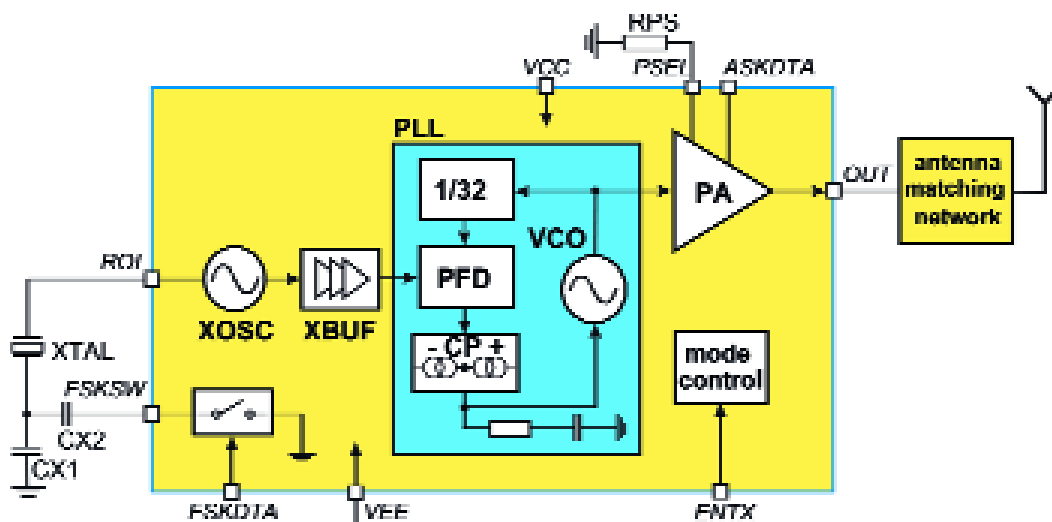


Abb. 2: Blockschaftbild des Transmitter-IC der Melexis GmbH (Erfurt) mit externer Beschaltung

Dieser VCO wurde in einem vorhandenen FSK/ASK-Transmitter-IC der MELEXIS GmbH für das ISM-Band bei 868 MHz integriert. Aufgrund des verbesserten VCO-Phasenrauschens konnte die PLL-Bandbreite von etwa 700 MHz auf 200 MHz reduziert werden. Dies ermöglicht eine deutlich bessere Dämpfung des Rauschens der Chargepump und des Referenzdurchschlags. Die Ausgangsleistung des Power Amplifiers wurde erhöht. Bei gleichbleibenden Nebenaussendungen ist jetzt eine höhere Sendeleistung möglich.

Ausblick

Der IC befindet sich derzeit in der Präparation. Nach der messtechnischen Charakterisierung ist der nächste Schritt die Realisierung eines kanalfähigen Transmitter-ICs, in dem die Vorteile eines integrierten LC-VCOs erst voll zur Geltung kommen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Peter Teichmann

Tel.: +49 (361) 6 63-25 10

E-Mail: peter.teichmann@imms.de

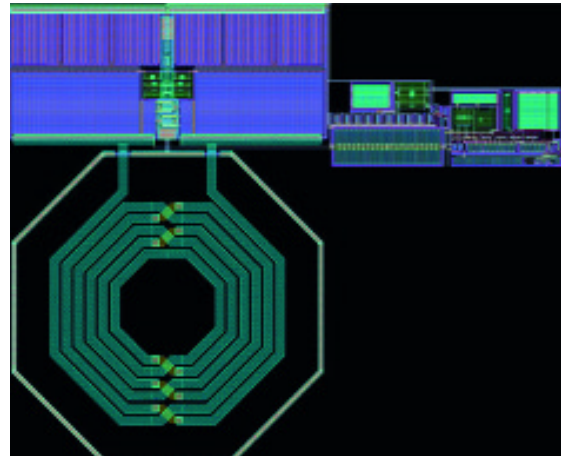


Abb. 3: Layout des VCO, wie er im Transmitter zum Einsatz kommt. Über der Spule befindet sich die VCO-Kernschaltung.

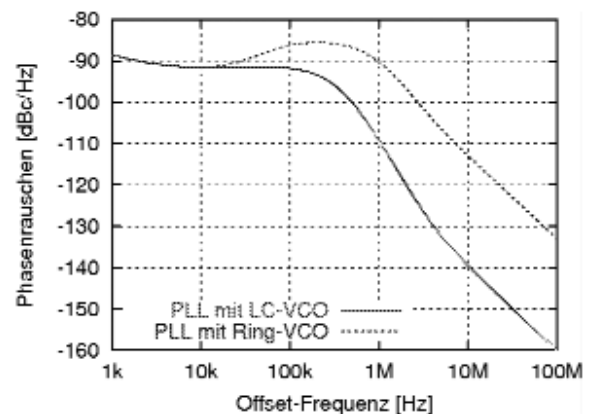


Abb. 4: Verbesserung des Phasenrauschens durch Einsatz des LC-VCOs (Simulation)

Zielstellung

Im Rahmen des EU-Förderprojektes ATHIS (**A**dvanced **T**echniques for **H**igh temperature **S**ystem-on-Chip) werden seit Projektbeginn im April 2002 statische random access memories (SRAM) vom Themenbereich SOI entwickelt. Diese sollen in dem als Projektziel zu entwickelnden Multi-Chip-Modul zur Einspritzungssteuerung in Dieselmotoren Anwendung finden. Das Projekt hat eine Laufzeit von 42 Monaten. Die Projektpartner kommen aus Belgien, Italien, Spanien und Großbritannien.

Forschungsverlauf und -stand

In der Spezifikation für das ATHIS Multi-Chip-Modul finden sich zwei verschiedene Speicher. Ein 256x16 Bit Single Port SRAM zur Speicherung von Programmcodes und ein 32x16 Bit Dual Port SRAM zur Zwischenspeicherung von für die Einspritzungssteuerung benötigten Messdaten. Beide Speicher werden mit den selben Grundbausteinen (Zellen, Treiber, Leseverstärker) realisiert, die Unterschiede liegen lediglich in Aufbau und Zusammensetzung. Um für beide Speicher einfache Testobjekte zur Verfügung zu haben wurden zu Beginn dieses Jahres 32x16 Bit große Testspeicher in beiden Varianten entworfen und gefertigt. Abbildung 1 zeigt das Layout des Dual Port RAM.

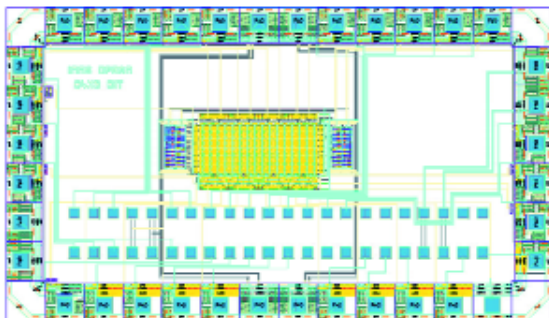


Abb. 1: Layout des Dual Port RAM

Beide Speicher wurden in der zweiten Jahreshälfte einem Funktionaltest bei Raumtemperatur unterzogen. Dabei wurde sowohl auf die mögliche Taktrate als auch auf die Anfälligkeit gegenüber Bitfehlern getestet. Alle Tests erbrachten positive Ergebnisse. Die Ausgabe des Schachbrett-Tests zum detektieren der Bitfehler zeigt Abbildung 2.

Ergebnis

Sobald die Charakterisierung der Speicher abgeschlossen ist, stehen als erstes Zwischenergebnis der Projektarbeiten SRAM Speicherbau-

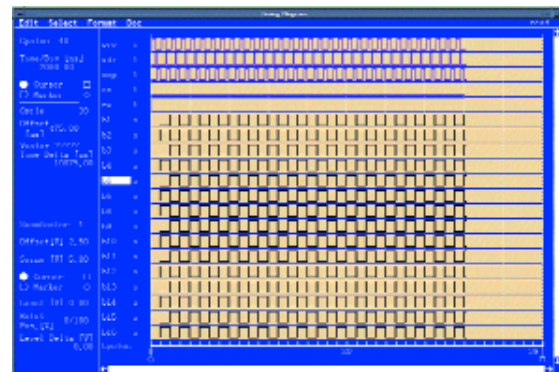


Abb. 2: Schachbrett-Test ohne Batterie

steine zur Verfügung. Diese können in verschiedensten Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen. Insbesondere ihre Eignung auch für den erweiterten Temperaturbereich unterscheidet sie von bisher bereits verfügbaren Produkten.

Ausblick

In den ersten Monaten des kommenden Jahres werden zunächst die SRAM Speicher über den kompletten Temperaturbereich von -40 bis $+220$ Grad Celsius charakterisiert werden. Parallel dazu wird der für das Projekt entwickelte Digitalschaltkreis mit integriertem Speicher fertiggestellt und produziert werden. Aus den Testergebnissen dieser Schaltkreise sollen dann Rückschlüsse für das letzte Redesign der im ATHIS Projekt geplanten Schaltkreise gefunden werden. Die so verbesserten Schaltungsteile sollen dann bis Juli 2004 zu einem gesamten Schaltungssystem zur Einspritzungssteuerung in Dieselmotoren zusammengesetzt werden. Damit werden die Designarbeiten des Projektes fertiggestellt.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Sonja Richter

Tel.: +49 (361) 6 63-25 43

E-Mail: sonja.richter@imms.de

Entwurf einer Power Supply für 42 V Automotive Anwendungen

BMBF, 01M3068H

Zielstellung

Im Januar 2000 startete das EU-Projekt ANASTASIA+ (**A**nalog **E**nhancements for a **S**ystem to **S**ilicon **A**utomated Design), an dem das IMMS als Partner mitarbeitet. 2003 begann die Phase II. Neben dem IMMS wirken Institute und Unternehmen aus den Niederlanden, Frankreich, Österreich, Italien und Deutschland mit. Ziel des Projektes ist es, Methoden für den automatisierten Entwurf für Anwendungen im Mixed-Signal Bereich zu entwickeln und diese in Demonstratoren umzusetzen.

Die Leistungsfähigkeit von neuen EDA-Methoden aus den anderen Workpackages soll an einem Step-Down- und einem Linear-Regler in SOI-Technologie nachgewiesen werden. Die im Projekt entwickelten Methoden der Verhaltenssimulation mit VHDL-AMS werden auf beide Reglertypen angewendet. Die symbolische Analyse wird nur anhand des Linearreglers durchgeführt. Für beide Schaltungen soll die Designzentrierung angewendet werden, um die hiermit erreichbare Designsicherheit demonstrieren zu können. Beide Schaltungsteile werden so gestaltet und aufeinander abgestimmt, dass ein einheitlicher Schaltungsblock für eine Power-Supply entstehen kann.

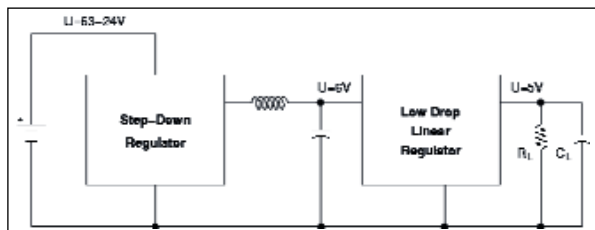


Abb. 1: Blockschaltbild der 42 V Power Supply

Forschungsverlauf und -stand

Die Arbeiten zum WP4.3 „Reusable Block-42-V-Power-Supply with specification and measuring report“ liefern Erkenntnisse zur Einbindung der SOI-Modelle in die CAD-Toolumgebung sowie zur Methodik des Blockentwurfes von HV-Designs bei der Erweiterung auf 42 V Bordnetzspannung. Es wird anhand der Implementierung

des Tools „Analog Insydes“ zur symbolischen Analyse bei Stabilitätsproblemen gezeigt, dass mit der Erweiterung des vorhandenen CAD-Tools mit derartigen speziellen Lösungen ein praktikabler Weg machbar ist und die Effektivität der Designarbeit deutlich gesteigert wird.

Die Ausführungen zur Designmethodik für Mixed-Mode-Designs basieren direkt auf den Ergebnissen der Arbeiten im Rahmen des WP3.1 (circuit synthesis, sizing and design centering): „Results of the Application of the Symbolic Analysis for Migration of Circuit Structures; Comparison of Models with Measurements“.

Die Power-Supply ist für die 42 V Spezifikation ausgelegt. Der Laststrom kann bis 150 mA betragen. Es sind ein Übertemperatur- und ein Überstromschutz vorgesehen. Durch den Einsatz der SOI-Technologie ergibt sich ein großer Temperaturbereich, bei dem solche Schaltungen zum Einsatz kommen können. Die Power-Supply besteht aus einem Step-Down-Regler mit nachgeschaltetem Linearregler.

Bei der Simulation und der nachfolgenden Umsetzung des Step-Down-Reglers in das Layout wurden Analog Insydes, Advance MS, Cadence spectre (mit verilogA Modellen), Cadence Virtuoso Layout Editor genutzt, um eine gute Dimensionierung unter Berücksichtigung aller Stabilitätsbedingungen zu gewährleisten. Daraus ergab sich ein verbessertes Schaltungsdesign für eine PWM als Teil des Step-Down-Reglers.

Ausblick

Als nächster Schritt zur kompletten Power-Supply ist die Umsetzung des Linearreglers als Low-Drop-Regler vorgesehen. Die Methoden aus WP2 werden für den Architekturentwurf der Power-Supply eingesetzt. Um eine verbesserte Robustheit sowie sehr gute PSRR über alle Corner zu gewährleisten wird das Tool Wicked (WP3) (s. S. 33) eingesetzt. Damit wird ein neuer Weg des „fast prototyping“ demonstriert.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Stefan Bormann

Tel.: +49 (361) 6 63-25 43

E-Mail: stefan.bormann@imms.de

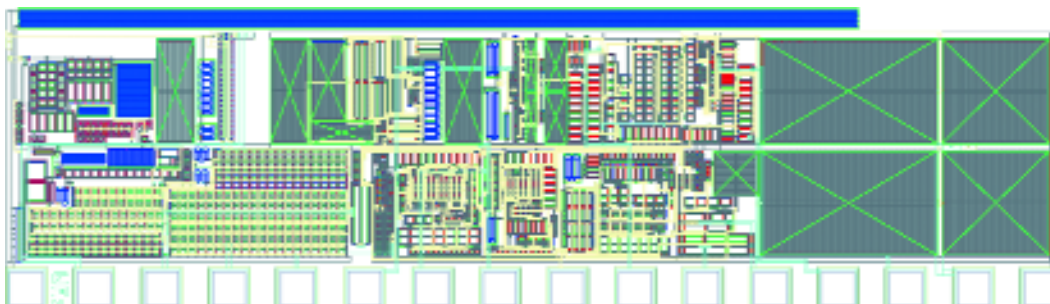


Abb. 2:
Layout der
PWM

Embedded Systeme in Simulink

Zielstellung

Der Markt für embedded Systeme wird in den kommenden Jahren weiter wachsen und der Anteil der Software im Gesamtsystem einen immer größeren Stellenwert einnehmen. Deshalb ist es notwendig, eine gemeinsame Entwicklungsumgebung von Hard- und Software zu realisieren. Im Forschungsprojekt SpeAC (Medea+Projekt A508) wurde deshalb in Zusammenarbeit mit der Melexis GmbH eine Co-Simulation zwischen einer grafischen Systembeschreibung und einem Mikroprozessor-Simulator untersucht.

Forschungsverlauf

In der ersten Phase des Projektes wurde die Einbindung eines Softwaresimulators in Matlab/Simulink untersucht und prototypisch umgesetzt. Als Softwaresimulator kam dabei der Melexis MLX16, ein 16-Bit-Mikrocontroller, zum Einsatz. Dieser Ansatz wurde im Projektverlauf weiter verbessert. Dabei wurden die Erfahrungen aus Einsätzen in realen Entwicklungsprojekten aufgenommen. So wurde zum Beispiel das im letzten Jahr begonnene Modell der Benzinpumpensteuerung verfeinert. Mit den gewonnenen Erfahrungen aus der MLX16 Einbindung in Simulink wurde ein weiterer Melexis Softwaresimulator auf diese Weise aufbereitet.

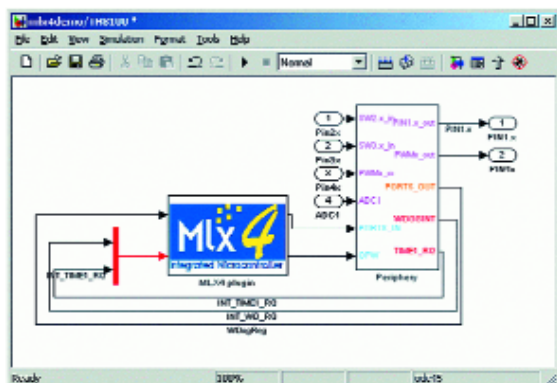


Abb. 1: Ansicht des MLX4 in Simulink

Es handelt sich um den Melexis MLX4, einen 4-Bit-Mikroprozessor, welcher ebenfalls im Automobilbereich eingesetzt wird. Als Besonderheit ist beim MLX4 zu erwähnen, dass er zwei Software-Tasks parallel abarbeiten kann (Dual-Task-CPU).

Als ein Anwendungsbeispiel wurde ein LIN-Slave Controller in Simulink realisiert, jedoch ohne den LIN-Bus. Dieser Chip verfügt über mehrere Ein- und Ausgänge, die von einem

LIN-Master ausgelesen bzw. geändert werden können. Task 1 des MLX4 bedient dabei den LIN-Bus und Task 2 liest in zyklischen Abständen die Eingänge in den Datenspeicher und ändert die Ausgänge entsprechend den Werten des Datenspeichers. Die bereits vorhandene Software für die Inbetriebnahme des Chips konnte mit dem Modell simuliert werden. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Software für Task 2 korrekt funktioniert.

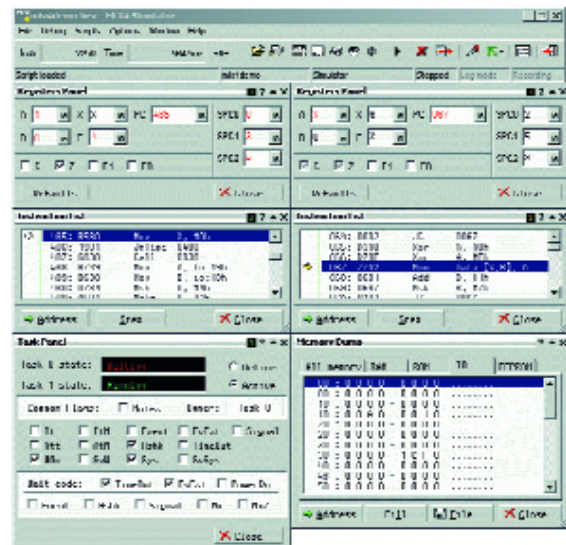


Abb. 2: Bildschirm des MLX4 Simulators

Für beide Softwaresimulatoren wurden Konfigurationswerkzeuge erstellt, um eine einfache Nutzung der MLX4 / MLX16 Prozessoren in Simulink zu gewährleisten.

Ausblick

Mit einer Umsetzung des MLX16 in SystemC wurde begonnen. Es wird eine höhere Simulationsgeschwindigkeit durch ein für die Simulatorkopplung optimiertes Interface erwartet. Als weiteres Anwendungsprojekt ist eine Fensterhebersteuerung mit MLX16 angedacht. Das Überführen der bisherigen Ergebnisse in den gültigen Design-Flow der Melexis ist ebenfalls geplant.

Weiterhin soll untersucht werden, inwiefern es sinnvoll ist, den LIN-Bus in die Simulation einzubeziehen und in welcher Abstraktionsebene dies geschehen könnte.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. (FH) Mario Hahn
Tel.: +49 (361) 6 63-25 51
E-Mail: mario.hahn@imms.de

Entwurf eines kaskadierten 8 Bit Flash Analog Digital Wandlers

Zielstellung

Innerhalb einer Praktikumsarbeit wurde das Redesign eines zweistufigen 8 Bit Flash Analog Digital Wandlers durchgeführt, der im ersten Design einen Kodierfehler aufgewiesen hat. Diesen Fehler hieß es per Mixed Signal Simulation unter Cadence nachzuvollziehen und ausfindig zu machen. Im Anschluss wurde der Fehler korrigiert, das Konzept des ADC etwas verbessert und der vollständige Designflow für einen Mixed Signal IC angewendet. Der Designflow beinhaltete Simulation der Schaltpläne, Umsetzung ins Layout, Verifikation des Layouts, Simulation des Rückerkannnten Layouts und schließlich Erstellung eines Messboards sowie Messungen am realisierten IC.

Forschungsverlauf

Der englische Ausdruck „flash“ (Blitz) wird deshalb verwendet, weil diese Art von A/D-Wandlern sehr schnell (blitzartig) arbeitet. In Abbildung 1 ist das Prinzip des ADC dargestellt. Der Wandler ist aus einer Reihe von Spannungsvergleichen aufgebaut, die parallel arbeiten.

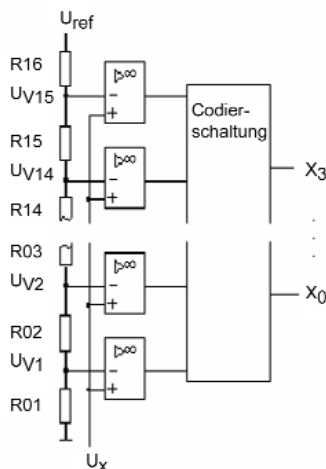


Abb. 1: Flash Wandler Prinzip

Erreicht die Eingangsspannung U_x den Wert der jeweiligen Referenzspannung U_v , so schaltet der Komparator durch. Für einen Vier-Bit-Wandler werden 15 Komparatoren benötigt. Ein Acht-Bit-Wandler benötigt bereits 255 einzelne Komparatoren. Nachfolgend ist eine Kodierschaltung erforderlich um den ausgegeben „Thermometercode“ in ein binäres Ergebnis zu wandeln.

Die 255 Komparatoren im Falle eines 8 Bit Wandlers sind ein enormer schaltungstechnischer Aufwand. Der Flächenbedarf ist sehr hoch. An dieser Stelle setzt der 2 stufige Wandler an. Im Prinzip besteht er im Falle eines 8 Bit Wandlers aus zwei hintereinander geschalteten

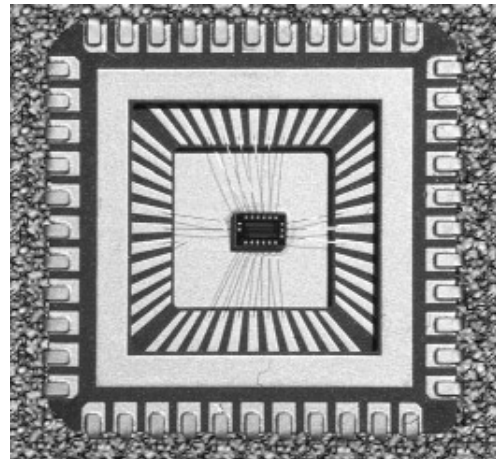


Abb. 2: gebondete Bauelemente im offenen Gehäuse

4 Bit Wandlern. Die ersten 4 Bit sind für eine Grobauflösung zuständig und bildet die Referenzspannung für den 2. 4 Bit Wandler der die Feinauflösung übernimmt. Die Feinauflösung wird an den jeweiligen Spannungsbereich der Grobauflösung angeschaltet. Durch diese Maßnahme reduziert sich die Anzahl der erforderlichen Komparatoren auf 30, was eine deutliche Einsparung an Layoutfläche darstellt. Das neue an dem Wandlerprinzip ist, dass die Wandlung in einem Schritt passiert. Deshalb ist das Prinzip des Flashwandlers nicht verletzt. Ein Problem ist jedoch die Bereitstellung von genauen Referenzspannungen über parallelgeschaltete Widerstandsketten.

Im Zuge des Redesign wurden mögliche Veränderungen des Konzeptes des zweistufigen Flash ADC untersucht, um vor allem dem Problem der ungenauen Referenzspannung entgegenzuwirken. Wie schon erwähnt kam dieses zum einen, durch den Spannungsabfall an den Schaltern zur Feinauflösung und zum anderen, durch das jeweilige Parallelschalten der Feinauflösung an einen Widerstand der Grobauflösung zustande. Die Parallelschaltung führte vor allem in der Grobauflösung zu großen Abweichungen von der Soll-Referenzspannung. Um diesen entgegenzuwirken war der erste Ansatz den Widerständen in der Grobauflösung zusätzliche Dummy-Widerstände parallel zuschalten. Die Dummy-Widerstände haben den gleichen Wert, wie die gesamte Widerstandskette der Feinauflösung. Somit sind die Widerstände in der Grobauflösung immer gleich belastet, da entweder die Feinauflösung oder der Dummy-Widerstand angeschlossen ist. Dadurch sollte sich die Referenzspannung auch nicht mehr verschieben. Ungünstig auf das spätere Matching könnte sich auswirken, dass die Widerstände für Grob und Feinauflösung aus unterschiedlichen Typen und Größen bestehen. Ebenso waren die Schalter zu optimieren, die als CMOS-Transferschalter ausgelegt waren. In Abb. 3 ist das

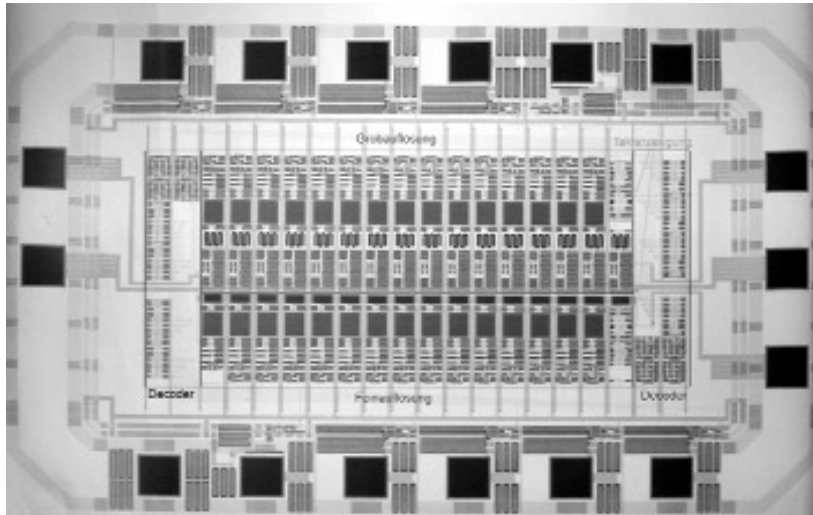


Abb. 3: Layout des Flash-ADC

Layout des Flash ADC gezeigt. Großes Augenmerk wurde dabei auf die Widerstandsketten für die Referenzspannung gelegt. So sind die Widerstände möglichst dicht und ohne lange Zuleitungen angeordnet. Auch die Zuleitung zu den beiden Bondinseln sind möglichst direkt und gleich lang um Unsymmetrien zu vermeiden. Außerdem wurden die Signalwege innerhalb des IC möglichst kurz gehalten. Der IC wurde bei der X-FAB Semiconductor Foundries AG gefertigt und in ein 44ig poliges Keramikgehäuse gesetzt (s. Abb. 2) .

In Abbildung 4 und 5 sind die Messergebnisse der DC- und AC- Messungen dargestellt. Die vollständige Funktion des Flash-ADC konnte somit nachgewiesen werden.

Ausblick

Es konnte erfolgreich die Funktion eines neuen Flash-Wandler Prinzips gezeigt werden. Dies erfolgte einerseits in der Simulation als auch in Messungen. Als nächster Schritt wird der Flash ADC in andere Technologien mit kleineren

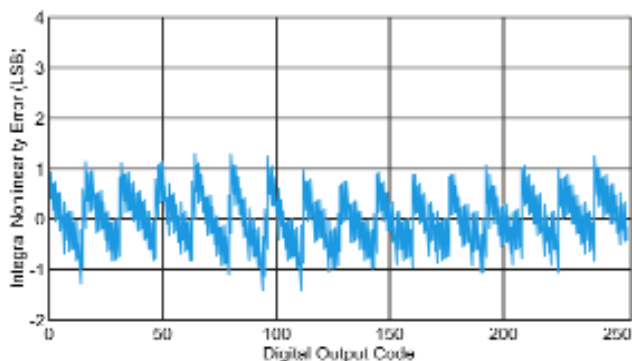


Abb. 4: INL des Flash AD-Wandlers

Um den Flash ADC messen zu können, wurde ein geeignetes Testboard entworfen, welches die erforderlichen Anschlüsse für die Betrieb- und Eingangsspannungen sowie die Messgeräte bereitstellt. Mit diesem Testboard wurden eine DC Messung der 4 Testsamples durchgeführt um, zum einen die generelle Funktion und zum anderen die INL und DNL der Wandler zu bestimmen. Bei der AC Messung diente wiederum ein Logic Analyser als Messgerät. Die Eingangsspannung wurde von einem hoch genauen Signalgenerator erzeugt. Als Eingangssignal dient ein Sinus. Nach dem Start der Messung schreibt der Logic Analyser die Daten kontinuierlich in den Speicher. Der aus den Daten zurückgewonnene Sinus wird dann per FFT in den Spektralbereich transferiert. Daraus lässt sich dann z.B. SNR und ENOB bestimmen.

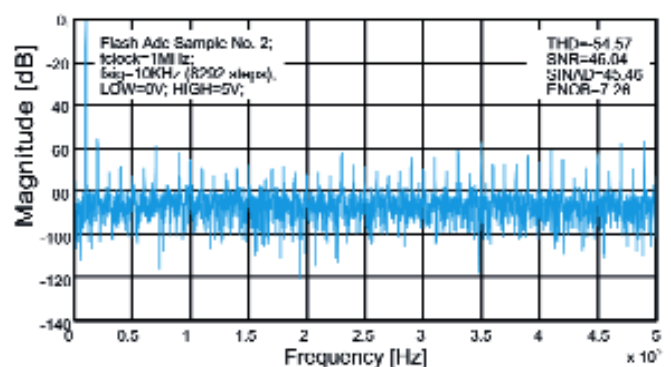


Abb. 5: FFT-Spektrum des Flash ADC

Strukturabmessungen überführt werden. Dabei ist zu Prüfen, ob man die Abtastrate des aktuellen Schaltungsentwurf noch weiter steigern kann. Zielstellung sind hier 20 Msamples pro Sekunde.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. D. M. Nuernbergk
 Tel.: +49 (361) 6 63-25 20
 E-Mail: dirk.nuernbergk@imms.de

Ein wichtiger Meilenstein in der Entwicklung des Themenbereiches im Jahr 2003 stellt die Erweiterung der technologischen Ausrüstung und der Aufbau eines neuen Messtechniklabors im Institutsteil Erfurt dar.

Organisiert durch die Stiftung für Innovation, Technologie und Forschung Thüringen (STIFT), konnten im Rahmen der EU-Infrastrukturförderung für den Standort Erfurt-Südost Investitionen getätigt werden. Damit war es u.a. möglich, den Messgerätepark und die technologische Ausrüstung des IMMS im Bereich der Mikrosystemtechnik auf ein hohes Niveau zu heben und zukunftsorientiert auszubauen.

Dieser Entwicklung Rechnung tragend, wurde der Themenbereich neu strukturiert und wird nun als standortübergreifende Struktur sowohl in Ilmenau als in Erfurt tätig werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, da die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Design und Test im IMMS forciert werden kann und zu wichtigen Forschungspartnern der Mikroelektronik-industrie in Erfurt-Südost bessere Rahmenbedingungen für eine noch engere Zusammenarbeit geschaffen werden konnten.

Die Namensänderung von „Analyse & Test“ in „Industrielle Elektronik und Messtechnik“ soll dem Profil des Themenbereiches besser gerecht werden, da zu den Schwerpunkten einerseits die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit für eine Vielzahl von KMUs, insbesondere aus Thüringen, gehört und andererseits im Themenbereich eine Spezialisierung auf Evaluierung, Charakterisierung und Test von elektronischen Bauelementen, Baugruppen und Systemen erfolgte. Der Themenbereich gliedert sich in die drei Themengebiete – Smart-Power-Systeme, Test und HF-Systeme. Damit sollen die erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungslinien der letzten Jahre weiter verfolgt und fokussiert werden.

Smart-Power-Systeme

Zu den Projekten des Jahres 2003 gehörten Aufgabenstellungen auf den Gebieten dimmbare Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen und Batteriemanagementsysteme für Lithium-Ionen-Batterien (s. S. 49). Beide Schwerpunkte wurden für und mit Thüringer KMUs bearbeitet. Weiterhin wurden die Grundlagen für ein Energiemanagementsystem für Solaranwendungen mit der University of Central Florida (Orlando, USA) geschaffen. Daraus ist ein Patent hervorgegangen.

HF-Systeme

Die in Vorjahr begonnene Zusammenarbeit mit der Mikroelektronikindustrie auf dem Gebiet der HF-Systeme wurde ausgebaut und erfolgreich weitergeführt. Evaluierungs- und Testlösungen für kundenspezifische integrierte HF-

Transmitter-Schaltkreise standen hierbei im Mittelpunkt. Es erfolgten gleichfalls Testmethodikentwicklungen und Untersuchungen für eine effiziente Überführung neuer integrierter HF-Schaltkreise in die Serienfertigung. Der Spezifik von Antennen für die Performance von HF-Systemen Rechnung tragend, wurden zwei Diplomarbeiten zur Optimierung von Patch- und Loopantennen betreut. Weiterhin wurden mehrere Projekte auf dem Gebiet HF-PCB-Design für anwenderspezifische Systemlösungen eines Thüringer Unternehmens, wie GPS-, ISM- und GSM-Applikationen, realisiert.

Test

Im Rahmen von EU- und BMBF-Forschungsprojekten (ATHIS*, CAPSENS*, HGDAT*) erfolgte im Jahr 2003 die Evaluierung und Charakterisierung von Schaltungsteststrukturen und integrierten Schaltkreisen in CMOS-, BiCMOS- und SOI-Technologien. Schwerpunkte waren dabei im Mixed-Signal-Bereich ADCs und DACs sowie Memories mit verschiedenen Architekturen und Komplexität. Für ein Design-Kit erfolgte die Charakterisierung von Analogzellen im Hochtemperaturbereich (-50°C bis 210°C) (s. S. 43). Die in den vergangenen Jahren begonnene Optimierung des Programmiervorganges von Fuses wurde mit der Charakterisierung und dem Lifetest für drei weitere Technologievarianten fortgesetzt. Außerdem wurden ebenfalls HF-Rauschmessungen und Bauelementecharakterisierungen für namhafte Vertreter der Halbleiterindustrie, wie Infineon, Motorola und X-FAB, durchgeführt.

Die Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau konnte ebenfalls vertieft werden. So erfolgte die Unterstützung des Zentrums für Mikro- und Nanotechnologien (ZMN) beim Entwurf eines Testfeldes für HF-Bauelemente. Zwei Diplomarbeiten von Studenten der TU Ilmenau wurden von Mitarbeitern des Themenbereiches betreut. Drei weitere Studenten absolvierten ihr Praxissemester, darunter auch eine Studentin aus Moskau. Weiterhin absolvierte eine jordanische Studentin ein Praktikum.

Im kommenden Jahr soll der Themenbereich personell verstärkt, der Test optoelektronischer Schaltkreise und Systeme schwerpunktmäßig unterstützt und die Möglichkeiten der Rauschmessungen im IMMS um 1/f-Rauschmessungen erweitert werden.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Klaus Förster

Tel.: +49 (36 77) 67 83 - 16

E-Mail: klaus.foerster@imms.de

*s. Seite 52

Analog und Mixed Signal Messungen an SOI-Zellen

Zielstellung

Schwerpunkt der bisherigen Arbeiten war der Aufbau eines Messplatzes für Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer. Ziel ist es, schnell auf Anfragen aus den Bereichen der Halbleiterindustrie zu reagieren, in denen diese Zellen weiterentwickelt sowie in neue Technologien übertragen werden.

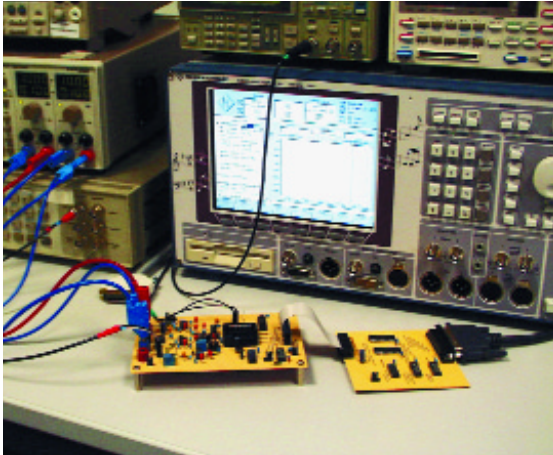


Abb. 1: Messplatz für statische bzw. dynamische ADU-Messung

Die Testboards müssen so aufgebaut werden, dass sie sowohl der Auflösung der zu testenden Schaltungen entsprechen als auch Störspannungen von außen und innen ausreichend unterdrücken. Eine nützliche Investition zur Lösung dieser Aufgaben in Industrieprojekten sind die bisher in Forschungsprojekten wie ATHIS (s. S. 37) und CAPSENS (s. S. 28) gesammelten Erfahrungen.

Einen typischen Messaufbau für ADUs bis 16 Bit Auflösung zeigt Abb. 1. Er wurde für den Betrieb unter Raumtemperatur verwendet.

Integrierte Schaltungen in SOI-Technologie sind besonders für Hochtemperaturen geeignet. Nach Fertigstellung des Anwendungszentrums Mikrosystemtechnik in Erfurt-Südost (AZM) steht neben anderer moderner Messtechnik ein Thermostream TP04300 zur Verfügung, mit dem die SOI-Schaltungen von -60°C bis $+225^{\circ}\text{C}$ ge-

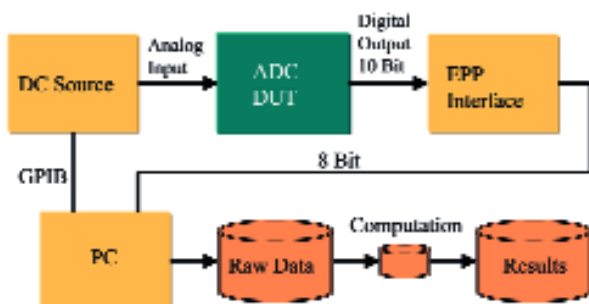


Abb. 2: Statische ADU-Messung

messen werden können. Die herkömmlichen Testboards sind dafür nicht geeignet. Die diskreten Bauelemente der Messschaltung wie Operationsverstärker, Logik-Gatter u.a. müssen von Temperaturen über 100°C ferngehalten werden. Die traditionell verwendeten Testfassungen versagen bei Temperaturen über $+170^{\circ}\text{C}$.

Forschungsverlauf und -stand

Einen einfachen Funktionsnachweis für einen ADU erhält man durch Aufnahme einer Transfer-Kennlinie, aus der INL und DNL berechnet werden können. In Abb. 2 wird eine DC-Quelle über einen Mess-Computer gesteuert. Die digitalen Ausgangsdaten werden über die Parallelschnittstelle eingelesen und gespeichert. Aus den Rohdaten lassen sich mit Hilfe von Charakterisierungsprogrammen – vorzugsweise unter Matlab – INL und DNL berechnen und in Abhängigkeit vom Ausgangs-Code grafisch darstellen. Zur Charakterisierung der AC-Parameter wird die DC-Quelle durch einen verzerrungsarmen Sinusgenerator ersetzt.

Sowohl für ADUs als auch DAUs stehen Mess- und Charakterisierungs-Programme zur Verfügung, mit denen die Kennwerte

- Integrale Nichtlinearität (INL)
- Differentielle Nichtlinearität (DNL)
- Total Harmonic Distortion (THD)
- Signal to Noise Ratio (SNR)
- Signal to Noise and Distortion Ratio (SINAD)
- Effective Number Of Bits (ENOB)
- Missing Codes

ermittelt werden können.

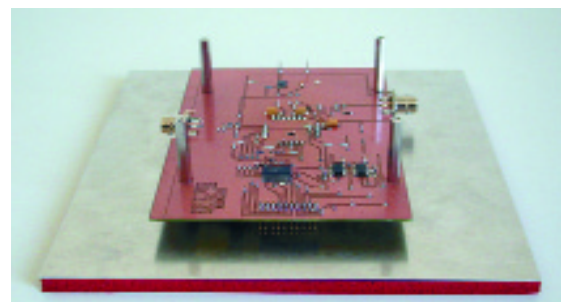


Abb. 3: Testboard für HT-Anwendungen (Ansicht von unten)

Im Auftrag der X-FAB Semiconductor Foundries AG Erfurt waren neben ADUs und DAUs Bandgaps, Operationsverstärker und Komparatoren zu charakterisieren. Für alle Zellen wurden je ein Mess- und ein Charakterisierungsprogramm erstellt.

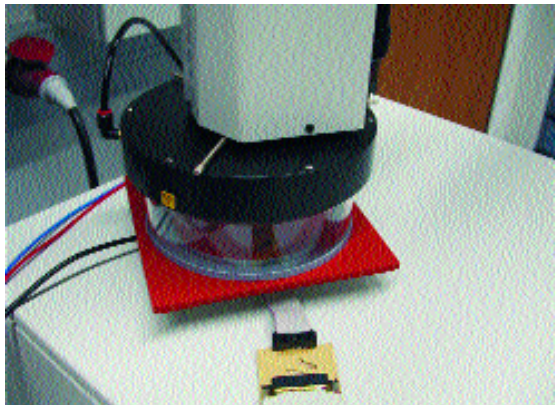


Abb. 4: Testboard unter dem Thermostream

Mit einem Testboard-Aufbau (s. Abb. 3) wird die Hitze von den Bauelementen an der Unterseite der Leiterplatte weitgehend ferngehalten. Der zu testende Chip ragt durch eine Platte, die mit hitzebeständigem Silikonschwamm abgedeckt ist. Auf dem Schwamm sitzt die Kappe des Thermostream fest auf (s. Abb. 4).

Abb. 5 und 6 sind Beispiele von gemessenen INL- Kennlinien des ADC10 und DAC10 bei 210°C. Fünf verschiedene Bandgap-Typen wurden im Temperaturbereich von -40°C bis +210°C charakterisiert.

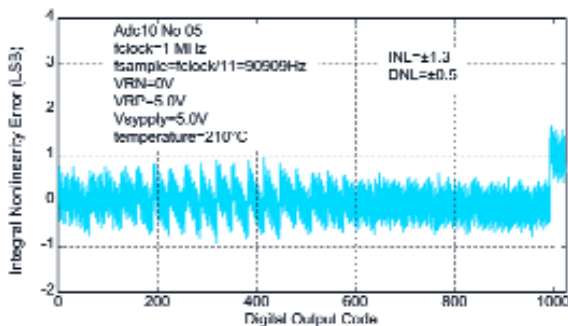


Abb. 5: INL des ADC10 bei 210° C

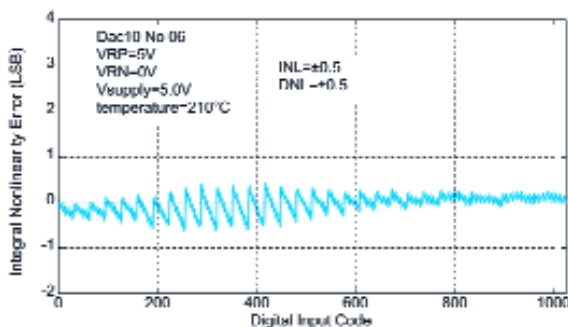


Abb. 6: INL des DAC10 bei 210° C

Abb. 7 zeigt die DC-Kennlinien bei verschiedenen Temperaturen.

Die Messergebnisse wurden in Form von Datenblättern dokumentiert und gehen in die Design-Kits ein. Es erfolgt eine Rückkopplung zum Design. Auf dieser Grundlage wurden mit den Design-Ingenieuren die besten Zellen für das Design-Kit ausgewählt.

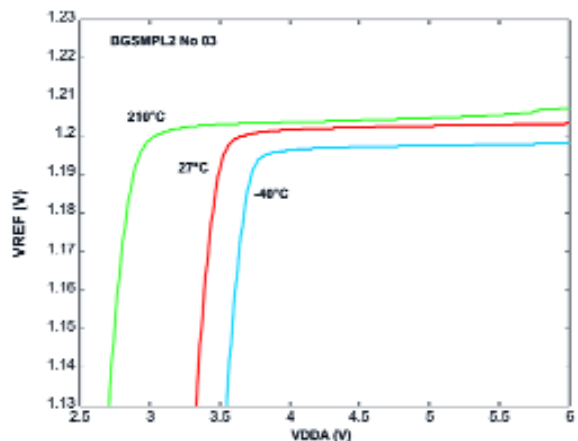


Abb. 7: Bandgap-Kennlinien

Ausblick

Für 2004 ist die Charakterisierung von Analogzellen für weitere Technologien der X-Fab AG vorgesehen.

Ansprechpartner:

Dr. Volker Schulze

Tel.: +49 (36 77) 67 83-22

E-Mail: volker.schulze@imms.de

Evaluierung, Charakterisierung und Test von HF-ASICs

Zielstellung

Basierend auf den Ergebnissen der Zusammenarbeit mit der Firma Melexis GmbH (Erfurt) werden Erfahrungen vorgestellt, die bei der Entwicklung von HF-ASICs gewonnen wurden. Dabei wird auf die speziellen Probleme bei Evaluierung, Charakterisierung und IC-Test näher eingegangen. An ausgewählten Beispielen werden Lösungen vorgestellt und Messergebnisse präsentiert.

Forschungsverlauf und -stand

Die Evaluierung, Charakterisierung und der Test von ICs umfasst alle Arbeiten, die ausgehend von der Fertigstellung von ersten gehäuteten Samples bis zur Auslieferung spezifizierter Bauelemente an Kunden erfolgen müssen. Zwischen diesen drei genannten Schritten ist aber eine exakte Trennung schwierig, da es viele Rückwirkungen und Verkoppelungen zwischen ihnen gibt (s. Abb. 1). Deshalb zu Beginn die exakteren Begriffsdefinitionen, welche das komplexe Zusammenwirken der einzelnen Schritte besser verdeutlichen sollen.

Evaluierung	= Bewertung, „Debugging des Siliziums“
Charakterisierung	= Beschreibung, Datenblatt, Spezifikation
Test	= Qualitätssicherung, Fehleranalyse, Statistik

Tab. 1: Begriffsdefinitionen

Die Evaluierung stellt eine zentrale Aufgabe bei der IC-Entwicklung dar. Als Ergebnis wird die Aussage erwartet, ob das IC-Design erfolgreich war bzw. welche Aufgaben für ein mögliches Redesign abgeleitet werden können. Die Entwicklung verläuft dabei nicht unbedingt geradlinig, speziell bei hochkomplexen Schaltkreisen können mehrere Iterationen nötig sein. Die Untersuchungen werden an einer geringen Anzahl von Bauelementen vorgenommen. Anders liegen die Verhältnisse beim Test: Hier ist eine in der Testspezifikation definierte Hardware zu verwenden, auf der das Testprogramm abläuft. Da eine große Anzahl von Bauelementen getestet werden muss, steht nur eine sehr begrenzte Zeit für jeden Test zur Verfügung.

Spezifik von HF-ASICs

Die Besonderheit bei HF-ICs liegt darin, dass sie nur mit der entsprechenden Außenbeschaltung funktionsfähig sind. Das bedeutet, bevor die ICs in ihrer Applikation eingesetzt werden können,

ist eine Feinabstimmung aller externen Komponenten notwendig. Dabei ist die Auswahl der Bauelemente (Induktivitäten, Kondensatoren, Filter etc.) von großer Bedeutung. Um die gewünschte Performance zu erzielen, sind für den entsprechenden Frequenzbereich geeignete Komponenten einzusetzen. Auf einem in dieser Art bestückten Evaluationboard kann die Schaltung dann dimensioniert und optimiert werden.

Messumgebung

Die Messumgebung besteht aber nicht nur aus der Hardware (Evaluationboard), der Anteil der erforderlichen Software darf nicht unterschätzt werden. Damit ist nicht nur die Software zur Steuerung der Messgeräte gemeint. Die meisten ICs beinhalten Mikrocontroller oder Konfigurationsregister, auf die über ein spezifiziertes Interface zugegriffen werden kann. So können produktionsbedingte Toleranzen durch ein Softwaresetup ausgeglichen werden.

■ Hardware

- Außenbeschaltung, externe Komponenten
- PCB-Layout
- Anbindung der Messgeräte (Kabel, Buchsen Übergänge)
- Umschaltung von Messpunkten

■ Software

- IC-Register – Setup
- Kompensation von Toleranzen im Herstellungsprozess
- Interfacegestaltung

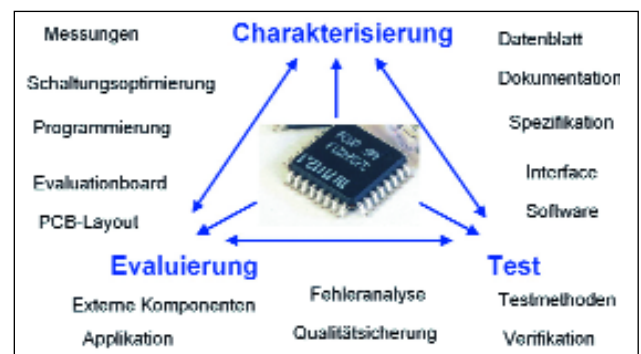


Abb. 1: Relationen von Evaluierung, Charakterisierung und Test

Test-Setup

Der nachfolgende automatisierte Test wurde auf einem HP82000 Tester unter Einbeziehung von externen Meßgeräten implementiert. Die Steuerung erfolgte dabei mit dem Programm HP/Agilent-Vee über die HP-IB Schnittstellen der Messgeräte:

- Spektrum Analyzer
- zwei Signalgeneratoren mit Power-Combiner
- Digitaloszilloskop
- Stromversorgung

Es wurde ein Evaluation- und Testerboard entworfen, wobei die Testieranbindung direkt über Pfostensteckverbinder gelöst wurde. Außerdem wurde die notwendige Umschaltung zwischen den verschiedenen Messpunkten und den Messgeräten auf dem Board mit integriert, was den Aufwand an Verkabelung, externen Koaxschaltern und störenden offenen Leitungen deutlich reduzierte. Als geeignete Umschalter kommen folgende Komponenten in Frage: Pin-Dioden, Halbleiterschalter, Relais (SMD, HF, Koax etc.) oder HF-Koaxschalter.

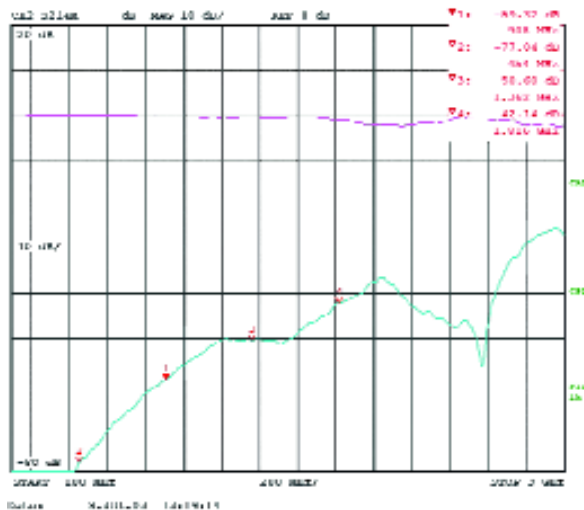


Abb. 2: Dämpfung und Isolation der HF-Relais G6Y

Die Parameter und die Kosten der untersuchten Bauteile differieren um Größenordnungen und unter „HF“ versteht jeder Hersteller etwas anderes. Als bester Kompromiss fand sich ein Relais, was bei 900 MHz 0,4 dB Durchgangsdämpfung und 60 dB Sperrdämpfung in einer 50 Ohm Microstripumgebung versprach. Diese Werte konnten messtechnisch verifiziert werden und so eine kostengünstige Lösung zur Umschaltung der Messpunkte gefunden werden (s. Abb. 2). Um die Zuverlässigkeit einschätzen zu können, wurden drei Millionen Schaltzyklen durchgeführt und keine Parameteränderung festgestellt. Es wurde deutlich, dass nicht alle spezifizierten Messungen bzw. Tests auch realistisch umsetzbar sind. Was bei der Evaluierung als Labormessung „per Hand“ kein Problem ist, lässt sich im automatisierten Test nicht sinnvoll implementieren, wie z.B.:

- Messungen, die Iterationen erfordern (das Eingangssignal ist in Abhängigkeit vom Ausgangssignal einzustellen)
- Messungen, die komplexe Bildschirminhalte auswerten sollen (Oszilloskop – Kurvenformen, Spektren) und sich nicht

auf einen konkreten Parameter (z.B. V_{rms} , V_{eff}) reduzieren lassen

- Messungen mit großen Zeitbedarf (Bit-Fehlerratenmessungen)

Allgemein gesagt, Testermessungen müssen ein eindeutig beschreibbares Ausgangssignal als Messergebnis liefern können.

Hieraus wird auch klar, dass eine funktionierende Device- bzw. Testspezifikation nur im engen Zusammenwirken von Design- und Testingenieuren entwickelt werden kann.

Fortgesetzt wurde die Charakterisierung an einem Thermostream um die Parameter auch in Abhängigkeit von der IC-Temperatur messen zu können. Laut Spezifikation war gefordert, zwischen -40 und $+85^{\circ}\text{C}$ die Charakterisierung vorzunehmen. Im Ergebnis dessen standen dem Auftraggeber engineering samples zur Verfügung und die Überleitung in die Produktion wurde vorbereitet.

Ausblick

Für spezielle HF-ASICs konnte eine Lösung zur Evaluierung und damit zu dessen Charakterisierung realisiert werden, die auch bei geringen Stückzahlen praktikabel umzusetzen ist. Der Entwicklung von HF ASICs konnten so entscheidende Impulse gegeben werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Björn Bieske

Tel.: +49 (36 77) 67 83 - 36

E-Mail: bjoern.bieske@imms.de

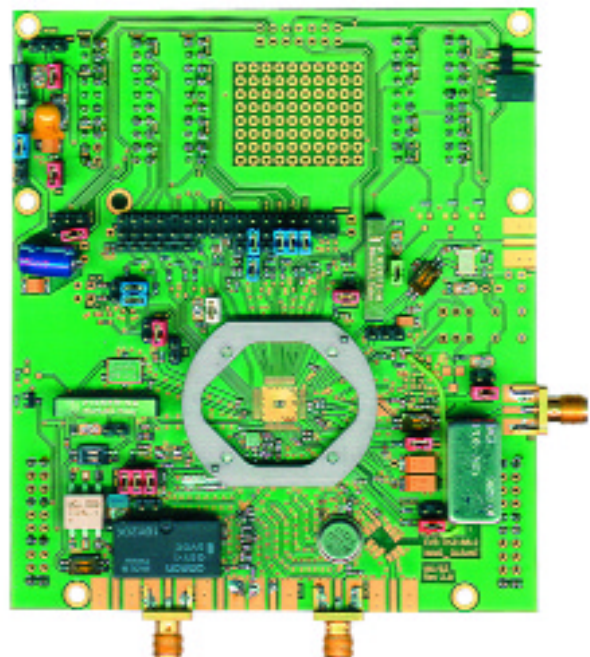


Abb. 3: Testerboard mit Fassung für HF-ASIC

Rauschmesstechnik am IMMS

Zielstellung

Eine besondere Bedeutung bei der Charakterisierung von Halbleiterbauelementen spielt die Messung der Rauscheigenschaften. Grundsätzlich zu unterscheiden ist dabei zwischen dem HF-Rauschen einerseits (Frequenzbereich: 0.3...26 GHz; Messung der minimalen Rauschzahl, $F_{\min}$; G_{opt} , $G_{\text{ain/ass}}$, d.h. den Rauschparametern) und dem niederfrequenten Rauschen andererseits (Frequenzbereich: 0.1 Hz... 1 MHz; Bestimmung von AF und KF).

HF-Rauschmessungen

Bei der Entwicklung und Charakterisierung moderner HF-Bauelemente gewinnt neben der S-Parameter-Messung die Bestimmung der Rauschparameter zunehmend an Bedeutung. Diese qualifizieren das Übertragungsverhalten von Vierpolen in realen Schaltungen und unter realitätsnahen Einsatzbedingungen.

Unter Rauschparametern versteht man die minimale Rauschzahl $F_{\min}$, die optimale Quellimpedanz Y_{opt} und den äquivalenten Rauschwiderstand R_n .

Die Rauschzahl F eines Vierpols ist von der dem Messobjekt angebotenen Quellimpedanz abhängig. Deshalb ist es für die Bestimmung der Rauschparameter erforderlich, für die Messobjekte unterschiedliche Quellimpedanzen bereitzustellen. Dies geschieht mit dem elektronischen Tunersystem NP5 von ATN Microwave.



Abb. 1: HF-Messplatz

Eine entsprechende Software gestattet die Steuerung der Messgeräte, die Messwerterfassung sowie die Auswertung und Visualisierung der Ergebnisse. Die Messungen können mit zwei unterschiedlichen Tunersystemen im Frequenzbereich von 0,3...6 GHz und von 2...26 GHz on-Wafer durchgeführt werden.

Messung des 1/f-Rauschen

Das niederfrequente Rauschen wird, auf Grund des Verlaufes der Rauschleistungsdichte über der Frequenz, auch häufig als 1/f-Rauschen bezeichnet. Diese Messung stellt dabei eine

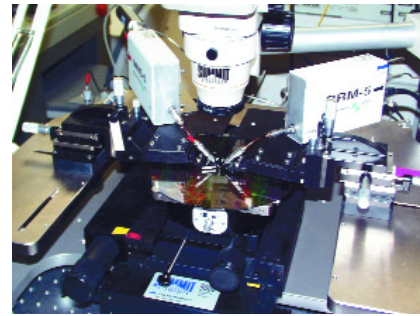


Abb. 2: Tunersystem mit Messspitzen

prinzipiell andere Messaufgabe dar als die HF-Rauschmessungen.

Mittels eines dynamischen Signalanalysators (FFT-Analyse) wird die spektrale Rauschleistungsdichte über der Frequenz gemessen. Die dafür erforderliche rauscharme Versorgung der Messobjekte (BJTs oder MOSFETs) erfolgt über spezielle Filter und aus einem rauscharmen Stromverstärker SR 570.

Aus der Messung des 1/f-Rauschens können letztendlich die für die Bauelementemodellierung benötigten Parameter AF und KF extrahiert werden. Für Messung und Extraktion wird das Parameterextraktionsprogramm ICCAP mit dem dazugehörigen Noise-Modelling-Toolkit eingesetzt.

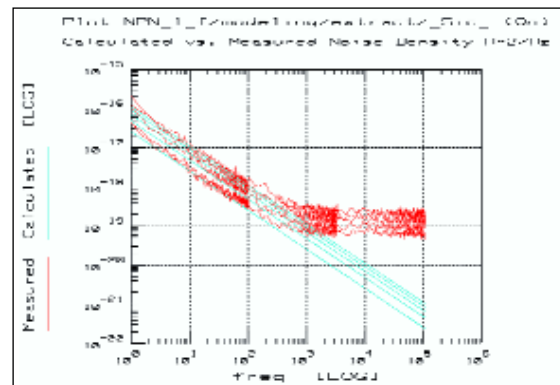


Abb. 3: 1/f-Rauschmessung an einem Bipolar-Transistor (BJT)

Mit der verfügbaren Technik ist es somit möglich, eine komplette Rauschcharakterisierung vorzunehmen. Die Messungen können dabei sowohl on-Wafer als auch auf HF-Boards mittels Testfixture oder an gehäuseten Bauelementen vorgenommen werden.

Das IMMS ist mit seiner Ausrüstung und dem vorhandenen Know-How ein hervorragender Dienstleister für speziellen Messaufgaben. Unsere Referenzen entstanden durch Zusammenarbeiten mit unterschiedlichen Firmen der Halbleiterindustrie (Infineon, Motorola, Philips, Melexis, X-FAB u.a.) und anderen Instituten und universitären Einrichtungen.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Uwe Baumann

Tel.: +49 (36 77) 67 83 -17

E-Mail: uwe.baumann@imms.de

Das neue Messtechnik-Labor in Erfurt

Im September 2003 konnte mit dem Aufbau des Messtechniklabors begonnen werden. Mit dem neuen Labor im Anwendungszentrum Mikrosystemtechnik in Erfurt eröffnen sich dem IMMS und seinen Forschungspartnern neue Möglichkeiten und verbesserte Arbeitsbedingungen. Es können sowohl on-Wafer als auch an gehäuteten Bauelementen Untersuchungen im Temperaturbereich von -60°C bis 225°C durchgeführt werden. Das Equipment erweitert die Testmöglichkeiten insbesondere für HF-Schaltungen, der Optoelektronik, der Sensor-elektronik sowie für Technologieentwicklungen und Parameterextraktionen.

Das Labor enthält folgenden Messplätze:

- Parametermessung und -extraktion
- Wafermessung mit PA200 (-60°C ... 200°C)
- Messung optoelektronischer ICs
- Mixed-Signal-Messungen
- IC-Evaluierung mit Thermostream
- $1/f$ Rauschmessung mit Waferprober PM8 (0°C ... 150°C)
- HF-Messungen
- Löt- und Inbetriebnahmeplatz

Obwohl die Lieferung der Messgeräte bis Ende 2003 noch nicht abgeschlossen war, wurde bereits ab Oktober begonnen, erste Messplätze zu konfigurieren, in Betrieb zu nehmen und erste Testaufgaben zu bearbeiten.

Am Mixed-Signal-Messplatz konnte bereits die Charakterisierung von Analogzellen für ein Design-Kit abgeschlossen werden. Dabei wurde der Thermostream TP04300 mit in die Testumgebung eingebunden.

Am Waferprober PA200 begann der Testsupport für optoelektronische und MEMS-Strukturen. Es erfolgten erste Messungen an Fotodioden. Dabei wurden Messungen sowohl mit Mikromanipulatoren als auch mit Probecards durchgeführt und active-Probes zum Einsatz gebracht.

Der Waferprober PM8 wurde für Charakterisierungsmessungen an Testfeldstrukturen eingesetzt.

Mit dem Equipment des HF-Messplatzes wurde ein Testworkshop für einen kundenspezifischen Transmitter-ICs und Messungen im Temperaturbereich -40°C bis 80°C mit dem Thermostream TP04300 durchgeführt.

Die bei den ersten Testaufgaben gesammelten Erfahrungen gehen in die Organisation eines effizienten Laborbetriebs ein.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Klaus Förster

Tel.: +49 (36 77) 67 83-16

E-Mail: klaus.foerster@imms.de

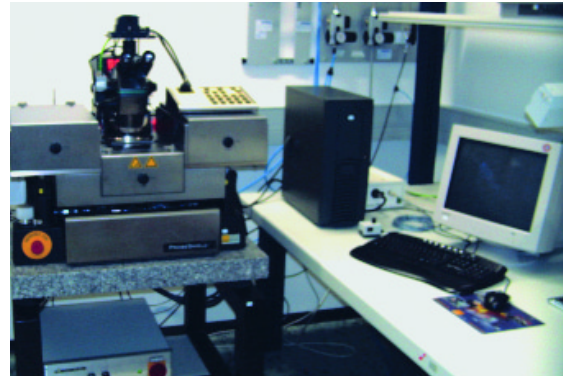


Abb. 1: Waferprober PA200

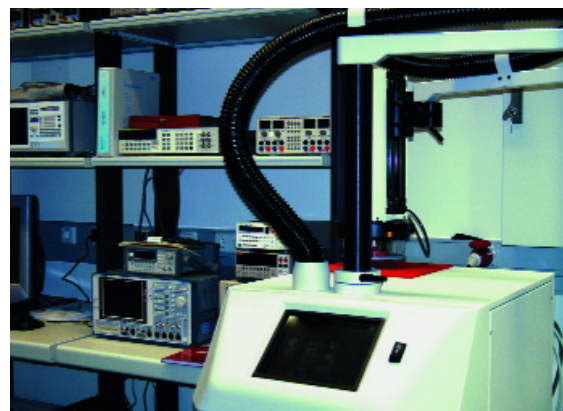


Abb. 2: Mixed-Signal-Messplatz



Abb. 3: HF-Messplatz



Abb. 4: IC-Evaluierungssystem

Messsystem zur Parameterextraktion an Gasentladungslampen

Zielstellung

Das Design von elektronischen Vorschaltgeräten für Gasentladungslampen wie z.B. Leuchtstoffröhren wird oft dadurch erschwert, dass die elektrischen Eigenschaften der Lampen nur unvollständig bekannt sind. Datenblätter der Hersteller sind, soweit überhaupt verfügbar, oft unvollständig und keine echte Hilfe bei der Schaltungsauslegung. Einige Parameter, wie z.B. die Zündspannung sind sowohl von den statischen und dynamischen Betriebsbedingungen des Vorschaltgerätes, von den Umgebungsbedingungen (Temperatur, elektrische Felder) und vom Alterungszustand der Lampe abhängig.

Forschungsverlauf und -stand

Zur Lösung dieser Problematik wurde ein Gerätesystem entwickelt, das die manuelle oder extern gesteuerte Einstellung der wesentlichen Betriebsparameter eines elektronischen Vorschaltgerätes gestattet. Damit können Messabläufe zur Parameterextraktion praxisnah organisiert und vergleichende Untersuchungen von Lampen unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlichen Alterungszustandes durchgeführt werden. Das System besteht aus einem EVG-Modul zur Zündung und zur Bereitstellung des Brennstromes und einem separaten Modul zur Einstellung der Heizparameter an den Elektrodenwendeln (Heizmodul). Die Abb.1 und 2 zeigen die Blockschaltungen der Module.

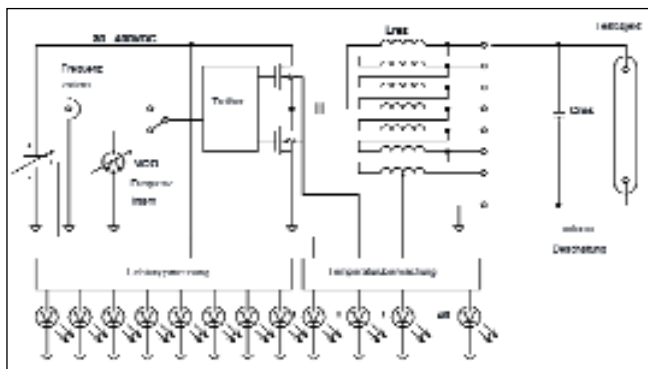


Abb. 1: Blockschaltung des EVG-Moduls

Die Module haben folgende Funktionen:

EVG-Modul

- Einstellbare interne DC Stromversorgung (30...400 V)
- Wahlweise einstellbare interne/externe Oszillatorfrequenz
- In Stufen wählbare Resonanzinduktivität
- Temperaturüberwachung und -abschaltung kritischer Baugruppen bei Überlast
- Leistungsanzeige

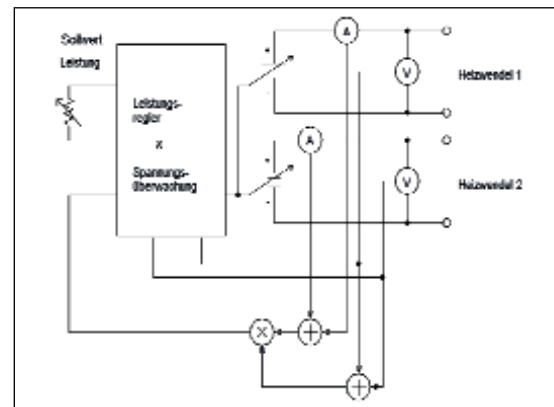


Abb. 2: Blockschaltbild des Heizmoduls

Heizmodul

- Simultane Einstellung der Heizleistung für zwei Heizwendel (max. 16 W total)
- Spannungsüberwachung und -begrenzung
- Galvanische isolierte Ausgänge mit geringen Streukapazitäten

Mit Hilfe des Messsystems wurde die Zündspannung einer Leuchtstoffröhre (Philips TLD 18W/840) gemessen. Durch die Mittelung aus fünf Messpunkten je Parametereinstellung wurden statistische Schwankungen ausgeglichen. Die Messungen wurden bei -30°C und $+30^{\circ}\text{C}$ durchgeführt. Darüber hinaus wurde das Prüfobjekt zur Ermittlung des Einflusses der Feldwirkung nahegelegener Metallteile in Aluminiumfolie eingewickelt. In Abb. 3 sind die Ergebnisse der Abhängigkeit der Zündspannung vom Vorheizstrom der Elektrodenwendel dargestellt.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Peter Kornetzky

Tel.: +49 (36 77) 67 83-16

E-Mail: peter.kornetzky@imms.de

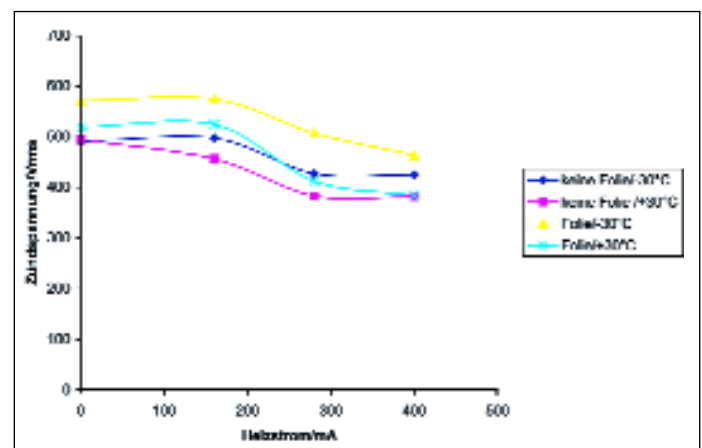


Abb. 3: Zündspannung einer Leuchtstoffröhre vom Typ TLD 18W/840 bei zwei verschiedenen Temperaturen und unter dem Einfluss einer starken Feldbeeinflussung durch umwickeln mit Aluminiumfolie

Mitgliedschaften in Verbänden, Fachgruppen etc.

- **1394automation e.V.**
- **AMA Fachverband für Sensorik e.V.** – *Fachausschuss „Optische Sensorik“*
- **American Chamber of Commerce**
- **AZT e.V.** – *Automobilezulieferer Thüringen e.V.*
- **DFAM** – *Deutsche Forschungsgesellschaft für die Anwendung der Mikroelektronik e.V.*
- **DFN**
- **EIBA** – *EUROPEAN INSTALLATION BUS ASSOCIATION*
- **EUROPRACTICE**
- **Facharbeitsgruppe Mikrotechnik Thüringen (TMWAI-STIFT)**
- **Fraunhofer Gesellschaft / IOF Jena**
- **Mitglied Leitungsgremium der GI/GMM/ITG-Kooperationsgemeinschaft „Rechnergestützter Schaltungs- und Systementwurf (RSS)“** (*Fachausschuß 3.5 der GI, Fachbereich 8 der GMM, Fachausschuß 5.2 der ITG*)
- **GI/GMM/ITG-Kooperationsgemeinschaft „Rechnergestützter Schaltungs- und Systementwurf (RSS)“** *Fachgruppe 1 „Allgemeine Methodik und Unterstützung von Entwurfsprozessen für Schaltungen und Systeme“; Fachgruppe 2 „Entwurf von analogen Schaltungen“*
- **GMM** – *Beirat*
- **GNT** – *Gesellschaft zur Förderung neuer Technologien Thüringen e.V.*
- **IEEE** – *Circuit and Systems Society; Electron Devices Society; Solid-State Circuits Society*
- **InnoRegio Südthüringen e.V.**
- **ITG-Arbeitskreis** – *„Zusammenarbeit Industrie und Hochschulen“*
- **ITG Fachgruppe** – *„CAD für den Analogschaltentwurf“*
- **Linux LIVE Verband e.V.**
- **Jury des BMWi zum Initiativprogramm „Zukunftstechnologien für kleine und mittlere Unternehmen“** – *ZUTECH 1999 – 31.7.2003*
- **Mitglied des „Inneren Arbeitskreises“ FUTUR des BMBF**
- **MSDN** – *MICROSOFT DEVELOPERS NETWORK*
- **MTT Mikrotechnik Thüringen e.V.**
- **OptoNet e.V. Thüringen**
- **Steuergremium des EDACentrums**
- **TZM Erfurt** – *Technologie-Zentrum-Mikroelektronik e.V.*
- **USB – Implementer Forum**
- **VDE / VDI Fachgesellschaften ITG, EKV und GMM**
- **VDE / VDI** – *Arbeitskreis „Mikrotechnik Thüringen“*
- **VDMA** – *Arbeitskreis „Nutzergruppe Mikrosystemtechnik“*
- **VSIA** – *VITAL SOCKET INTERFACE ALLIANCE*

Veröffentlichungen, Vorträge und Forschungsberichte/ Begriffserklärungen

Veröffentlichungen / Vorträge 2003

- Bornmann, V., Mohr, H.-U., Schäffel, Ch., Spiller, F.: „**Anordnung von Referenzmarken auf Messrasterplatten und Referenzmarkensensoren auf dem dazugehörigen optoelektronisch arbeitenden Messkopf**“
Deutsche Patentmeldung DE 102 30 614.1- 52 vom 04. Juli 2002
- Czerner F., Lioubov J., Neuhäuser U., Zellmann J.: „**Design Methodology for heterogeneous Machine Vision Systems**“
01/2003, GSPx/ISPC-Conferenz, Dallas/USA
- Götze M., Kattaneck W., Kirchner B., Schreiber A.: „**Ein flexibles intelligentes Modul für drahtlose Kommunikationsanwendungen**“
02/2003, Konferenz zur „Embedded World 2003“, Nürnberg
- Bornmann, V., Mohr, H.-U., Schäffel, Ch.: „**Maßverkörperung mit integriertem Temperiersystem**“
Deutsche Patentmeldung DE 103 27 505.3 vom 20. Februar 2003,
- Götze M.: „**A Flexible Object-Oriented Software Architecture for Smart Wireless Communication Devices**“
03/2003 „Proceedings of the Design, Automation and Test in Europe Conference 2003 DATE'03“, Band 'Designers Forum' , ISBN 0-7695-1870-2, S. 126-131
- Lang Ch.: „**Embedded Sensors**“
04/2003, E.I.S. Workshop 2003, Erlangen
- Schäffel Ch. + Autorenkollektiv: „**Manufacturing System for ultraprecision polishing of light curved optical parts**“
05/2003, Micro Technology and Measurement Techniques and Equipment Eurogress- International Topical Conference on Precision Engineering, Aachen
- Czerner F., Zellmann J.: „**Modelling Cycle-Accurate Hardware with Matlab/ Simulink using SystemC**“
05/2003, International DSP Conference 2003, 6-7.Mai 2003, Stuttgart
- Klein J., Lange St.: „**Investigation of detectors for optical pick-up systems for DVD applications**“
05/2003, Poster session of the conference SENOR 2003
- Töpfer H.: „**HTS Multilayer Technology for Optimal Bit Error Rate RSFQ Cells**“
06/2003, IEEE Transactions on applied superconductivity, Vol. 13, No 2, June 2003
- Töpfer H.: „**Design Issues for Interconnects in Densely Packaged RSFQ Structures**“
06/2003, IEEE Transactions on applied superconductivity, Vol. 13, No 2, June 2003
- Töpfer H.: „**Bit Error Rate Determination of RSFQ Logic Cells by Means of Noise Analysis of Basic Network Components**“
06/2003, IEEE Transactions on applied superconductivity, Vol. 13, No 2, June 2003
- Ahmed S. I. (TU Ilmenau), Mollenhauer O. (TETRA GmbH), Spiller F.: „**High Precision Positioning and Measurement Systems for Microtribology**“
06/2003, Proceedings of TRIMIS 2003, 01 - 03 June, 2003, Neuchâtel, Switzerland
- Bornmann V.: „**Kreuzgelenk**“
Deutsche Patentmeldung DE 103 26 978.9 vom 25.Juni 2003
- Izak R.: „**Mixed-Signal-ASIC zur modularen Signalauswertung bei kapazitiven Sensoren**“
07/2003, AMA Sensorik Statusseminar „Modulare Mikrosensorik“ , Würzburg
- Schäffel Ch.: „**Planar Motion Systems and Magnetic Bearings**“
07/2003, 4th Polish-German Mechatronic Workshop 2003, Suhl
- Töpfer H.: „**Design of HTS RSFQ circuits**“
08/2003, Journal: Physica C: Superconductivity and its applications
- Richter, S.: „**Layout considerations for high temperature SRAM cells in a SOI technology**“
08/2003, Journal: Facta University of University of Nic (Jugoslawien)
- Hauer H. (FhG ISS-A), Lang Ch.: „**Entwicklung von Mixed-Signal Systemen mit Embedded Prozessoren**“
09/2003, DFAM Forschungsbericht Nr. 19/2003, Frankfurt
- Hahn, M.: „**Modellierung von Mikroprozessoren mit Matlab/Simulink**“
09/2003, GI/GMM/ITG Workshop: „Multi-Nature Systems: Optoelektronische, mechatronische und andere gemischte Systeme“

- Braczek M., Kattanek W., Schröder Ch., Töpfer H.: „**Development of real-time embedded Linux applications from MATLAB/Simulink models**“
09/2003, 48. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, TU Ilmenau
- Kattanek W., Schreiber, A.: „**eCos – ein Open-Source-Betriebssystem f. eingebettete Systeme**“
09/2003, 48. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, TU Ilmenau
- Ulicna, E.: „**Modellierung eines Smartsensors in Matlab/Simulink**“
10, 2003, 6. Chemnitzer Fachtagung Mikrosystemtechnik-Mikromechanik & Mikroelektronik
- Götze M.: „**A Flexible Object-Oriented Software Architecture for Smart Wireless Communication Devices**“
“Embedded Software for SoC” S. 111 ff., Kluwer Academic Publisher, ISBN: 1-4020-7528-6
- Beckert, E., Hoffmann, A., Schäffel, Ch.: „**Six-Axis Positioning System Having a Zero-Magnetic-Field Space**“
Internationale Patentmeldung US 6,639,225 B2 vom 28. Oktober 2003
- Töpfer H., Schröder Ch.: „**Echtzeitfähige multimediale Kommunikation im industriellen Umfeld (1394b)**“
11/2003, DFAM-Studie
- Mollenhauer O. (TETRA GmbH), Spiller F.: „**A new XY linear stage for Nano technology - The stage can draw 3 diameter true circle**“
11/2003, Tokyo/Japan, Advanced Photonics Technology Conference and Exhibition
- Mollenhauer O. (TETRA GmbH), Spiller F.: „**Fibre Optic sensor and tribology sensor system - Measurement system for distance, friction, general force...**“
11/2003, Tokyo/Japan, Advanced Photonics Technology Conference and Exhibition
- Förster K.: „**IMMS Measurement Equipment**“
11/ 2003, X-FAB Design-Workshop, Ilmenau
- Ulicna, E.: „**Modelling and Rapid Prototyping of a Smart Sensor Using Simulink**“
10/ 2003, MICRO.tec Conference, München
- Michael, St.: „**Magnetische Lagerung einer schnell-drehenden Welle**“
11/2003, Fachzeitschrift: Konstruktion - Spezial Antriebstechnik

allgemeine Publikationen / Forschungsberichte:

- Götze M.: „**Entwurf einer Softwarearchitektur für Smart Wireless Communication Devices und darauf basierende Realisierung einer prototypischen Applikation**“
02/2003, Diplomarbeit, Ilmenau
- Lang Ch.: „**Bi-Decomposition of Function Sets using Multi-Valued Logic**“
09/2003, dissertation.de, Berlin, 2003, ISBN 3-89825-671-5
- Braczek M.: „**Entwicklung eines systematischen und durchgängigen Entwurfsablaufs für die Steuerung mechatronischer Antriebssysteme mit Echtzeit-Linux**“
12/2003, Diplomarbeit

Begriffserklärungen:

- **Medea+** – MEDEA+ is the new industry-initiated pan-European Programme for advanced co-operative Research and Development in Microelectronics
- **ANASTASIA II** – Methoden f. den automatischen Entwurf f. Anwendungen im Mixed-Signal-Bereich
- **SPEAC** – Spezifikation und Algorithmus/Architektur-Codesign für hochkomplexe Anwendungen der Automobil- und Kommunikationstechnik
- **VALSE** – Integrierte Lösungen für die System-on-Chip-Verifikation
- **ASDESE** – Specific Design for ESD and Substrate Effects
- **ATHIS** – Advanced Techniques for High Temperature System-On-Chip
- **CAPSENS** – Kapazitiver Sensor Transducer
- **HGDAT** – Konzeption und Implementierung eines Evaluierungsmessplatzes für RF-ASICs
HGDAT
- **IntelliNet** – Vernetzung intelligenter Knoten im Automatisierungsbereich auf der Basis neuer Betriebssystem- und Bustechnologien

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
High Tech Private Equity GmbH,
Düsseldorf

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

Herr Prof. Dr. G. Henning
TU Ilmenau

Frau OR E. Strauch
Thüringer Finanzministerium
(TFM), Erfurt

Herr H.-J. Straub
X-FAB Semiconductor
Foundries AG, Erfurt

Herr Prof. Dr. O. Ambacher
TU Ilmenau

Wissenschaftlicher Beirat

Vorsitz:

Herr Prof. Dr. E. Kallenbach InnoMas GmbH, Ilmenau

Stellv.:

Herr K. Herre Zentrum Mikroelektronik
Dresden AG

Herr Prof. Dr. Albrecht IAM Braunschweig

Herr Dr. W. Fuchs Carl Zeiss Jena

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 GMM Saarlois

Herr Prof. Dr. G. Jäger TU Ilmenau / Fak. für
Maschinenbau

Herr Dr. B. Jakob Technologie- und Gründer-
zentrum GmbH, Ilmenau

Herr Prof. Dr. W. Karthe FhG Institut für Angewandte
Optik und Feinmechanik, Jena

Herr Dr. J. Kosch X-FAB Semiconductor
Foundries AG, Erfurt

Herr Prof. Dr. H. Puta TU Ilmenau / Fak. für Informatik
und Automatisierung

Frau Prof. Dr. D. Schmitt-
Landsiedel TU München / Fak. für Elektro-
und Informationstechnik

Herr L. Siegemund IHK Südthüringen, Suhl

Herr Prof. Dr. M. Weck Werkzeugmaschinenlabor
RWTH, Aachen

ständige Gäste:

Herr Dr. M. Kummer Thüringer Ministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Infrastruktur

Herr Dr. K. Täubig Thür. Ministerium für
Wissenschaft, Forschung und
Kunst (TMWFK), Erfurt

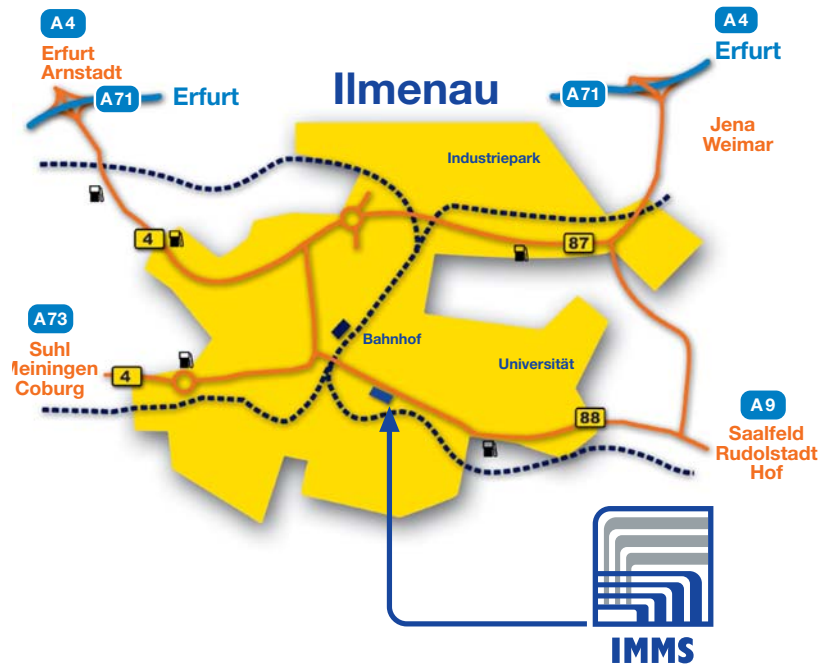
Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gGmbH IMMS gGmbH

Langewiesener Strasse 22
D - 98693 Ilmenau (Thüringen)

Geschäftsleitung:
Prof. Dr. Gerd Scarbata
Hans-Joachim Kelm

Sekretariat:
Monika Schild

Telefon: +49 (36 77) 67 83-0
Telefax: +49 (36 77) 67 83-37
E-Mail: imms@imms.de
www: <http://www.imms.de>



Kontakte:

System Design:	Dr. - Ing. Christian Schröder Tel: +49 (36 77) 67 83-15 / E-Mail: christian.schroeder@imms.de
Schaltungstechnik / Mikroelektronik:	Prof. Dr. Franz Rößler Tel: +49 (3 61) 4 27 66-39 / E-Mail: franz.roessler@imms.de
Schaltungstechnik / PCB - Technik:	Dr. - Ing. Peter Kornetzky Tel: +49 (36 77) 67 83-16 / E-Mail: peter.kornetzky@imms.de
Mechatronik:	Dr. - Ing. Christoph Schäffel Tel: +49 (36 77) 67 83-33 / E-Mail: christoph.schaeffel@imms.de
Industrielle Elektronik und Messtechnik:	Dr. - Ing. Klaus Förster Tel: +49 (36 77) 67 83-16 / E-Mail: klaus.foerster@imms.de
Marketing:	Dr. - Ing. Wolfgang Sinn Tel: +49 (36 77) 67 83-76 / E-Mail: wolfgang.sinn@imms.de

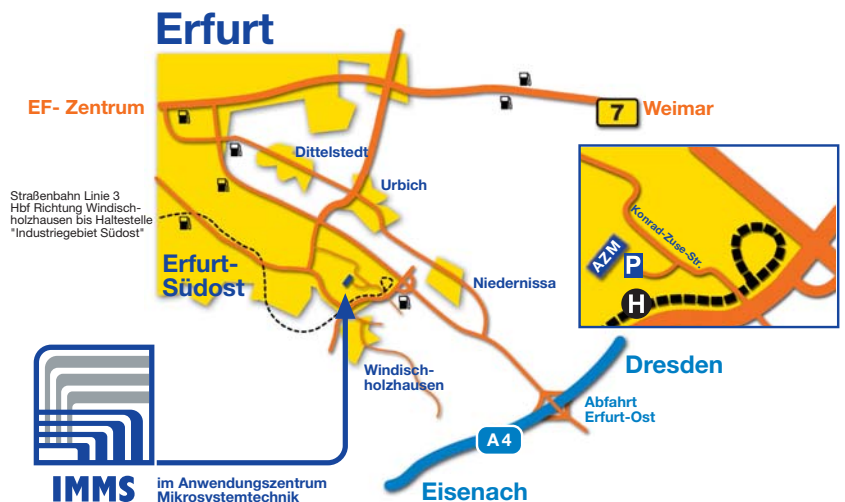
Institutsteil Erfurt:

Konrad-Zuse-Str. 14
D - 99099 Erfurt (Thüringen)

Telefon: +49 (3 61) 42766-39
+49 (3 61) 42766-01
Telefax: +49 (3 61) 4 17 01-62

Kontakt:

Prof. Dr. Franz Rößler
Telefon: +49 (3 61) 4 27 66-39
E-Mail: franz.roessler@imms.de



www.imms.de

Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik - Systeme gGmbH

**Standort Ilmenau -
IMMS gGmbH**

Langewiesener Straße 22
D - 98693 Ilmenau (Thüringen)
Telefon: +49 (36 77) 67 83-0
Telefax: +49 (36 77) 67 83-37

**Standort Erfurt - IMMS gGmbH
Institutsteil Mikroelektronische
Schaltungstechnik**

Konrad-Zuse-Straße 14
D - 99099 Erfurt (Thüringen)
Telefon: +49 (3 61) 6 63-25 00
Telefax: +49 (3 61) 6 63-25 01