

Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.)

Microelectronics and Microsystems

Kohorte: Wintersemester 2021

Stand: 31. Mai 2021

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	3
Fachmodule der Kernqualifikation	5
Modul M0523: Betrieb & Management	5
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	6
Modul M0676: Digitale Nachrichtenübertragung	8
Modul M1048: Integrated Circuit Design	10
Modul M0746: Microsystem Engineering	12
Modul M0768: Microsystems Technology in Theory and Practice	14
Modul M1137: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich ET (laut FSPO)	16
Modul M0918: Advanced IC Design	17
Modul M0761: Halbleitertechnologie	19
Modul M0747: Microsystem Design	21
Modul M1131: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich TUHH (laut FSPO)	23
Modul M1130: Projektarbeit IMPMM	24
Modul M1591: Seminar for IMPMM	25
Fachmodule der Vertiefung Communication and Signal Processing	26
Modul M0836: Communication Networks	26
Modul M0710: Hochfrequenztechnik	28
Modul M1700: Satellite Communications and Navigation	30
Modul M0637: Advanced Concepts of Wireless Communications	31
Modul M0738: Digital Audio Signal Processing	33
Modul M1686: Selected Aspects of Communication and Signal Processing	35
Modul M1598: Bildverarbeitung	36
Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters	38
Modul M1249: Medizinische Bildgebung	40
Modul M0550: Digital Image Analysis	42
Fachmodule der Vertiefung Embedded Systems	44
Modul M0791: Rechnerarchitektur	44
Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme	46
Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems	48
Modul M0803: Embedded Systems	50
Modul M0925: Digital Circuit Design	52
Modul M1687: Selected Aspects of Embedded Systems	53
Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)	54
Fachmodule der Vertiefung Microelectronics Complements	55
Modul M0925: Digital Circuit Design	55
Modul M1611: Silicon Photonics	56
Modul M0921: Electronic Circuits for Medical Applications	58
Modul M0769: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	61
Modul M0919: Laboratory: Digital Circuit Design	63
Modul M0645: Fibre and Integrated Optics	65
Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics	67
Modul M0781: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	69
Modul M0913: Mixed-signal Circuit Design	72
Modul M1688: Selected Aspects of Microelectronics and Microsystems	74
Modul M1589: Laboratory: Analog Circuit Design	75
Modul M0644: Optoelectronics II - Quantum Optics	77
Thesis	79
Modul M-002: Masterarbeit	79

Studiengangsbeschreibung

Inhalt

Die Mikroelektronik, oder besser gesagt Nanoelektronik, da die minimalen Strukturgrößen zahlreicher in Großvolumina produzierten integrierten Schaltungen nur noch im Bereich von 20 Nanometer und darunter liegen, ist die Basis für die Produkte, die als Innovationen der vergangenen Jahre das tägliche Leben der Menschheit stark beeinflussen. Als Beispiele seien nur genannt der Personal Computer und das Smartphone, die beide mit Internetanbindung neue Dimensionen der Kommunikation und Information erschließen. Auch in der Medizin sind diagnostische Verfahren wie Computer- und Kernspintomographie oder intelligente Implantate nur mit moderner Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik in der erforderlichen Leistungsfähigkeit realisierbar.

Grundlage für die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik ist die Halbleitertechnologie. Deshalb ist es die Zielsetzung des Internationalen Masterstudiengangs „Microelectronics and Microsystems“, den Studierenden fundiertes Wissen auf physikalischer Ebene über die elektronischen Vorgängen in halbleitenden Materialien, vorwiegend Silizium, in Hinblick auf Bauelemente und deren Anwendungen und Herstellungsverfahren zu vermitteln sowie sie in der Technologie und Funktionsweise der Mikrosystemtechnik auszubilden. Sie sollen nicht nur die aktuellen Bauelemente und Prozesse in ihrem Aufbau, ihrer Herstellung und Wirkungsweise verstehen, sondern auch in kritischer Weise das Problempotenzial, das mit dem Übergang zu kleineren Strukturen entsteht, erkennen können. Darüber hinaus sollen sie eine Vorstellung entwickeln, in welche Richtung Maßnahmen zielen müssen, um einer Lösung solcher Probleme näher zu kommen. Dadurch werden sie befähigt, die weitere Strukturverkleinerung mit ihrem Potenzial - aber auch ihren Einschränkungen - zu verstehen, um diesen Prozess, der ihr Berufsleben begleiten wird, aktiv auf technologischer oder Anwenderseite mit zu gestalten.

Neben der wichtigen Rolle der physikalischen Grundlagen nimmt eine genaue Kenntnis der prozessabhängigen Herstellungsverfahren eine Schlüsselrolle ein, um den Studierenden sowohl in der Mikroelektronik als auch in der Mikrosystemtechnik das Rüstzeug mitzugeben, mit dem sie in der beruflichen Praxis neue Lösungen konzipieren und diese dann in funktionsfähige Systeme umsetzen können.

Der Internationale Masterstudiengang "Microelectronics and Microsystems" qualifiziert die Studierenden für eine wissenschaftlich ausgerichtete Berufstätigkeit im Bereich der Elektrotechnik und Informationstechnik, wobei sich das Berufsfeld von der Entwicklung über die Herstellung und Anwendung bis zur Qualitätssicherung von komplexen Systemen mit hochintegrierten Schaltkreisen und mikrosystemtechnischen Komponenten erstrecken kann. Beide Gebiete wachsen mehr und mehr zusammen, da eine schnell steigende Anzahl neuer komplexer Anwendungen die Integration von Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik in einem System erfordert.

Insbesondere soll der Studiengang dazu befähigen, nicht nur neue komplexe Systeme für innovative Anwendungen zu entwerfen sondern diese auch produktorientiert nutzbar zu machen. Dabei steht die Vermittlung von ingenieurwissenschaftlicher Methodik auf physikalischer Basis sowohl in den theoretischen als auch in den anwendungsorientierten Lehrveranstaltungen im Vordergrund.

Berufliche Perspektiven

Die Absolventinnen und Absolventen des Internationalen Masterstudiengangs „Microelectronics and Microsystems“ finden ein sehr breitgefächertes berufliches Umfeld vor, da sie sowohl fundiertes Wissen für den Entwurf, die Anwendung und auch für die Herstellung hochintegrierter Schaltkreise der Mikroelektronik und von Mikrosystemen in ihrem Studium erworben haben. Potenzielle Arbeitgeber sind deshalb einerseits Großfirmen mit internationalen Standorten für die Produktion von integrierten Schaltungen, aber auch mittelständische und kleinere Firmen im Bereich der Mikrosystemtechnik.

Ein vielfältiges Angebot an Arbeitsplätzen gibt es auch im Bereich des Entwurfs sowohl von integrierten Schaltungen als auch von Mikrosystemen. Aufgrund des rapiden Preisverfalls für leistungsfähige Computersysteme kann der Entwurf auch von sehr kleinen Firmen am Rechner durchgeführt werden. In einer Arbeitsteilung wird dann die Herstellung von größeren Firmen übernommen, weshalb der Entwurfsbereich auch in Zukunft eine stabile Säule des Arbeitsmarktes für die Absolventen des Internationalen Studiengangs Microelectronics and Microsystems bleiben wird.

Lernziele

Wissen

1. Die Studierenden verstehen die physikalischen Grundprinzipien mikroelektronischer Bauelemente und mikrosystemtechnischer Funktionseinheiten sowie deren Herstellungstechnologie und können diese in voller Breite und Tiefe erläutern.
2. Sie haben vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Teilgebieten gewonnen zusammen mit einem breiten theoretischen und methodischen Fundament.
3. Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse der interdisziplinären Zusammenhänge.
4. Sie verfügen über die notwendigen Hintergrundkenntnisse, um ihr Fachgebiet in das wissenschaftliche und gesellschaftliche Umfeld einordnen zu können.

Fertigkeiten

Die Studierenden sind in der Lage

1. Berechnungsmethoden zur quantitativen Analyse von Designparametern und zur Entwicklung von innovativen Systemen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik anzuwenden.
1. komplexe Probleme und Aufgabenstellungen durch grundlagenbasierte methodische Ansätze auch außerhalb der vorgegebenen Lösungsmuster selbstständig zu lösen.
2. den technologischen Fortschritt und die wissenschaftlichen Weiterentwicklungen sowie technische, ökonomische und ökologische Randbedingungen in die Problemlösungen einzubeziehen.

Sozialkompetenz

Die Studierenden sind fähig,

1. in interdisziplinären Teams zu arbeiten und prozessorientiert ihre Arbeit zu organisieren als Vorbereitung auf forschungsorientierte Berufstätigkeit und Führungsverantwortung.
2. ihre Arbeitsergebnisse schriftlich oder mündlich und auch in internationalen Kontexten zielgruppengerecht zu präsentieren.

Selbstständigkeit

1. Die Studierenden können in effektiv selbstorganisierter Weise sich Teilgebiete ihres Faches mit wissenschaftlicher Methodik erschließen.
2. Sie sind in der Lage, ihr erlerntes Wissen in eigenständiger Weise mit geeigneten Präsentationstechniken vorzutragen oder in einem Dokument von angemessenem Umfang darzustellen.
3. Die Studierenden sind in der Lage, weiteren Informationsbedarf zu erkennen und eine Strategie zu entwickeln, um ihr Wissen selbstständig zu

Studiengangsstruktur

Das Curriculum des Internationalen Masterstudiengangs „Microelectronics and Microsystems“ ist wie folgt gegliedert:

- Kernqualifikation:
- Vertiefung: Die Studierenden wählen eine aus den folgenden zwei Vertiefungen:
-

In ihrer Vertiefung belegen die Studierenden Module im Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten (1. - 3. Semester).

- Masterarbeit mit 30 LP (4. Semester)

Damit ergibt sich ein Gesamtaufwand für das gesamte Studienprogramm von 120 LP.

Fachmodule der Kernqualifikation

Modul M0523: Betrieb & Management	
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Meyer
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i> Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten. • Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären. • Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen. <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden. • Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen. <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten. <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
Leistungspunkte	6

Lehrveranstaltungen

Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.

Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	
Modulverantwortlicher	Dagmar Richter
Zulassungsvoraussetzungen	Keine
Empfohlene Vorkenntnisse	Keine
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	<p>Die Nichttechnischen Angebote (NTA)</p> <p>vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner Lehrarchitektur, den Lehr-Lern-Arrangements, den Lehrbereichen und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für spezifische Kompetenzen und ein Kompetenzniveau auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst.</p> <p>Die Lehrarchitektur</p> <p>besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet.</p> <p>Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit.</p> <p>Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.</p> <p>Die Lehr-Lern-Arrangements</p> <p>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.</p> <p>Die Lehrbereiche</p> <p>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.</p> <p>Das Kompetenzniveau</p> <p>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen.</p> <p>Fachkompetenz (Wissen)</p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> • ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern, • in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren, • diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen, • in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen, • können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen</p> <ul style="list-style-type: none"> • grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden. • technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen. • einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich

Modul M0676: Digitale Nachrichtenübertragung				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Digitale Nachrichtenübertragung (L0444)		Vorlesung	2	3
Digitale Nachrichtenübertragung (L0445)		Hörsaalübung	2	2
Praktikum Digitale Nachrichtenübertragung (L0646)		Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Gerhard Bauch			
Zulassungsvoraussetzungen	Keine			
Empfohlene Vorkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematik 1-3 • Signale und Systeme • Einführung in die Nachrichtentechnik und ihre stochastischen Methoden 			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz				
<i>Wissen</i>	Die Studierenden sind in der Lage, moderne digitale Nachrichtenübertragungsverfahren zu verstehen, zu vergleichen und zu entwerfen. Sie sind vertraut mit den Eigenschaften linearer und nicht-linearer digitaler Modulationsverfahren. Sie können die Verzerrungen durch Übertragungskanäle beschreiben sowie Empfänger einschließlich Kanalschätzung und Entzerrung entwerfen und beurteilen. Sie kennen die Prinzipien der Single Carrier- und Multicarrier-Übertragung und die Grundlagen wichtiger Vielfachzugriffsverfahren.			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ein digitales Nachrichtenübertragungsverfahren einschließlich Vielfachzugriff zu analysieren und zu entwerfen. Sie sind in der Lage, ein hinsichtlich Übertragungsrate, Bandbreitebedarf, Fehlerwahrscheinlichkeit und weiterer Signaleigenschaften geeignetes digitales Modulationsverfahren zu wählen. Sie können einen geeigneten Detektor einschließlich Kanalschätzung und Entzerrung entwerfen und dabei Eigenschaften suboptimaler Verfahren hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Aufwand berücksichtigen. Sie sind in der Lage, ein Single-Carrierverfahren oder ein Multicarrier-Verfahren zu dimensionieren und die Eigenschaften beider Ansätze gegeneinander abzuwägen.			
Personale Kompetenzen				
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten.			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus geeigneten Literaturquellen selbständig zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihren Wissensstand mit Hilfe vorlesungsbegleitender Maßnahmen (klausurnahe Aufgaben, Software-Tools, Clicker-System) kontinuierlich überprüfen und auf dieser Basis ihre Lernprozesse steuern.			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	90 min			
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Pflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0444: Digitale Nachrichtenübertragung	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale Modulationsverfahren • Kohärente und nicht-kohärente Detektion • Kanalschätzung und Entzerrung • Single-Carrier- und Multicarrierübertragungsverfahren, Vielfachzugriffsverfahren (TDMA, FDMA, CDMA, OFDM)
Literatur	<p>K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner</p> <p>P.A. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Teubner.</p> <p>J.G. Proakis, M. Salehi: Digital Communications. McGraw-Hill.</p> <p>S. Haykin: Communication Systems. Wiley</p> <p>R.G. Gallager: Principles of Digital Communication. Cambridge</p> <p>A. Goldsmith: Wireless Communication. Cambridge.</p> <p>D. Tse, P. Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge.</p>

Lehrveranstaltung L0445: Digitale Nachrichtenübertragung	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0646: Praktikum Digitale Nachrichtenübertragung	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - DSL-Übertragung - Stochastische Prozesse - Digitale Datenübertragung
Literatur	<p>K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner</p> <p>P.A. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Teubner.</p> <p>J.G. Proakis, M. Salehi: Digital Communications. McGraw-Hill.</p> <p>S. Haykin: Communication Systems. Wiley</p> <p>R.G. Gallager: Principles of Digital Communication. Cambridge</p> <p>A. Goldsmith: Wireless Communication. Cambridge.</p> <p>D. Tse, P. Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge.</p>

Modul M1048: Integrated Circuit Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Entwurf Integrierter Schaltungen (L0691)		Vorlesung	3 4
Entwurf Integrierter Schaltungen (L0998)		Gruppenübung	1 2
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of (solid-state) physics and mathematics. Knowledge in fundamentals of electrical engineering and electrical networks.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can explain basic concepts of electron transport in semiconductor devices (energy bands, generation/recombination, carrier concentrations, drift and diffusion current densities, semiconductor device equations). • Students are able to explain functional principles of pn-diodes, MOS capacitors, and MOSFETs using energy band diagrams. • Students can present and discuss current-voltage relationships and small-signal equivalent circuits of these devices. • Students can explain the physics and current-voltage behavior transistors based on charged carrier flow. • Students are able to explain the basic concepts for static and dynamic logic gates for integrated circuits • Students can exemplify approaches for low power consumption on the device and circuit level • Students can describe the potential and limitations of analytical expression for device and circuit analysis. • Students can explain characterization techniques for MOS devices. 		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can qualitatively construct energy band diagrams of the devices for varying applied voltages. • Students are able to qualitatively determine electric field, carrier concentrations, and charge flow from energy band diagrams. • Students can understand scientific publications from the field of semiconductor devices. • Students can calculate the dimensions of MOS devices in dependence of the circuits properties • Students can design complex electronic circuits and anticipate possible problems. • Students know procedure for optimization regarding high performance and low power consumption 		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can team up with other experts in the field to work out innovative solutions. • Students are able to work by their own or in small groups for solving problems and answer scientific questions. • Students have the ability to critically question the value of their contributions to working groups. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to assess their knowledge in a realistic manner. • Students are able to define their personal approaches to solve challenging problems 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0691: Integrated Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Electron transport in semiconductors • Electronic operating principles of diodes, MOS capacitors, and MOS field-effect transistors • MOS transistor as four terminal device • Performance degradation due to short channel effects • Scaling-down of MOS technology • Digital logic circuits • Basic analog circuits • Operational amplifiers • Bipolar and BiCMOS circuits
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Yuan Taur, Tak H. Ning: Fundamentals of Modern VLSI Devices, Cambridge University Press 1998 • R. Jacob Baker: CMOS, Circuit Design, Layout and Simulation, IEEE Press, Wiley Interscience, 3rd Edition, 2010 • Neil H.E. Weste and David Money Harris, Integrated Circuit Design, Pearson, 4th International Edition, 2013 • John E. Ayers, Digital Integrated Circuits: Analysis and Design, CRC Press, 2009 • Richard C. Jaeger and Travis N. Blalock: Microelectronic Circuit Design, Mc Graw-Hill, 4rd. Edition, 2010

Lehrveranstaltung L0998: Integrated Circuit Design	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0746: Microsystem Engineering			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Mikrosystemtechnik (L0680)		Vorlesung	2 4
Mikrosystemtechnik (L0682)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 2
Modulverantwortlicher	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic courses in physics, mathematics and electric engineering		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> The students know about the most important technologies and materials of MEMS as well as their applications in sensors and actuators.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students are able to analyze and describe the functional behaviour of MEMS components and to evaluate the potential of microsystems.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able to solve specific problems alone or in a group and to present the results accordingly.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to acquire particular knowledge using specialized literature and to integrate and associate this knowledge with other fields.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung Beschreibung
	Nein	10 %	Referat
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	zweistündig		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0680: Microsystem Engineering	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<p>Object and goal of MEMS</p> <p>Scaling Rules</p> <p>Lithography</p> <p>Film deposition</p> <p>Structuring and etching</p> <p>Energy conversion and force generation</p> <p>Electromagnetic Actuators</p> <p>Reluctance motors</p> <p>Piezoelectric actuators, bi-metal-actuator</p> <p>Transducer principles</p> <p>Signal detection and signal processing</p> <p>Mechanical and physical sensors</p> <p>Acceleration sensor, pressure sensor</p> <p>Sensor arrays</p> <p>System integration</p> <p>Yield, test and reliability</p>
Literatur	<p>M. Kasper: Mikrosystementwurf, Springer (2000)</p> <p>M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press (1997)</p>

Lehrveranstaltung L0682: Microsystem Engineering	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<p>Examples of MEMS components</p> <p>Layout consideration</p> <p>Electric, thermal and mechanical behaviour</p> <p>Design aspects</p>
Literatur	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Modul M0768: Microsystems Technology in Theory and Practice			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Mikrosystemtechnologie (L0724)		Vorlesung	2 4
Mikrosystemtechnologie (L0725)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 2
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basics in physics, chemistry, mechanics and semiconductor technology		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Students are able <ul style="list-style-type: none"> • to present and to explain current fabrication techniques for microstructures and especially methods for the fabrication of microsensors and microactuators, as well as the integration thereof in more complex systems • to explain in details operation principles of microsensors and microactuators and • to discuss the potential and limitation of microsystems in application. 		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are capable <ul style="list-style-type: none"> • to analyze the feasibility of microsystems, • to develop process flows for the fabrication of microstructures and • to apply them. 		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to prepare and perform their lab experiments in team work as well as to present and discuss the results in front of audience.		
<i>Selbstständigkeit</i>	None		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung Beschreibung
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung
			Studierenden führen in Kleingruppen ein Laborpraktikum durch. Jede Gruppe präsentiert und diskutiert die Theorie sowie die Ergebnisse ihrer Labortätigkeit. vor dem gesamten Kurs.
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0724: Microsystems Technology	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction (historical view, scientific and economic relevance, scaling laws) • Semiconductor Technology Basics, Lithography (wafer fabrication, photolithography, improving resolution, next-generation lithography, nano-imprinting, molecular imprinting) • Deposition Techniques (thermal oxidation, epitaxy, electroplating, PVD techniques: evaporation and sputtering; CVD techniques: APCVD, LPCVD, PECVD and LECVD; screen printing) • Etching and Bulk Micromachining (definitions, wet chemical etching, isotropic etch with HNA, electrochemical etching, anisotropic etching with KOH/TMAH: theory, corner undercutting, measures for compensation and etch-stop techniques; plasma processes, dry etching: back sputtering, plasma etching, RIE, Bosch process, cryo process, XeF2 etching) • Surface Micromachining and alternative Techniques (sacrificial etching, film stress, stiction: theory and counter measures; Origami microstructures, Epi-Poly, porous silicon, SOI, SCREAM process, LIGA, SU8, rapid prototyping) • Thermal and Radiation Sensors (temperature measurement, self-generating sensors: Seebeck effect and thermopile; modulating sensors: thermo resistor, Pt-100, spreading resistance sensor, pn junction, NTC and PTC; thermal anemometer, mass flow sensor, photometry, radiometry, IR sensor: thermopile and bolometer) • Mechanical Sensors (strain based and stress based principle, capacitive readout, piezoresistivity, pressure sensor: piezoresistive, capacitive and fabrication process; accelerometer: piezoresistive, piezoelectric and capacitive; angular rate sensor: operating principle and fabrication process) • Magnetic Sensors (galvanomagnetic sensors: spinning current Hall sensor and magneto-transistor; magnetoresistive sensors: magneto resistance, AMR and GMR, fluxgate magnetometer) • Chemical and Bio Sensors (thermal gas sensors: pellistor and thermal conductivity sensor; metal oxide semiconductor gas sensor, organic semiconductor gas sensor, Lambda probe, MOSFET gas sensor, pH-FET, SAW sensor, principle of biosensor, Clark electrode, enzyme electrode, DNA chip) • Micro Actuators, Microfluidics and TAS (drives: thermal, electrostatic, piezo electric and electromagnetic; light modulators, DMD, adaptive optics, microscanner, microvalves: passive and active, micropumps, valveless micropump, electrokinetic micropumps, micromixer, filter, inkjet printhead, microdispenser, microfluidic switching elements, microreactor, lab-on-a-chip, microanalytics) • MEMS in medical Engineering (wireless energy and data transmission, smart pill, implantable drug delivery system, stimulators: microelectrodes, cochlear and retinal implant; implantable pressure sensors, intelligent osteosynthesis, implant for spinal cord regeneration) • Design, Simulation, Test (development and design flows, bottom-up approach, top-down approach, testability, modelling: multiphysics, FEM and equivalent circuit simulation; reliability test, physics-of-failure, Arrhenius equation, bath-tub relationship) • System Integration (monolithic and hybrid integration, assembly and packaging, dicing, electrical contact: wire bonding, TAB and flip chip bonding; packages, chip-on-board, wafer-level-package, 3D integration, wafer bonding: anodic bonding and silicon fusion bonding; micro electroplating, 3D-MID)
Literatur	<p>M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002</p> <p>N. Schwesinger: Lehrbuch Mikrosystemtechnik, Oldenbourg Verlag, 2009</p> <p>T. M. Adams, R. A. Layton: Introductory MEMS, Springer, 2010</p> <p>G. Gerlach; W. Dötzel: Introduction to microsystem technology, Wiley, 2008</p>

Lehrveranstaltung L0725: Microsystems Technology	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0918: Advanced IC Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Erweiterter IC-Entwurf (L0766)		Vorlesung	2 3
Erweiterter IC-Entwurf (L1057)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Fundamentals of electrical engineering, electronic devices and circuits		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can explain the basic structure of the circuit simulator SPICE. • Students are able to describe the differences between the MOS transistor models of the circuit simulator SPICE. • Students can discuss the different concept for realization the hardware of electronic circuits. • Students can exemplify the approaches for "Design for Testability". • Students can specify models for calculation of the reliability of electronic circuits. 		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can determine the input parameters for the circuit simulation program SPICE. • Students can select the most appropriate MOS modelling approaches for circuit simulations. • Students can quantify the trade-off of different design styles. • Students can determine the lot sizes and costs for reliability analysis. 		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can compile design studies by themselves or together with partners. • Students are able to select the most efficient design methodology for a given task. • Students are able to define the work packages for design teams. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to assess the strengths and weaknesses of their design work in a self-contained manner. • Students can name and bring together all the tools required for total design flow. 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0766: Advanced IC Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit-Simulator SPICE • SPICE-Models for MOS transistors • IC design • Technology of MOS circuits • Standard cell design • Design of gate arrays • CMOS transconductance and transimpedance amplifiers • frequency behavior of CMOS circuits • Techniques for improved circuit behaviour (e.g. cascodes, gain boosting, folding, ...) • Examples for realization of ASICs in the institute of nanoelectronics • Reliability of integrated circuits • Testing of integrated circuits
Literatur	<p>R. J. Baker, „CMOS-Circuit Design, Layout, and Simulation“, Wiley & Sons, IEEE Press, 2010</p> <p>B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", McGraw-Hill Education Ltd, 2000</p> <p>X. Liu, VLSI-Design Methodology Demystified; IEEE, 2009</p>

Lehrveranstaltung L1057: Advanced IC Design	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl, Weitere Mitarbeiter
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0761: Halbleitertechnologie			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Halbleitertechnologie (L0722)		Vorlesung	4 4
Halbleitertechnologie (L0723)		Laborpraktikum	2 2
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen in Physik, Chemie, Werkstoffen und Halbleiterbauelemente		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können		
	<ul style="list-style-type: none"> • die aktuellen Herstellungsmethoden für Si- und GaAs- Substrate beschreiben und erklären, • die wesentlichen Prozesse, ihre Abfolge und Auswirkungen zur Herstellung von Halbleiterbauelementen und hochintegrierten Schaltungen erläutern und • integrierte Prozessabläufe darstellen. 		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende sind in der Lage,		
	<ul style="list-style-type: none"> • eine Analyse der Einflüsse von Prozessparametern auf die Prozessierung durchzuführen, • Prozesse auszuwählen und zu bewerten sowie • Prozessfolgen für die Herstellung von Halbleiterbauelementen zu entwerfen. 		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Studierende können in Gruppen Versuche planen, durchführen sowie die Ergebnisse präsentieren und vor anderen vertreten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Keine		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0722: Halbleitertechnologie	
Typ	Vorlesung
SWS	4
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung (historische Betrachtung und Trends in der Mikroelektronik) • Werkstoffgrundlagen (Halbleiter, Kristalle, Miller-Indizes, Kristallfehler) • Kristallherstellung (Kristallzucht für Si und GaAs: Verunreinigungen, Reinigung, Czochralski-, Bridgeman- und Zonenschmelz-Verfahren) • Waferherstellung (Prozessabfolge, Parameter, SOI) • Prozessgrundlagen • Dotierung (Bändermodell, Dotierung, Dotierung durch Legieren, Dotierung durch Diffusion: Transportprozesse, Dotierungsprofile, Effekte höherer Ordnung und Prozesstechnik, Ionenimplantation: Theorie, Implantationsprofile, Channeling, Implantationsschäden, Ausheilprozesse und Anlagentechnik) • Oxidation (Siliziumdioxid: Struktur, elektrische Eigenschaften und Ladungen im Oxid, thermische Oxidation: Reaktionen, Kinetik, Einflüsse auf Wachstumsrate und Prozess- und Anlagentechnik, anodische Oxidation, Plasmaoxidation, thermische Oxidation von GaAs) • Abscheideverfahren (Theorie: Keimbildung, Schichtwachstum und Strukturzonenmodell, Wachstumsprozess, Reaktionskinetik, Temperatureinfluss und Reaktorbau; Epitaxie: Gasphasen-, Flüssigphasen-, Molekularstrahl-Epitaxie; CVD-Verfahren: APCVD, LPCVD, Abscheidung von Metallsiliziden, PECVD und LECVD; Grundlagen des Plasma, Anlagentechnik, PVD-Verfahren: Hochvakuum-Aufdampfen, Kathodenzerstäuben) • Strukturierungsverfahren (subtraktive Verfahren, Photolithographie: Lackeigenschaften, Belichtungsverfahren, Kontakt-, Abstand- und Projektionsbelichtung, Auflösungsgrenze, Probleme in der Praxis und Belichtungseinrichtungen, additive Verfahren: Abhebeteknik und galvanische Abscheidung, Auflösungsverbesserung: Excimerlaser-Lichtquelle, Immersions- und Phasenkontrast-Lithographie, Elektronenstrahl-Lithographie, Röntgen-Lithographie, EUV-Lithographie, Ionenstrahl-Lithographie, nasschemisches Ätzen: isotrop und anisotrop, Eckenunterätzung, Kompensationsmasken und Ätzstoppverfahren; Trockenätzen: plasmaunterstütztes Ätzen, Rückspütern, Ionenätzen, chemisches Trockenätzen, RIE, Seitenwandpassivierung) • Prozess-Integration (CMOS-Prozess, Bipolar-Prozess) • A u f b a u - und Verbindungstechnik (Integrationshierarchien, Gehäuse, Chip-on-Board, Chip-Montagetechnik, Verbindungstechniken: Drahtbonden, TAB und Flipchip-Technik, Waferlevel-Package, 3D-Stacking)
Literatur	<p>S.K. Ghandi: VLSI Fabrication principles - Silicon and Gallium Arsenide, John Wiley & Sons</p> <p>S.M. Sze: Semiconductor Devices - Physics and Technology, John Wiley & Sons</p> <p>U. Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner Verlag</p> <p>H. Beneking: Halbleitertechnologie - Eine Einführung in die Prozeßtechnik von Silizium und III-V-Verbindungen, Teubner Verlag</p> <p>K. Schade: Mikroelektroniktechnologie, Verlag Technik Berlin</p> <p>S. Campbell: The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication, Oxford University Press</p> <p>P. van Zant: Microchip Fabrication - A Practical Guide to Semiconductor Processing, McGraw-Hill</p>

Lehrveranstaltung L0723: Halbleitertechnologie	
Typ	Laborpraktikum
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0747: Microsystem Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Mikrosystementwurf (L0683)	Vorlesung	2	3
Mikrosystementwurf (L0684)	Laborpraktikum	3	3
Modulverantwortlicher	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Mathematical Calculus, Linear Algebra, Microsystem Engineering		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	The students know about the most important and most common simulation and design methods used in microsystem design. The scientific background of finite element methods and the basic theory of these methods are known.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to apply simulation methods and commercial simulators in a goal oriented approach to complex design tasks. Students know to apply the theory in order achieve estimates of expected accuracy and can judge and verify the correctness of results. Students are able to develop a design approach even if only incomplete information about material data or constraints are available. Student can make use of approximate and reduced order models in a preliminary design stage or a system simulation.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to solve specific problems alone or in a group and to present the results accordingly. Students can develop and explain their solution approach and subdivide the design task to subproblems which are solved separately by group members.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to acquire particular knowledge using specialized literature and to integrate and associate this knowledge with other fields.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung Beschreibung
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0683: Microsystem Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<p>Finite difference methods</p> <p>Approximation error</p> <p>Finite element method</p> <p>Order of convergence</p> <p>Error estimation, mesh refinement</p> <p>Makromodeling</p> <p>Reduced order modeling</p> <p>Black-box models</p> <p>System identification</p> <p>Multi-physics systems</p> <p>System simulation</p> <p>Levels of simulation, network simulation</p> <p>Transient problems</p> <p>Non-linear problems</p> <p>Introduction to Comsol</p> <p>Application to thermal, electric, electromagnetic, mechanical and fluidic problems</p>
Literatur	<p>M. Kasper: Mikrosystementwurf, Springer (2000)</p> <p>S. Senturia: Microsystem Design, Kluwer (2001)</p>

Lehrveranstaltung L0684: Microsystem Design	
Typ	Laborpraktikum
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1131: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich TUHH (laut FSPO)			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlegende Kenntnisse in Elektrotechnik, Physik, Halbleiterbauelemente, Software und Mathematik auf Bachelor-Niveau.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i> Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>	<p>Da dieses Modul aus dem Modul-Katalog der TUHH frei gewählt werden kann, richtet sich die Fachkompetenz nach dem jeweils gewählten Fach.</p> <p>Da dieses Modul aus dem Modul-Katalog der TUHH frei gewählt werden kann, richten sich die zu erwerbenden Fertigkeiten nach dem jeweils gewählten Fach.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studierende können mit einem der mehreren Partnern mit unterschiedlichem fachlichen Hintergrund effektiv zusammenarbeiten. • Studierende können selbständig alleine oder in einer kleinen Gruppe fachliche Probleme lösen und Fachfragen beantworten. 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
Leistungspunkte	6		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Modul M1130: Projektarbeit IMPMM			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Modulverantwortlicher	NN		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Gute Kenntnisse in dem Design elektronischer Schaltkreise, im Aufbau von Mikroprozessorsystemen und für Signalverarbeitung sowie in der Handhabung von Softwarepaketen zur Simulation von elektrischen und physikalischen Vorgängen.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Die Studentin oder der Student kann sich in einem wissenschaftliches Teilgebiet selbständig vertiefte Kenntnisse erarbeiten und in diesem Teilgebiet selbständig Lösungswege für wissenschaftliche Fragestellungen benennen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studentin oder der Student ist in der Lage, wissenschaftliche Problemstellungen zu beschreiben und die selbständig erarbeiteten Lösungswege in einer gut strukturierten Form umzusetzen.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studentin oder der Student kann sich in kleine Teams von Wissenschaftlern integrieren und die von ihr oder ihm erarbeiteten Lösungsvorschläge im Team diskutieren. Sie oder er ist in der Lage, ihre oder seine Ergebnisse in klarer und gut strukturierter Form zu präsentieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studentin oder der Student kann wissenschaftliche Arbeiten zeitgerecht durchführen und die Ergebnisse in ausführlicher und verständlicher Form dokumentieren. Sie oder er ist in der Lage, mögliche Probleme rechtzeitig zu erkennen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 480, Präsenzstudium 0		
Leistungspunkte	16		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Studienarbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	laut FSPO		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Pflicht		

Modul M1591: Seminar for IMPMM			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Seminar für IMPMM (L2428)		Seminar	2 2
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basics from the field of the seminar		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Students can explain the most important facts and relationships of a specific topic from the field of the seminar.		
<i>Wissen</i>	Students are able to compile a specified topic from the field of the seminar and to give a clear, structured and comprehensible presentation of the subject. They can comply with a given duration of the presentation. They can write in English a summary including illustrations that contains the most important results, relationships and explanations of the subject.		
<i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen	Students are able to adapt their presentation with respect to content, detailedness, and presentation style to the composition and previous knowledge of the audience. They can answer questions from the audience in a curt and precise manner.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to autonomously carry out a literature research concerning a given topic. They can independently evaluate the material. They can self-reliantly decide which parts of the material should be included in the presentation.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28		
Leistungspunkte	2		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	15 Minuten Vortrag + 5-10 Minuten Diskussion + 2 Seiten schriftliche Zusammenfassung		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L2428: Seminar for IMPMM	
Typ	Seminar
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Hoc Khiem Trieu
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	<p>Prepare, present, and discuss talks about recent topics from the field of semiconductors. The presentations must be given in English.</p> <p>Evaluation Criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • understanding of subject, discussion, response to questions • structure and logic of presentation (clarity, precision) • coverage of the topic, selection of subjects presented • linguistic presentation (clarity, comprehensibility) • visual presentation (clarity, comprehensibility) • handout (see below) • compliance with timing requirement. <p>Handout:</p> <p>A printed handout (short abstract) of your presentation in English language is mandatory. This should not be longer than two pages A4, and include the most important results, conclusions, explanations and diagrams.</p>
Literatur	<p>Aktuelle Veröffentlichungen zu dem gewählten Thema.</p> <p>Recent publications of the selected topics.</p>

Fachmodule der Vertiefung Communication and Signal Processing

In der Vertiefungsrichtung Communication and Signal Processing erlernen die Studierenden sowohl die physikalischen und technischen Grundlagen moderner drahtgebundener und drahtloser Kommunikationssysteme als auch die Realisierung von technischen Ausführungsformen. Sie haben die Möglichkeit, ihre Kenntnisse in Richtung verschiedener Schwerpunkte, wie zum Beispiel Systeme für Audio- oder Videosignalprozessierung, auszubauen. Die Studierenden verstehen die Grundkonzepte dieser Systeme und können deren Grenzen erkennen. Mit Hilfe dieses Wissens können sie Verbesserungspotenzial identifizieren und Vorschläge für deren konkrete Umsetzung erarbeiten.

Alle Studierende müssen aus dieser Vertiefungsrichtung Lehrveranstaltungen mit einem Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten belegen.

Modul M0836: Communication Networks			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Ausgewählte Themen der Kommunikationsnetze (L0899)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 2
Kommunikationsnetze (L0897)		Vorlesung	2 2
Übung Kommunikationsnetze (L0898)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1 2
Modulverantwortlicher	Prof. Andreas Timm-Giel		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamental stochastics • Basic understanding of computer networks and/or communication technologies is beneficial 		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Students are able to describe the principles and structures of communication networks in detail. They can explain the formal description methods of communication networks and their protocols. They are able to explain how current and complex communication networks work and describe the current research in these examples.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to evaluate the performance of communication networks using the learned methods. They are able to work out problems themselves and apply the learned methods. They can apply what they have learned autonomously on further and new communication networks.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to define tasks themselves in small teams and solve these problems together using the learned methods. They can present the obtained results. They are able to discuss and critically analyse the solutions.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to obtain the necessary expert knowledge for understanding the functionality and performance capabilities of new communication networks independently.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Referat		
Prüfungsdauer und -umfang	1,5 Stunden Kolloquium mit je drei Prüflingen, also ca. 30 min je Prüfling. Inhalt des Kolloquiums sind die Poster der vorhergehenden Postersession sowie die Lehrinhalte.		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0899: Selected Topics of Communication Networks	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Andreas Timm-Giel
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Example networks selected by the students will be researched on in a PBL course by the students in groups and will be presented in a poster session at the end of the term.
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • see lecture

Lehrveranstaltung L0897: Communication Networks	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Andreas Timm-Giel, Dr.-Ing. Koojana Kuladinithi
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Skript des Instituts für Kommunikationsnetze • Tannenbaum, Computernetzwerke, Pearson-Studium <p>Further literature is announced at the beginning of the lecture.</p>

Lehrveranstaltung L0898: Communication Networks Exercise	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Andreas Timm-Giel
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Part of the content of the lecture Communication Networks are reflected in computing tasks in groups, others are motivated and addressed in the form of a PBL exercise.
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • announced during lecture

Modul M0710: Hochfrequenztechnik			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Hochfrequenztechnik (L0573)	Vorlesung	2	3
Hochfrequenztechnik (L0574)	Hörsaalübung	2	2
Hochfrequenztechnik (L0575)	Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Alexander Kölpin		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Nachrichtentechnik, Halbleiterelektronik und elektronischer Schaltungen, Grundkenntnisse der Wellenausbreitung aus den Vorlesungen Leitungstheorie und Theoretische Elektrotechnik.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können Phänomene bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in unterschiedlichen Frequenzbändern erklären. Sie können Übertragungssysteme und die darin enthaltenen Komponenten beschreiben. Sie können einen Überblick über unterschiedliche Antennentypen geben und die grundlegenden Kenngrößen von Antennen beschreiben. Sie können das Rauschen von linearen Schaltungen erklären, Schaltungsvarianten anhand von Kenngrößen vergleichen und für unterschiedliche Situationen die jeweils am besten geeignete wählen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen zu berechnen. Sie können komplette Übertragungssysteme analysieren und einfache Empfängerschaltungen auslegen. Sie können die Eigenschaften und Kenngrößen von einfachen Antennen und Gruppenstrahlern anhand aus der Geometrie berechnen. Sie können das Rauschen von Empfängern und den Signal-zu-Rausch-Abstand von kompletten Übertragungssystemen berechnen. Die Studierenden können die erlernte Theorie in Praktikumsversuchen anwenden.</p>		
Personale Kompetenzen	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden führen während des Praktikums in Gruppen versuche durch. Sie dokumentieren, diskutieren und bewerten die Ergebnisse gemeinsam.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind fähig das erlernte Wissen mit ihren Vorkenntnissen aus anderen Vorlesungen zu verknüpfen. Sie können unter Anleitung für die Lösung spezifischer Probleme notwendige Daten aus externen Quellen, wie Normen oder Literatur, extrahieren und anwenden. Sie sind in der Lage eigenständig und mit Hilfe der Praktikumsdrucke ihr Wissen in die Praxis umzusetzen.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0573: Hochfrequenztechnik	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Kölpin
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Antennen: Berechnungsgrundlagen - Kenngrößen - Verschiedene Antennenformen - Funkwellenausbreitung - Sender: Leistungserzeugung mit Röhren - Sendeverstärker - Empfänger: Vorverstärker - Überlagerungsempfang - Empfangsempfindlichkeit - Rauschen - Ausgewählte Systembeispiele
Literatur	<p>H.-G. Unger, „Elektromagnetische Theorie für die Hochfrequenztechnik, Teil I“, Hüthig, Heidelberg, 1988</p> <p>H.-G. Unger, „Hochfrequenztechnik in Funk und Radar“, Teubner, Stuttgart, 1994</p> <p>E. Voges, „Hochfrequenztechnik - Teil II: Leistungsröhren, Antennen und Funkübertragung, Funk- und Radartechnik“, Hüthig, Heidelberg, 1991</p> <p>E. Voges, „Hochfrequenztechnik“, Hüthig, Bonn, 2004</p> <p>C.A. Balanis, „Antenna Theory“, John Wiley and Sons, 1982</p> <p>R. E. Collin, „Foundations for Microwave Engineering“, McGraw-Hill, 1992</p> <p>D. M. Pozar, „Microwave and RF Design of Wireless Systems“, John Wiley and Sons, 2001</p> <p>D. M. Pozar, „Microwave Engineerin“, John Wiley and Sons, 2005</p>

Lehrveranstaltung L0574: Hochfrequenztechnik	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Alexander Kölpin
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0575: Hochfrequenztechnik	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Alexander Kölpin
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1700: Satellite Communications and Navigation			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Funkbasierte Positionierung und Navigation (L2711)		Vorlesung	2 3
Satellitenkommunikation (L2710)		Vorlesung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Gerhard Bauch		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2711: Radio-Based Positioning and Navigation	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch, Dr. Ing. Rico Mendrzik
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L2710: Satellite Communications	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M0637: Advanced Concepts of Wireless Communications			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Weiterführende Konzepte der drahtlosen Kommunikation (L0297)	Vorlesung	3	4
Weiterführende Konzepte der drahtlosen Kommunikation (L0298)	Hörsaalübung	2	2
Modulverantwortlicher	Dr. Rainer Grünheid		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture "Signals and Systems" • Lecture "Fundamentals of Telecommunications and Stochastic Processes" • Lecture "Digital Communications" 		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Students are able to explain the general as well as advanced principles and techniques that are applied to wireless communications. They understand the properties of wireless channels and the corresponding mathematical description. Furthermore, students are able to explain the physical layer of wireless transmission systems. In this context, they are proficient in the concepts of multicarrier transmission (OFDM), modulation, error control coding, channel estimation and multi-antenna techniques (MIMO). Students can also explain methods of multiple access. On the example of contemporary communication systems (UMTS, LTE) they can put the learnt content into a larger context.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Using the acquired knowledge, students are able to understand the design of current and future wireless systems. Moreover, given certain constraints, they can choose appropriate parameter settings of communication systems. Students are also able to assess the suitability of technical concepts for a given application.</p>		
Personale Kompetenzen	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students can jointly elaborate tasks in small groups and present their results in an adequate fashion.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to extract necessary information from given literature sources and put it into the perspective of the lecture. They can continuously check their level of expertise with the help of accompanying measures (such as online tests, clicker questions, exercise tasks) and, based on that, to steer their learning process accordingly. They can relate their acquired knowledge to topics of other lectures, e.g., "Fundamentals of Communications and Stochastic Processes" and "Digital Communications".</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten; Umfang: Inhalt von Vorlesung und Übung		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0297: Advanced Concepts of Wireless Communications	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dr. Rainer Grünheid
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<p>The lecture deals with technical principles and related concepts of mobile communications. In this context, the main focus is put on the physical and data link layer of the ISO-OSI stack.</p> <p>In the lecture, the transmission medium, i.e., the mobile radio channel, serves as the starting point of all considerations. The characteristics and the mathematical descriptions of the radio channel are discussed in detail. Subsequently, various physical layer aspects of wireless transmission are covered, such as channel coding, modulation/demodulation, channel estimation, synchronization, and equalization. Moreover, the different uses of multiple antennas at the transmitter and receiver, known as MIMO techniques, are described. Besides these physical layer topics, concepts of multiple access schemes in a cellular network are outlined.</p> <p>In order to illustrate the above-mentioned technical solutions, the lecture will also provide a system view, highlighting the basics of some contemporary wireless systems, including UMTS/HSPA, LTE, LTE Advanced, and WiMAX.</p>
Literatur	<p>John G. Proakis, Masoud Salehi: Digital Communications. 5th Edition, Irwin/McGraw Hill, 2007</p> <p>David Tse, Pramod Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge, 2005</p> <p>Bernard Sklar: Digital Communications: Fundamentals and Applications. 2nd Edition, Pearson, 2013</p> <p>Stefani Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker: LTE - The UMTS Long Term Evolution. Second Edition, Wiley, 2011</p>

Lehrveranstaltung L0298: Advanced Concepts of Wireless Communications	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Rainer Grünheid
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0738: Digital Audio Signal Processing			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Digitale Audiosignalverarbeitung (L0650)		Vorlesung	3 4
Digitale Audiosignalverarbeitung (L0651)		Hörsaalübung	1 2
Modulverantwortlicher	Prof. Udo Zölzer		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Signals and Systems		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die grundlegenden Verfahren und Methoden der digitalen Audiosignalverarbeitung erklären. Sie können die wesentlichen physikalischen Effekte bei der Sprach- und Audiosignalverarbeitung erläutern und in Kategorien einordnen. Sie können einen Überblick der numerischen Methoden und messtechnischen Charakterisierung von Algorithmen zur Audiosignalverarbeitung geben. Sie können die erarbeiteten Algorithmen auf weitere Anwendungen im Bereich der Informationstechnik und Informatik abstrahieren.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students will be able to apply methods and techniques from audio signal processing in the fields of mobile and internet communication. They can rely on elementary algorithms of audio signal processing in form of Matlab code and interactive JAVA applets. They can study parameter modifications and evaluate the influence on human perception and technical applications in a variety of applications beyond audio signal processing. Students can perform measurements in time and frequency domain in order to give objective and subjective quality measures with respect to the methods and applications.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	The students can work in small groups to study special tasks and problems and will be enforced to present their results with adequate methods during the exercise.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students will be able to retrieve information out of the relevant literature in the field and put it into the context of the lecture. They can relate their gathered knowledge and relate them to other lectures (signals and systems, digital communication systems, image and video processing, and pattern recognition). They will be prepared to understand and communicate problems and effects in the field audio signal processing.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0650: Digital Audio Signal Processing	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Udo Zölzer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction (Studio Technology, Digital Transmission Systems, Storage Media, Audio Components at Home) • Quantization (Signal Quantization, Dither, Noise Shaping, Number Representation) • AD/DA Conversion (Methods, AD Converters, DA Converters, Audio Processing Systems, Digital Signal Processors, Digital Audio Interfaces, Single-Processor Systems, Multiprocessor Systems) • Equalizers (Recursive Audio Filters, Nonrecursive Audio Filters, Multi-Complementary Filter Bank) • Room Simulation (Early Reflections, Subsequent Reverberation, Approximation of Room Impulse Responses) • Dynamic Range Control (Static Curve, Dynamic Behavior, Implementation, Realization Aspects) • Sampling Rate Conversion (Synchronous Conversion, Asynchronous Conversion, Interpolation Methods) • Data Compression (Lossless Data Compression, Lossy Data Compression, Psychoacoustics, ISO-MPEG1 Audio Coding)
Literatur	<p>- U. Zölzer, Digitale Audiosignalverarbeitung, 3. Aufl., B.G. Teubner, 2005 .</p> <p>- U. Zölzer, Digitale Audio Signal Processing, 2nd Edition, J. Wiley & Sons, 2005.</p> <p>- U. Zölzer (Ed), Digital Audio Effects, 2nd Edition, J. Wiley & Sons, 2011.</p>

Lehrveranstaltung L0651: Digital Audio Signal Processing	
Typ	Hörsaalübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Udo Zölzer
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1686: Selected Aspects of Communication and Signal Processing

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Aspekte der Kommunikation und Signalverarbeitung (L2674)	Vorlesung	3	4
Ausgewählte Aspekte der Kommunikation und Signalverarbeitung (L2675)	Gruppenübung	1	2
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2674: Selected Aspects of Communication and Signal Processing

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dozenten des SD E
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L2675: Selected Aspects of Communication and Signal Processing

Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dozenten des SD E
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1598: Bildverarbeitung			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Bildverarbeitung (L2443)		Vorlesung	2 4
Bildverarbeitung (L2444)		Gruppenübung	2 2
Modulverantwortlicher	Prof. Tobias Knopp		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Signal und Systeme		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Die Studierenden kennen		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visuelle Wahrnehmung • Mehrdimensionale Signalverarbeitung • Abtastung und Abtasttheorem • Filterung • Bildverbesserung • Kantendetektion • Mehrfachauflösende Verfahren: Gauss- und Laplace-Pyramide, Wavelets • Bildkompression • Segmentierung • Morphologische Bildverarbeitung 		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können		
	<ul style="list-style-type: none"> • multidimensionale Bilddaten analysieren, bearbeiten, verbessern • einfache Kompressionsalgorithmen implementieren • eigene Filter für konkrete Anwendungen entwerfen 		
Personale Kompetenzen	Die Studierenden können in sowohl selbstständig als auch in Teams an komplexen Problemen arbeiten. Sie können sich untereinander austauschen und ihre individuellen Stärken zur Lösung des Problems einbringen.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage ein komplexes Problem eigenständig zu untersuchen und einzuschätzen, welche Kompetenzen zur Lösung des Problems benötigt werden.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Data Science: Kernqualifikation: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2443: Bildverarbeitung	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Tobias Knopp
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Visuelle Wahrnehmung • Mehrdimensionale Signalverarbeitung • Abtastung und Abtasttheorem • Filterung • Bildverbesserung • Kantendetektion • Mehrfachauflösende Verfahren: Gauss- und Laplace-Pyramide, Wavelets • Bildkompression • Segmentierung • Morphologische Bildverarbeitung
Literatur	Bredies/Lorenz, Mathematische Bildverarbeitung, Vieweg, 2011 Pratt, Digital Image Processing, Wiley, 2001 Bernd Jähne: Digitale Bildverarbeitung - Springer, Berlin 2005

Lehrveranstaltung L2444: Bildverarbeitung	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Tobias Knopp
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Digitale Signalverarbeitung und Digitale Filter (L0446)		Vorlesung	3 4
Digitale Signalverarbeitung und Digitale Filter (L0447)		Hörsaalübung	2 2
Modulverantwortlicher	Prof. Gerhard Bauch		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematics 1-3 • Signals and Systems • Fundamentals of signal and system theory as well as random processes. • Fundamentals of spectral transforms (Fourier series, Fourier transform, Laplace transform) 		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> The students know and understand basic algorithms of digital signal processing. They are familiar with the spectral transforms of discrete-time signals and are able to describe and analyse signals and systems in time and image domain. They know basic structures of digital filters and can identify and assess important properties including stability. They are aware of the effects caused by quantization of filter coefficients and signals. They are familiar with the basics of adaptive filters. They can perform traditional and parametric methods of spectrum estimation, also taking a limited observation window into account.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to apply methods of digital signal processing to new problems. They can choose and parameterize suitable filter structures. In particular, they can design adaptive filters according to the minimum mean squared error (MMSE) criterion and develop an efficient implementation, e.g. based on the LMS or RLS algorithm. Furthermore, the students are able to apply methods of spectrum estimation and to take the effects of a limited observation window into account.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students can jointly solve specific problems.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students are able to acquire relevant information from appropriate literature sources. They can control their level of knowledge during the lecture period by solving tutorial problems, software tools, clicker system.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0446: Digital Signal Processing and Digital Filters	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Transforms of discrete-time signals: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Discrete-time Fourier Transform (DTFT) ◦ Discrete Fourier-Transform (DFT), Fast Fourier Transform (FFT) ◦ Z-Transform • Correspondence of continuous-time and discrete-time signals, sampling, sampling theorem • Fast convolution, Overlap-Add-Method, Overlap-Save-Method • Fundamental structures and basic types of digital filters • Characterization of digital filters using pole-zero plots, important properties of digital filters • Quantization effects • Design of linear-phase filters • Fundamentals of stochastic signal processing and adaptive filters <ul style="list-style-type: none"> ◦ MMSE criterion ◦ Wiener Filter ◦ LMS- and RLS-algorithm • Traditional and parametric methods of spectrum estimation
Literatur	<p>K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner.</p> <p>V. Oppenheim, R. W. Schaffer, J. R. Buck: Zeitdiskrete Signalverarbeitung. Pearson StudiumA. V.</p> <p>W. Hess: Digitale Filter. Teubner.</p> <p>Oppenheim, R. W. Schaffer: Digital signal processing. Prentice Hall.</p> <p>S. Haykin: Adaptive filter theory.</p> <p>L. B. Jackson: Digital filters and signal processing. Kluwer.</p> <p>T.W. Parks, C.S. Burrus: Digital filter design. Wiley.</p>

Lehrveranstaltung L0447: Digital Signal Processing and Digital Filters	
Typ	Hörsaalübung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Gerhard Bauch
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1249: Medizinische Bildgebung			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Medizinische Bildgebung (L1694)		Vorlesung	2 3
Medizinische Bildgebung (L1695)		Gruppenübung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Tobias Knopp		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundkenntnisse in Linear Algebra, Numerik und Signalverarbeitung		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, Rekonstruktionsverfahren für verschiedene tomographische Bildgebungsmodalitäten wie die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie zu beschreiben. Sie kennen die nötigen Grundlagen aus den Bereichen der Signalverarbeitung und der inversen Probleme und kennen sowohl analytische als auch iterative Bildrekonstruktionsmethoden. Die Studierenden verfügen über vertiefende Kenntnisse über die Bildgebungsoperatoren der Computertomographie und die Magnetresonanztomographie.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind dazu in der Lage, Rekonstruktionsverfahren zu implementieren und diese anhand von tomographischen Messdaten zu testen. Sie können die rekonstruierten Bilder visualisieren und die Qualität ihrer Daten und Resultate und beurteilen. Zudem können die Studierenden die zeitliche Komplexität von Bildgebungsalgorithmen abschätzen.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können in sowohl selbstständig als auch in Teams an komplexen Problemen arbeiten. Sie können sich untereinander austauschen und ihre individuellen Stärken zur Lösung des Problems einbringen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind in der Lage ein komplexes Problem eigenständig zu untersuchen und einzuschätzen, welche Kompetenzen zur Lösung des Problems benötigt werden.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Interdisciplinary Mathematics: Vertiefung III. Computational Methods in Biomedical Imaging: Pflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1694: Medizinische Bildgebung	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Tobias Knopp
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick über bekannte Bildgebungsverfahren • Signalverarbeitung • Inverse Probleme • Computertomographie • Magnetresonanztomographie • Compressed Sensing • Magnetic-Particle-Imaging
Literatur	<p>Bildgebende Verfahren in der Medizin; O. Dössel; Springer, Berlin, 2000</p> <p>Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik; H. Morneburg (Hrsg.); Publicis MCD, München, 1995</p> <p>Introduction to the Mathematics of Medical Imaging; C. L. Epstein; Siam, Philadelphia, 2008</p> <p>Medical Image Processing, Reconstruction and Restoration; J. Jan; Taylor and Francis, Boca Raton, 2006</p> <p>Principles of Magnetic Resonance Imaging; Z.-P. Liang and P. C. Lauterbur; IEEE Press, New York, 1999</p>

Lehrveranstaltung L1695: Medizinische Bildgebung	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Tobias Knopp
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0550: Digital Image Analysis			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Digitale Bildanalyse (L0126)	Vorlesung	4	6
Modulverantwortlicher	Prof. Rolf-Rainer Grigat		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	System theory of one-dimensional signals (convolution and correlation, sampling theory, interpolation and decimation, Fourier transform, linear time-invariant systems), linear algebra (Eigenvalue decomposition, SVD), basic stochastics and statistics (expectation values, influence of sample size, correlation and covariance, normal distribution and its parameters), basics of Matlab, basics in optics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	Students can <ul style="list-style-type: none"> Describe imaging processes Depict the physics of sensorics Explain linear and non-linear filtering of signals Establish interdisciplinary connections in the subject area and arrange them in their context Interpret effects of the most important classes of imaging sensors and displays using mathematical methods and physical models. 		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to <ul style="list-style-type: none"> Use highly sophisticated methods and procedures of the subject area Identify problems and develop and implement creative solutions. <p>Students can solve simple arithmetical problems relating to the specification and design of image processing and image analysis systems.</p> <p>Students are able to assess different solution approaches in multidimensional decision-making areas.</p> <p>Students can undertake a prototypical analysis of processes in Matlab.</p>		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	k.A.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can solve image analysis tasks independently using the relevant literature.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 Minuten, Umfang Vorlesung und Materialien im StudIP		
Zuordnung zu folgenden Curricula	<p>Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht</p> <p>Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht</p> <p>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht</p> <p>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht</p> <p>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht</p>		

Lehrveranstaltung L0126: Digital Image Analysis	
Typ	Vorlesung
SWS	4
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
Dozenten	Prof. Rolf-Rainer Grigat
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Image representation, definition of images and volume data sets, illumination, radiometry, multispectral imaging, reflectivities, shape from shading • Perception of luminance and color, color spaces and transforms, color matching functions, human visual system, color appearance models • imaging sensors (CMOS, CCD, HDR, X-ray, IR), sensor characterization(EMVA1288), lenses and optics • spatio-temporal sampling (interpolation, decimation, aliasing, leakage, moiré, flicker, apertures) • features (filters, edge detection, morphology, invariance, statistical features, texture) • optical flow (variational methods, quadratic optimization, Euler-Lagrange equations) • segmentation (distance, region growing, cluster analysis, active contours, level sets, energy minimization and graph cuts) • registration (distance and similarity, variational calculus, iterative closest points)
Literatur	<p>Bredies/Lorenz, Mathematische Bildverarbeitung, Vieweg, 2011</p> <p>Wedel/Cremers, Stereo Scene Flow for 3D Motion Analysis, Springer 2011</p> <p>Handels, Medizinische Bildverarbeitung, Vieweg, 2000</p> <p>Pratt, Digital Image Processing, Wiley, 2001</p> <p>Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989</p>

Fachmodule der Vertiefung Embedded Systems

Modul M0791: Rechnerarchitektur			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Rechnerarchitektur (L0793)	Vorlesung	2	3
Rechnerarchitektur (L0794)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
Rechnerarchitektur (L1864)	Gruppenübung	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Heiko Falk		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Modul "Technische Informatik"		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> In diesem Modul werden fortgeschrittene Konzepte der Rechnerarchitektur vorgestellt. Am Anfang steht ein breiter Überblick über mögliche Programmiermodelle, wie sie für Universalrechner aber auch für spezielle Maschinen (z.B. Signalprozessoren) entwickelt wurden. Anschließend werden prinzipielle Aspekte der Mikroarchitektur von Prozessoren behandelt. Der Schwerpunkt liegt hierbei insbesondere auf dem sogenannten Pipelining und den in diesem Zusammenhang angewandten Methoden zur Beschleunigung der Befehlsausführung. Die Studierenden lernen Mechanismen zum dynamischen Scheduling, zur Sprungvorhersage, zu superskalaren Architekturen und zu Speicher-Hierarchien kennen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, den Aufbau eines Prozessors zu erklären. Sie kennen die verschiedenen Architekturprinzipien und Programmiermodelle. Die Studierenden untersuchen verschiedene Strukturen von Pipeline-Architekturen und sind in der Lage, deren Konzepte zu erklären und im Hinblick auf Kriterien wie Performance und Energieeffizienz zu analysieren. Sie bewerten unterschiedliche Speicherarchitekturen, kennen parallele Rechnerarchitekturen und können zwischen Befehls- und Datenparallelität unterscheiden.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, ähnliche Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbstständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen zusammenzufassen, zu präsentieren und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung Beschreibung
	Nein	15 %	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 Min., Vorlesungsstoff + 4 Testate zur PBL "Rechnerarchitektur"		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und eingebettete Systeme: Wahlpflicht General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0793: Rechnerarchitektur	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung • Grundlagen von VHDL • Programmiermodelle • Realisierung elementarer Datentypen • Dynamisches Scheduling • Sprungvorhersage • Superskalare Maschinen • Speicher-Hierarchien <p>Die Gruppenübungen vertiefen die Vorlesungsinhalte durch Bearbeiten und Besprechen von Übungsblättern und dienen somit zur Klausur-Vorbereitung. Der praktische Umgang mit Fragestellungen aus der Rechnerarchitektur wird in der FPGA-basierten PBL zur Rechnerarchitektur vermittelt, deren Teilnahme verpflichtend ist.</p>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • D. Patterson, J. Hennessy. Rechnerorganisation und -entwurf. Elsevier, 2005. • A. Tanenbaum, J. Goodman. Computerarchitektur. Pearson, 2001.

Lehrveranstaltung L0794: Rechnerarchitektur	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1864: Rechnerarchitektur	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Software für Eingebettete Systeme (L1069)		Vorlesung	2 3
Software für Eingebettete Systeme (L1070)		Gruppenübung	3 3
Modulverantwortlicher	NN		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr gute Kenntnisse und Erfahrung in Programmiersprache C • Grundkenntnisse in Softwaretechnik • Prinzipielles Verständnis von Assembler Sprachen 		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Studierende können die grundlegende Prinzipien und Vorgehensweisen für die Erstellung von Software für eingebettete Systeme erklären. Sie sind in der Lage, ereignisbasierte Programmier Techniken mittels Interrupts zu beschreiben. Sie kennen den Aufbau und Funktion eines konkreten Mikrocontrollers. Die Teilnehmer sind in der Lage, Anforderungen an Echtzeitsysteme zu erläutern. Sie können mindestens drei Scheduling Algorithmen für Echtzeitbetriebssysteme erläutern (einschließlich Vor- und Nachteile)</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende erstellen interrupt-basierte Programme für einen konkreten Mikrocontroller. Sie erstellen und benutzen einen preemptiven scheduler. Sie setzen periphere Komponenten (Timer, ADCs, EEPROM) für komplexe Aufgaben eingebetteter System ein. Für den Anschluss externer Komponenten setzen sie serielle Protokolle ein.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		
Lehrveranstaltung L1069: Software für Eingebettete Systeme			
Typ	Vorlesung		
SWS	2		
LP	3		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28		
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner		
Sprachen	DE/EN		
Zeitraum	SoSe		
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • General-Purpose Processors • Programming the Atmel AVR • Interrupts • C für Embedded Systems • Standard Single Purpose Processors: Peripherals • Finite-State Machines • Speicher • Betriebssystem für Eingebettete Systeme • Echtzeit Eingebettete Systeme 		
Literatur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Embedded System Design, F. Vahid and T. Givargis, John Wiley 2. Programming Embedded Systems: With C and Gnu Development Tools, M. Barr and A. Massa, O'Reilly 3. C und C++ für Embedded Systems, F. Bollow, M. Homann, K. Köhn, MITP 4. The Art of Designing Embedded Systems, J. Ganssle, Newnes 5. Mikrocomputertechnik mit Controllern der Atmel AVR-RISC-Familie, G. Schmitt, Oldenbourg 6. Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software, E. White, O'Reilly 		

Lehrveranstaltung L1070: Software für Eingebettete Systeme	
Typ	Gruppenübung
SWS	3
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Bernd-Christian Renner
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Entwurf von Dependable Systems (L2000)		Vorlesung	2 3
Entwurf von Dependable Systems (L2001)		Gruppenübung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Görschwin Fey		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlegende Kenntnisse zu Datenstrukturen und Algorithmen		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Im Folgenden wird "Dependable" als Zusammenfassung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit, Sicherheit (Safety & Security) verwendet.</p> <p>Kenntnis von Ansätzen zum Entwurf von Dependable Systems, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strukturelle Lösungen wie z.B. Modular Redundancy • Algorithmische Lösungen wie z.B. Behandlung Byzantinischer Fehler, Checkpointing, etc. <p>Kenntnis von Methoden zur Analyse der Dependability von Systemen</p>		
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Fähigkeit zum Entwurf von Dependable Systems durch Implementierung der obigen Ansätze.</p> <p>Fähigkeit zur Analyse der Dependability von Systemen durch Anwendung der obigen Analysemethoden.</p>		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> • die jeweiligen Konzepte diskutieren und erläutern sowie • die Lösungen mündlich darstellen. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>Studierende erlernen mittels Zusatzmaterial selbständig vertiefende Zusammenhänge der Konzepte aus der Vorlesung und erweiterte Lösungsverfahren.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung Beschreibung
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung
			Die Lösung einer Aufgabe ist Zulassungsvoraussetzung für die Prüfung. Die Aufgabe wird in Vorlesung und Übung definiert.
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	<p>Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht</p> <p>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht</p>		

Lehrveranstaltung L2000: Entwurf von Dependable Systems	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Görschwin Fey
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<p>Beschreibung</p> <p>Der Begriff „Dependability“ umfasst verschiedene Aspekte eines Systems. Dies sind typischer Weise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zuverlässigkeit • Verfügbarkeit • Wartbarkeit • Sicherheit - Safety & Security <p>Damit ist Dependability ein zentraler Aspekt, der früh im Systementwurf betrachtet werden muss. Dies gilt für Software, Eingebettete Systeme wie auch umfassende Cyber-Physical Systems.</p> <p>Inhalt</p> <p>Das Modul führt grundlegende Konzept zum Entwurf und zur Analyse von Dependable Systems ein. Entwurfsbeispiele dienen dazu, eigene praktische Erfahrung zu sammeln. Ein Schwerpunkt des Moduls liegt im Bereich eingebetteter Systeme. Folgende Gebiete werden betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellierung • Fehlertoleranz • Entwurfskonzepte • Analyse von Systemen
Literatur	

Lehrveranstaltung L2001: Entwurf von Dependable Systems	
Typ	Gruppenübung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Görschwin Fey
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0803: Embedded Systems			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Eingebettete Systeme (L0805)		Vorlesung	3 4
Eingebettete Systeme (L0806)		Gruppenübung	1 2
Modulverantwortlicher	Prof. Heiko Falk		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Computer Engineering		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Embedded systems can be defined as information processing systems embedded into enclosing products. This course teaches the foundations of such systems. In particular, it deals with an introduction into these systems (notions, common characteristics) and their specification languages (models of computation, hierarchical automata, specification of distributed systems, task graphs, specification of real-time applications, translations between different models).</p> <p>Another part covers the hardware of embedded systems: Sensors, A/D and D/A converters, real-time capable communication hardware, embedded processors, memories, energy dissipation, reconfigurable logic and actuators. The course also features an introduction into real-time operating systems, middleware and real-time scheduling. Finally, the implementation of embedded systems using hardware/software co-design (hardware/software partitioning, high-level transformations of specifications, energy-efficient realizations, compilers for embedded processors) is covered.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> After having attended the course, students shall be able to realize simple embedded systems. The students shall realize which relevant parts of technological competences to use in order to obtain a functional embedded systems. In particular, they shall be able to compare different models of computations and feasible techniques for system-level design. They shall be able to judge in which areas of embedded system design specific risks exist.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able to solve similar problems alone or in a group and to present the results accordingly.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to acquire new knowledge from specific literature and to associate this knowledge with other classes.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 10 %	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 Minuten, Inhalte der Vorlesung und Übungen		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Engineering Science: Vertiefung Mechatronics: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Mechatronics: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0805: Embedded Systems	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Specifications and Modeling • Embedded/Cyber-Physical Systems Hardware • System Software • Evaluation and Validation • Mapping of Applications to Execution Platforms • Optimization
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Peter Marwedel. Embedded System Design - Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. 2nd Edition, Springer, 2012., Springer, 2012.

Lehrveranstaltung L0806: Embedded Systems	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0925: Digital Circuit Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Entwurf Digitaler Schaltungen (L0698)		Vorlesung	2 3
Erweiterter Digitaler Schaltungsentwurf (L0699)		Vorlesung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	40 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0698: Digital Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Volkhard Klinger
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L0699: Advanced Digital Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Volkhard Klinger
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M1687: Selected Aspects of Embedded Systems

Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Aspekte Eingebetteter Systeme (L2676)	Vorlesung	3	4
Ausgewählte Aspekte Eingebetteter Systeme (L2677)	Gruppenübung	1	2
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2676: Selected Aspects of Embedded Systems

Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dozenten des SD E
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L2677: Selected Aspects of Embedded Systems

Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dozenten des SD E
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (L1061)	Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
		SWS	3
		LP	6
Modulverantwortlicher	Prof. Heiko Falk		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Erfolgreiche Teilnahme am praktischen FPGA-Labor des Moduls "Rechnerarchitektur" ist zwingende Voraussetzung.		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> In diesem Modul werden fortgeschrittene Konzepte der Rechnerarchitektur praxisorientiert vermittelt. Mit Hilfe der Hardware-Beschreibungssprache VHDL und rekonfigurierbarer FPGA-Hardware lernen Studierende, wie komplexe Rechensysteme (sog. Systems-on-Chip, SoCs), wie sie insbesondere im Bereich der eingebetteten Systeme anzutreffen sind, in Hardware zu entwerfen sind.</p> <p>Ausgehend von einer einfachen Prozessor-Architektur lernen Studierende, die Verarbeitung von Befehlen durch eine Maschine nach dem Pipelining-Prinzip zu realisieren. Sie implementieren verschiedene Formen Cache-basierter Speicher-Hierarchien, untersuchen Ansätze zum dynamischen Scheduling von Maschinenbefehlen und zur Sprungvorhersage, und konstruieren letztlich ein komplexes MPSoC-System (multi-processor system-on-chip), das aus mehreren Kernen besteht, die über einen gemeinsamen Bus verbunden sind.</p>		
Fertigkeiten	Die Studierenden können analysieren, wie hochspezifische und individuelle Rechner aus einer Sammlung gängiger Einzelkomponenten zusammengesetzt werden. Sie sind in der Lage, die Wechselwirkungen zwischen einem physischen Rechensystem und der darauf ausgeführten Software beurteilen zu können. Sie sollen so in die Lage versetzt werden, Auswirkungen hardwarenaher Entwurfsentscheidungen auf die Leistung des Gesamtsystems abzuschätzen, zu beurteilen und geeignete Optionen vorzuschlagen.		
Personale Kompetenzen	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, ähnliche Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbstständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen in konkrete Implementierungen komplexer Hardware-Strukturen zu überführen und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	VHDL-Code und FPGA-basierte Implementierungen		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1061: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	3
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Heiko Falk
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in grundlegende Technologien (FPGAs, MIPS Einzelzyklus-Maschine) • Fließband-Befehlsverarbeitung • Cache-basierte Speicher-Hierarchien • Busse und Bus-Arbitrierung • Multi-Prozessor Chip-Systeme • Optional: Fortgeschrittene Fließband-Konzepte (Dynamisches Scheduling, Sprungvorhersage)
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • D. Patterson, J. Hennessy. Rechnerorganisation und -entwurf. Elsevier, 2005. • A. Tanenbaum, J. Goodman. Computerarchitektur. Pearson, 2001. • A. Clements. The Principles of Computer Hardware. 3. Auflage, Oxford University Press, 2000.

Fachmodule der Vertiefung Microelectronics Complements

In der Vertiefungsrichtung Microelectronics Complements erweitern die Studierenden ihr Wissen in Richtung spezieller Anwendungsfelder, wie zum Beispiel die Anwendung von Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik in der Medizintechnik, die Verarbeitung digitaler Signale, dem Entwurf und Design von hochkomplexen integrierten Systemen oder von Netzen für optische Nachrichtenübertragung. Sie verfestigen so ihr theoretisches Wissen durch die Analyse von praktischen Anwendungsbeispielen und verknüpfen es mit den Anforderungen, die technische Realisierungen stellen.

Alle Studierende müssen aus dieser Vertiefungsrichtung Lehrveranstaltungen mit einem Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten belegen.

Modul M0925: Digital Circuit Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Entwurf Digitaler Schaltungen (L0698)	Vorlesung	2	3
Erweiterter Digitaler Schaltungsentwurf (L0699)	Vorlesung	2	3
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	40 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0698: Digital Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Volkhard Klinger
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L0699: Advanced Digital Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Volkhard Klinger
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	
Literatur	

Modul M1611: Silicon Photonics			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Silizium Photonik (L2408)		Vorlesung	2 4
Silizium Photonik (L2418)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 2
Modulverantwortlicher	Dr. Timo Lipka		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basics in physics, optics, microsystem and semiconductor technology		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> The students know the fundamentals of silicon photonics and about the most important and commonly used materials and fabrication techniques.</p> <p>Students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> • to explain the basic principles of silicon photonics technology and to discuss theoretical and practical aspects • to describe photonic circuit devices and their working principle • to describe the manufacturing of silicon photonic devices and to discuss in details the relevant fabrication processes, process flows and the impact thereof on the fabrication of photonic integrated circuit components <p><i>Fertigkeiten</i> Students are capable to</p> <ul style="list-style-type: none"> • analyze the feasibility of integrated photonic circuit components • choose appropriate tools and methods to design them • develop process flows for the fabrication 		
Personale Kompetenzen	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able to prepare and perform their lab experiments in team work as well as to present and discuss the results in front of audience.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> none</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2408: Silicon Photonics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Timo Lipka
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction (historical view and trends in der Silicon Photonics) • Fabrication Technology (SOI-Wafer, Deposition, Sputtering and Evaporation, Epitaxy, MOCVD, Lithography) • Planar Waveguide Fundamentals • Optical Materials in silicon Photonics • Waveguide Types (Loss Mechanisms, Dispersion and Polarisation in Waveguides) • Coupling of Silicon Photonic Devices and Systems • Silicon Photonic Circuit Devices and Building Blocks (Passive Devices: Resonators, Interferometers, Mode Converters, Power Splitters, Gratings, Polarizers and Rotators) • Material fundamentals and components for tuning and switching • Integration of active Devices (Laser, Detector, Modulators) • Photonics and Electronics Integration • Photonic Interconnects • Optical Multiplexing • Switch Fabrics and Routers • Silicon Photonics for Sensing
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Graham T. Reed, Andrew Knights, Silicon Photonics - An Introduction, John Wiley & Sons Ltd (2004) • Clifford R. Pollocka and Michal Lipson, Integrated Photonics, Springer-Verlag (2003) • Sami Franssila, Introduction to microfabrication, Chichester, West Sussex Wiley (2010) • Dominik G. Rabus, Integrated Ring Resonators: The Compendium, in Springer Series in Optical Sciences (2007)

Lehrveranstaltung L2418: Silicon Photonics	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Timo Lipka
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0921: Electronic Circuits for Medical Applications				
Lehrveranstaltungen				
Titel		Typ	SWS	LP
Medizinelektronik (L0696)		Vorlesung	2	3
Medizinelektronik (L1056)		Gruppenübung	1	2
Medizinelektronik (L1408)		Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl			
Zulassungsvoraussetzungen	None			
Empfohlene Vorkenntnisse	Fundamentals of electrical engineering			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
Fachkompetenz				
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can explain the basic functionality of the information transfer by the central nervous system • Students are able to explain the build-up of an action potential and its propagation along an axon • Students can exemplify the communication between neurons and electronic devices • Students can describe the special features of low-noise amplifiers for medical applications • Students can explain the functions of prostheses, e. g. an artificial hand • Students are able to discuss the potential and limitations of cochlea implants and artificial eyes 			
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can calculate the time dependent voltage behavior of an action potential • Students can give scenarios for further improvement of low-noise and low-power signal acquisition. • Students can develop the block diagrams of prosthetic systems • Students can define the building blocks of electronic systems for an artificial eye. 			
Personale Kompetenzen				
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are trained to solve problems in the field of medical electronics in teams together with experts with different professional background. • Students are able to recognize their specific limitations, so that they can ask for assistance to the right time. • Students can document their work in a clear manner and communicate their results in a way that others can be involved whenever it is necessary 			
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to realistically judge the status of their knowledge and to define actions for improvements when necessary. • Students can break down their work in appropriate work packages and schedule their work in a realistic way. • Students can handle the complex data structures of bioelectrical experiments without needing support. • Students are able to act in a responsible manner in all cases and situations of experimental work. 			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56			
Leistungspunkte	6			
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	
	Nein	Keiner	Übungsaufgaben	
Prüfung	Klausur			
Prüfungsdauer und -umfang	90 min			
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Pflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0696: Electronic Circuits for Medical Applications	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Market for medical instruments • Membrane potential, action potential, sodium-potassium pump • Information transfer by the central nervous system • Interface tissue - electrode • Amplifiers for medical applications, analog-digital converters • Examples for electronic implants • Artificial eye, cochlea implant
Literatur	<p>Kim E. Barret, Susan M. Barman, Scott Boitano and Heddwen L. Brooks</p> <p>Ganong's Review of Medical Physiology, 24nd Edition, McGraw Hill Lange, 2010</p> <p>Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung von Werner A. Müller (Author), Stephan Frings (Author), 657 p., 4. editions, Springer, 2009</p> <p>Robert F. Schmidt (Editor), Hans-Georg Schaible (Editor)</p> <p>Neuro- und Sinnesphysiologie (Springer-Lehrbuch) (Paper back), 488 p., Springer, 2006, 5. Edition, currently online only</p> <p>Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth, Intermediate Physics for Medicine and Biology, Springer, 4th ed., 616 p., 2007</p> <p>Vorlesungen der Universität Heidelberg zur Tier- und Humanphysiologie: http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/gruvo03.htm</p> <p>Internet: http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/</p>

Lehrveranstaltung L1056: Electronic Circuits for Medical Applications	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1408: Electronic Circuits for Medical Applications	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Market for medical instruments • Membrane potential, action potential, sodium-potassium pump • Information transfer by the central nervous system • Interface tissue - electrode • Amplifiers for medical applications, analog-digital converters • Examples for electronic implants • Artificial eye, cochlea implant
Literatur	<p>Kim E. Barret, Susan M. Barman, Scott Boitano and Heddwen L. Brooks</p> <p>Ganong's Review of Medical Physiology, 24nd Edition, McGraw Hill Lange, 2010</p> <p>Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung von Werner A. Müller (Author), Stephan Frings (Author), 657 p., 4. editions, Springer, 2009</p> <p>Robert F. Schmidt (Editor), Hans-Georg Schaible (Editor)</p> <p>Neuro- und Sinnesphysiologie (Springer-Lehrbuch) (Paper back), 488 p., Springer, 2006, 5. Edition, currently online only</p> <p>Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth, Intermediate Physics for Medicine and Biology, Springer, 4th ed., 616 p., 2007</p> <p>Vorlesungen der Universität Heidelberg zur Tier- und Humanphysiologie: http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/gruvoin.htm</p> <p>Internet: http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/</p>

Modul M0769: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0743)	Vorlesung	3	4
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0744)	Gruppenübung	1	1
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0745)	Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Christian Schuster		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Elektrotechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden der Elektromagnetischen Verträglichkeit elektrischer und elektronischer Systeme erklären und in den Kontext des störungsfreien Aufbaus und des Nachweises der Elektromagnetischen Verträglichkeit solcher Systeme setzen. Sie können die verschiedenen Störquellen und Koppelpfade klassifizieren und erläutern. Sie können passive Entstörkonzepte für Probleme der Elektromagnetischen Verträglichkeit vorschlagen und beschreiben. Sie können einen Überblick über messtechnische und numerische Methoden zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit in der elektrotechnischen Praxis geben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren zur Modellbildung der Elektromagnetischen Verträglichkeit typischer elektrischer und elektronischer Systeme anwenden. Sie können einschätzen, welche prinzipiellen Effekte diese Modelle in Bezug auf die Elektromagnetische Verträglichkeit vorhersagen, können diese klassifizieren und quantitativ analysieren. Sie können Lösungsstrategien aus diesen Vorhersagen ableiten und für die Anwendung in der elektrotechnischen Praxis dimensionieren. Sie können verschiedene Lösungsstrategien gegeneinander abwägen.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren, etwa während der praktischen Versuche und Übungen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik und Nachrichtentechnik) verknüpfen. Sie können Probleme und Lösungen im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit auf Englisch kommunizieren.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja	Keiner	Referat
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	45 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Mechatronik: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0743: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) • Störquellen in Zeit- und Frequenzbereich • Kopplungsmechanismen • Leitungen und ihre Kopplung an elektromagnetische Felder • Schirmung • Filter • EMV-Prüfverfahren
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • C.R. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd ed., (Wiley, New Jersey, 2006). • A.J. Schwab und W. Kürner: "Elektromagnetische Verträglichkeit", 6. Auflage, (Springer, Berlin 2010). • F.M. Tesche, M.V. Ianoz, and T. Karlsson: "EMC Analysis Methods and Computational Models", (Wiley, New York, 1997).

Lehrveranstaltung L0744: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	Die Übung dient der Vertiefung und Einübung der Vorlesungsinhalte.
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • C.R. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd ed., (Wiley, New Jersey, 2006). • A.J. Schwab und W. Kürner: "Elektromagnetische Verträglichkeit", 6. Auflage, (Springer, Berlin 2010). • F.M. Tesche, M.V. Ianoz, and T. Karlsson: "EMC Analysis Methods and Computational Models", (Wiley, New York, 1997). • Scientific articles and papers

Lehrveranstaltung L0745: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<p>Mit Hilfe von Laborversuchen werden die folgenden Themenfelder der EMV praktisch untersucht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schirmung • Leitungsgeführte EMV-Prüfverfahren • Die GTEM-Zelle als feldgebundene Prüfumgebung
Literatur	Versuchsbeschreibungen und zugehörige Literatur werden innerhalb der Veranstaltung bereit gestellt.

Modul M0919: Laboratory: Digital Circuit Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Praktischer Schaltungsentwurf - Digital (L0694)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 6
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of semiconductor devices and circuit design		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can explain the structure and philosophy of the software framework for circuit design. • Students can determine all necessary input parameters for circuit simulation. • Students are able to explain the functions of the logic gates of their digital design. • Students can explain the algorithms of checking routines. • Students are able to select the appropriate transistor models for fast and accurate simulations. 		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can activate and execute all necessary checking routines for verification of proper circuit functionality. • Students are able to run the input desks for definition of their electronic circuits. • Students can define the building blocks of digital systems. 		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are trained to work through complex circuits in teams. • Students are able to share their knowledge for efficient design work. • Students can help each other to understand all the details and options of the design software. • Students are aware of their limitations regarding circuit design, so they do not go ahead, but they involve experts when required. • Students can present their design approaches for easy checking by more experienced experts. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to realistically judge the status of their knowledge and to define actions for improvements when necessary. • Students can break down their design work in sub-tasks and can schedule the design work in a realistic way. • Students can handle the complex data structures of their design task and document it in concise but understandable way. • Students are able to judge the amount of work for a major design project. 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0694: Laboratory: Digital Circuit Design	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Definition of specifications • Architecture studies • Digital simulation flow • Philosophy of standard cells • Placement and routing of standard cells • Layout generation • Design checking routines
Literatur	Handouts will be distributed

Modul M0645: Fibre and Integrated Optics			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Faseroptik und Integrierte Optik (L0363)		Vorlesung	2 3
Faseroptik und Integrierte Optik (Übung) (L0365)		Gruppenübung	1 1
Modulverantwortlicher	Prof. Manfred Eich		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic principles of electrodynamics and optics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	Students can explain the fundamental mathematical and physical relations and technological basics of guided optical waves. They can describe integrated optical as well as fibre optical structures. They can give an overview on the applications of integrated optical components in optical signal processing.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to fibre optical and integrated optical wave propagation. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.		
Personale Kompetenzen	Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
Leistungspunkte	4		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0363: Fibre and Integrated Optics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Hagen Renner
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Theory of optical waveguides • Coupling to and from waveguides • Losses • Linear and nonlinear dispersion • Components and technical applications
Literatur	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Hunsperger, R.G., Integrated Optics: Theory and Technology, Springer, 2002 Agrawal, G.P., Fiber-Optic Communication Systems, Wiley, 2002, ISBN 0471215716 Marcuse, D., Theory of Dielectric Optical Waveguides, Academic Press, 1991, ISBN 0124709516 Tamir, T. (ed), Guided-Wave Optoelectronics, Springer, 1990

Lehrveranstaltung L0365: Fibre and Integrated Optics (Problem Solving Course)	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Hagen Renner
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	See lecture Fibre and Integrated Optics
Literatur	See lecture Fibre and Integrated Optics

Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Optoelektronik I: Wellenoptik (L0359)		Vorlesung	2 3
Optoelektronik I: Wellenoptik (Übung) (L0361)		Gruppenübung	1 1
Modulverantwortlicher	Dr. Alexander Petrov		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basics in electrodynamics, calculus		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz	<p><i>Wissen</i> Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of freely propagating optical waves. They can give an overview on wave optical phenomena such as diffraction, reflection and refraction, etc. Students can describe waveoptics based components such as electrooptical modulators in an application oriented way.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to free optical wave propagation. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.</p> <p>Personale Kompetenzen</p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.</p>		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
Leistungspunkte	4		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0359: Optoelectronics I: Wave Optics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Alexander Petrov
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to optics • Electromagnetic theory of light • Interference • Coherence • Diffraction • Fourier optics • Polarisation and Crystal optics • Matrix formalism • Reflection and transmission • Complex refractive index • Dispersion • Modulation and switching of light
Literatur	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Hecht, E., Optics, Benjamin Cummings, 2001 Goodman, J.W. Statistical Optics, Wiley, 2000 Lauterborn, W., Kurz, T., Coherent Optics: Fundamentals and Applications, Springer, 2002

Lehrveranstaltung L0361: Optoelectronics I: Wave Optics (Problem Solving Course)	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Alexander Petrov
Sprachen	EN
Zeitraum	SoSe
Inhalt	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics
Literatur	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics

Modul M0781: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0770)	Vorlesung	3	4
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0771)	Gruppenübung	1	1
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0774)	Laborpraktikum	1	1
Modulverantwortlicher	Prof. Christian Schuster		
Zulassungsvoraussetzungen	Keine		
Empfohlene Vorkenntnisse	Grundlagen der Elektrotechnik		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden der Signalintegrität und der Güte der Spannungsversorgung (Powerintegrität) elektronischer Systeme erklären und in den Kontext des störungsfreien Aufbaus bzw. der elektromagnetischen Verträglichkeit solcher Systeme setzen. Sie können das prinzipielle Verhalten von Signalen und Spannungsversorgung vor dem Hintergrund der typischen Aufbau- und Verbindungstechnik erläutern. Sie können Lösungsstrategien für Probleme der Signal- und Powerintegrität vorschlagen und beschreiben. Sie können einen Überblick über messtechnische und numerische Methoden zur Charakterisierung der Signal- und Powerintegrität in der elektrotechnischen Praxis geben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren zur Modellbildung zur Beschreibung des elektromagnetischen Verhaltens typischer Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme anwenden. Sie können einschätzen, welche prinzipiellen Effekte diese Modelle in Bezug auf die Signal- und Powerintegrität vorhersagen, können diese klassifizieren und quantitativ analysieren. Sie können Lösungsstrategien aus diesen Vorhersagen ableiten und für die Anwendung in der elektrotechnischen Praxis dimensionieren. Sie können verschiedene Lösungsstrategien gegeneinander abwägen.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren (z.B. während der CAD-Übungen).		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik, Nachrichtentechnik und Halbleiterschaltungstechnik) verknüpfen. Sie können Probleme und Lösungen im Bereich der Signal- und Powerintegrität der Aufbau- und Verbindungstechnik auf Englisch kommunizieren.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung
	Ja	Keiner	Referat
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	45 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronik: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0770: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Die Rolle von Packages und Interconnects in elektronischen Systemen - Komponenten der Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme - Hauptziele und Konzepte der Signal- und Powerintegrität elektronischer Systeme - Wiederholung relevanter Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie - Eigenschaften digitaler Signale und Systeme - Entwurf und Charakterisierung der Signalintegrität - Entwurf und Charakterisierung der Spannungsversorgung - Techniken und Geräte zur Messung in Zeit- und Frequenzbereich - CAD-Werkzeuge für elektrische Analyse und Entwurf von Packages und Interconnects - Bezug zur gesamten elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Systemen
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> - J. Franz, "EMV: Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen", Springer (2012) - R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging", McGraw-Hill (2001) - S. Ramo, J. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley (1994) - S. Thierauf, "Understanding Signal Integrity", Artech House (2010) - M. Swaminathan, A. Engin, "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems", Prentice-Hall (2007)

Lehrveranstaltung L0771: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0774: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	
Typ	Laborpraktikum
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Prof. Christian Schuster
Sprachen	DE/EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Die Rolle von Packages und Interconnects in elektronischen Systemen - Komponenten der Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme - Hauptziele und Konzepte der Signal- und Powerintegrität elektronischer Systeme - Wiederholung relevanter Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie - Eigenschaften digitaler Signale und Systeme - Entwurf und Charakterisierung der Signalintegrität - Entwurf und Charakterisierung der Spannungsversorgung - Techniken und Geräte zur Messung in Zeit- und Frequenzbereich - CAD-Werkzeuge für elektrische Analyse und Entwurf von Packages und Interconnects - Bezug zur gesamten elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Systemen
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> - J. Franz, "EMV: Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen", Springer (2012) - R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging", McGraw-Hill (2001) - S. Ramo, J. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley (1994) - S. Thierauf, "Understanding Signal Integrity", Artech House (2010) - M. Swaminathan, A. Engin, "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems", Prentice-Hall (2007)

Modul M0913: Mixed-signal Circuit Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Mixed-signal Schaltungsentwurf (L0764)		Vorlesung	2 3
Mixed-signal Schaltungsentwurf (L1063)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 3
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Advanced knowledge of analog or digital MOS devices and circuits		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can explain the descriptive parameters of mixed-signal systems • Students can explain various architectures of analog-to-digital and digital-to-analog converters • Students are able to explain the fundamental limitations of different analog-to-digital and digital-to-analog converters 		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can derive the fundamental limitations of different analog-to-digital and digital-to-analog converters • Students can select the most suitable architecture for a specific mixed-signal task • Students can describe complex mixed-signal systems by their functional blocks. • Students can calculate the specifications of mixed-signal circuits 		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can team up with one or several partners who may have different professional backgrounds • Students are able to work by their own or in small groups for solving problems and answer scientific questions. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to assess their knowledge in a realistic manner. • Students are able to draw scenarios for estimation of the impact of an increase of data vs. an increase of energy on the future lifestyle of the society. 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Verpflichtend Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja 5 %	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	90 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0764: Mixed-signal Circuit Design	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Differences between analog and digital filtering of electrical signals • Quantization error and its consideration in electrical circuits • Architectures of state-of-the-art digital-to-analog converters • Architectures of state-of-the-art analog-to-digital converters • Differentiation between Nyquist and oversampling converters • noise in ADCs and DACs
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • R. J. Baker, „CMOS-Circuit Design, Layout, and Simulation“, Wiley & Sons, IEEE Press, 2010 • B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", McGraw-Hill Education Ltd, 2000

Lehrveranstaltung L1063: Mixed-signal Circuit Design	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1688: Selected Aspects of Microelectronics and Microsystems			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Ausgewählte Aspekte der Mikroelektronik und Mikrosysteme (L2678)		Vorlesung	3 4
Ausgewählte Aspekte der Mikroelektronik und Mikrosysteme (L2679)		Gruppenübung	1 2
Modulverantwortlicher	Prof. Hoc Khiem Trieu		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse			
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2678: Selected Aspects of Microelectronics and Microsystems	
Typ	Vorlesung
SWS	3
LP	4
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
Dozenten	Dozenten des SD E
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	
Literatur	

Lehrveranstaltung L2679: Selected Aspects of Microelectronics and Microsystems	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	2
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dozenten des SD E
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe/SoSe
Inhalt	Siehe korrespondierende Vorlesung
Literatur	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1589: Laboratory: Analog Circuit Design			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Praktischer Schaltungsentwurf - Analog (L0692)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2 6
Modulverantwortlicher	Prof. Matthias Kuhl		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic knowledge of semiconductor devices and circuit design		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can explain the structure and philosophy of the software framework for circuit design. • Students can determine all necessary input parameters for circuit simulation. • Students know the basics physics of the analog behavior. • Students can explain the algorithms of circuit verification. • Students are able to select the appropriate transistor models for fast and accurate simulations. 		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students can activate and execute all necessary checking routines for verification of proper circuit functionality. • Students can define the specifications of the electronic circuits to be designed. • Students can optimize the electronic circuits for low-noise and low-power. • Students can develop analog circuits for specific applications. 		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are trained to work through complex circuits in teams. • Students are able to share their knowledge for efficient design work. • Students can help each other to understand all the details and options of the design software. • Students are aware of their limitations regarding circuit design, so they do not go ahead, but they involve experts when required. • Students can present their design approaches for easy checking by more experienced experts. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to realistically judge the status of their knowledge and to define actions for improvements when necessary. • Students can break down their design work in sub-tasks and can schedule the design work in a realistic way. • Students can handle the complex data structures of their design task and document it in concise but understandable way. • Students are able to judge the amount of work for a major design project. 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28		
Leistungspunkte	6		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	30 min		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0692: Laboratory: Analog Circuit Design	
Typ	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
SWS	2
LP	6
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28
Dozenten	Prof. Matthias Kuhl, Weitere Mitarbeiter
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Input desk for circuits • Algorithms for simulation • MOS transistor model • Simulation of analog circuits • Placement and routing • Generation of layouts • Design checking routines • Postlayout simulations
Literatur	Handouts to be distributed

Modul M0644: Optoelectronics II - Quantum Optics			
Lehrveranstaltungen			
Titel		Typ	SWS LP
Optoelektronik II: Quantenoptik (L0360)		Vorlesung	2 3
Optoelektronik II: Quantenoptik (Übung) (L0362)		Gruppenübung	1 1
Modulverantwortlicher	Dr. Alexander Petrov		
Zulassungsvoraussetzungen	None		
Empfohlene Vorkenntnisse	Basic principles of electrodynamics, optics and quantum mechanics		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz			
<i>Wissen</i>	Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of quantum optical phenomena such as absorption, stimulated and spontaneous emission. They can describe material properties as well as technical solutions. They can give an overview on quantum optical components in technical applications.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to quantum optical phenomena and processes. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.		
Personale Kompetenzen			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
Leistungspunkte	4		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Klausur		
Prüfungsdauer und -umfang	60 Minuten		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0360: Optoelectronics II: Quantum Optics	
Typ	Vorlesung
SWS	2
LP	3
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
Dozenten	Dr. Alexander Petrov
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Generation of light • Photons • Thermal and nonthermal light • Laser amplifier • Noise • Optical resonators • Spectral properties of laser light • CW-lasers (gas, solid state, semiconductor) • Pulsed lasers
Literatur	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Demtröder, W., Laser Spectroscopy: Basic Concepts and Instrumentation, Springer, 2002 Kasap, S.O., Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, Prentice Hall, 2001 Yariv, A., Quantum Electronics, Wiley, 1988 Wilson, J., Hawkes, J., Optoelectronics: An Introduction, Prentice Hall, 1997, ISBN: 013103961X Siegman, A.E., Lasers, University Science Books, 1986

Lehrveranstaltung L0362: Optoelectronics II: Quantum Optics (Problem Solving Course)	
Typ	Gruppenübung
SWS	1
LP	1
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
Dozenten	Dr. Alexander Petrov
Sprachen	EN
Zeitraum	WiSe
Inhalt	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics
Literatur	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics

Thesis

Modul M-002: Masterarbeit			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Modulverantwortlicher	Professoren der TUHH		
Zulassungsvoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> Laut ASPO § 21 (1): Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss. 		
Empfohlene Vorkenntnisse	keine		
Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
Fachkompetenz <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen. Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen. Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen. 		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln. Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden. Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen. 		
Personale Kompetenzen <i>Sozialkompetenz</i>	Studierende können <ul style="list-style-type: none"> eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen. in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten. 		
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind fähig, <ul style="list-style-type: none"> ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abuarbeiten. sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen. Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden. 		
Arbeitsaufwand in Stunden	Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0		
Leistungspunkte	30		
Studienleistung	Keine		
Prüfung	Abschlussarbeit		
Prüfungsdauer und -umfang	laut ASPO		
Zuordnung zu folgenden Curricula	Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energie- und Umwelttechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht		

Interdisciplinary Mathematics: Abschlussarbeit: Pflicht
Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht
Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Abschlussarbeit: Pflicht
Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht
Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht
Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht
Mechatronik: Abschlussarbeit: Pflicht
Mediziningenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht
Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht
Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht
Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht
Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht
Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht
Teilstudiengang Lehramt Metalltechnik: Abschlussarbeit: Pflicht
Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht
Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht
Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht
Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht