



Modulhandbuch

Masterstudiengang
Sensorsystemtechnik

Sommersemester 2019

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Biosensoren | 3 |
| 2 Entwurfsmethodik Eingebetteter Systeme | 5 |
| 3 Halbleitersensoren | 7 |
| 4 High Frequency Microsystems | 9 |
| 5 Management-Aspects of Systems Engineering I | 11 |
| 6 Management-Aspects of Systems Engineering II | 13 |
| 7 Mixed-Signal CMOS Chip Design | 15 |
| 8 Modellbildung und Identifikation | 17 |
| 9 Monolithic Microwave IC Design | 19 |
| 10 Radarsensoren | 21 |
| 11 Sensornetze | 23 |
| 12 Sensor Principles and Integrated Interface Circuits | 25 |
| 13 Signals and Systems | 27 |
| 14 Strategisches Prozessmanagement | 29 |
| 15 Systemtechnik | 31 |
| 16 Systemtheorie und Regelungstechnik | 33 |
| 17 Masterarbeit | 35 |

1 Biosensoren

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | BioS |
| Englischer Titel: | Biosensors |
| Leistungspunkte: | 3 ECTS |
| Sprache: | deutsch und englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Dott. Alberto Pasquarelli |
| Dozenten: | Dott. Alberto Pasquarelli |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Sensorik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Grundlagenkenntnisse in Chemie und Biochemie sind erwünscht |
| Lernziele: | <p>Der weltweite Bedarf nach chemischer Detektion und Analyse wächst stetig, sei es wegen der dramatischen Verbreitung von Diabetes, des erhöhten Bewusstseins und der Reglementierung in den Bereichen Gesundheit, Umwelt und Nahrungsmittel oder der Früherkennung von biologischen und chemischen Terrorbedrohungen. Biosensoren bewirken dabei eine erhöhte Empfindlichkeit und Spezifität der Messung bei gleichzeitiger Reduktion der Messzeiten, wodurch die Gesamtkosten maßgeblich gesenkt werden können. So finden sich Biosensoren u.a. bei Blutzuckermessungen für Diabetiker oder in Schwangerschaftsteststreifen. In diesem Modul werden den Teilnehmern die Grundlagen, Wirkweisen und Anwendungsbereiche von Biosensoren vermittelt. Sie werden befähigt, eigenständig Sensorkonzepte zu entwerfen.</p> <p>Nach der Belegung des Moduls kennen die Teilnehmer die Arbeitsprinzipien und Techniken von Biosensoren. Sie können die verschiedenen Biosensoren sowie ihre Wirkweise beschreiben. Die Studierenden kennen die industriellen und klinischen Anwendungsbereiche sowie die Anwendung der verschiedenen Biosensoren in verschiedenen Alltagssituationen und in der Forschung. Weiterhin sind sie in der Lage, Forschungsarbeiten im Bereich Biosensorik zu verstehen und kritisch zu diskutieren. Die Studierenden können bei einer gegebenen Problemstellung angemessene Konzepte entwickeln und eigenständig zu einer Problemlösung gelangen.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- Einführung zu Biosensoren- Anwendungsübersicht- Biologische Detektionsmethoden: katalytisch, immunologisch, usw.- Physikalische Transduktionsmethoden: elektrochemisch, optisch, gravimetrisch, usw.- Immobilisierungstechniken: Adsorption, Gel-Einschluss, Vernetzung, kovalente Bindung- Biochip-Technologien: DNA und Proteinchips, Ionkanal-Sensoren, MEA und MTA |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none">- Marks R.S. et al., Handbook of Biosensors and Biochips, Wiley, 2007- Gizeli E. and Lowe C.R., Biomolecular Sensors, Taylor & Francis, 2002- Vorlesungsskript |
| Grundlage für: | Keine Angaben |

| | |
|--|--|
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Präsenzveranstaltungen: Einführungsveranstaltung: 4 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls) Vertiefende Übungen: 8 h (1 ganzer Tag) Modulprüfung: 2 h E-Learning: Online-Sprechstunde: 10 h (14-tägliches Webinar) Online-Gruppenarbeit: 4 h (Literatur-Vorträge) Selbststudium: 62 h |
|--|--|

| | |
|-------------------------------------|---|
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 20 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 64 h Sonstiges: 4 h Modulprüfung: 2 h Summe: 90 h |
|-------------------------------------|---|

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Schriftliche Modulprüfung, Dauer: 2 h |
|-------------------------------------|---------------------------------------|

| | |
|------------------------------|-------|
| Voraussetzungen (formal): | Keine |
|------------------------------|-------|

| | |
|---------------|---|
| Notenbildung: | Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung. |
|---------------|---|

2 Entwurfsmethodik Eingebetteter Systeme

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | EES |
| Englischer Titel: | Design Automation of Embedded Systems |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Deutsch |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Frank Slomka |
| Dozenten: | Prof. Dr.-Ing. Frank Slomka |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Systementwurf |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Grundlagen der Rechnerarchitektur oder Architektur Eingebetteter Systeme |
| Lernziele: | <p>Im Modul werden systematische Methoden für den Entwurf eingebetteter Echtzeitsysteme vermittelt. Ziel ist es, auf der Grundlage von mathematischen Modellen ingenieurmäßig eingebettete Echtzeitsysteme zu entwickeln. Dieser modellbasierte Entwurf wird in Zukunft die Ad-Hoc-Programmierung eingebetteter Software ablösen. Teilnehmer des Moduls lernen die mathematischen Grundlagen zum Nachweis der Echtzeitfähigkeit eines eingebetteten Computers kennen und anwenden. In der Praxis werden diese Methoden den Teilnehmern in Form von Entwurfswerkzeugen begegnen. Diese Tools stellen die Methoden bereit und erlauben automatische Analysen. Um die Werkzeuge zu beherrschen und deren Ergebnisse kompetent deuten zu können, ist es unerlässlich, den theoretischen Unterbau und die zugrunde liegende Mathematik zu kennen. Diese wird in dem Modul vermittelt.</p> <p>Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmer dazu in der Lage, den modellbasierten Entwurf eingebetteter Systeme zu beschreiben und zu skizzieren. Sie können außerdem unterschiedliche Analyseverfahren zur Bewertung eingebetteter Systeme benennen und auseinanderhalten. Sie wählen aus unterschiedlichen Methoden und Algorithmen zur Analyse des Echtzeitverhaltens die richtige Methode aus, um ein gegebenes Problem zu lösen. Sie sind in der Lage, neue Methoden und Algorithmen zu konstruieren und deren Korrektheit zu beweisen. Sie bestimmen die Komplexität der Algorithmen und können Approximationen entwickeln. Die Studierenden sind in der Lage, verschiedene Entwürfe eingebetteter Systeme zu bewerten und zu vergleichen.</p> <p>Diese Fähigkeiten erlauben es den Teilnehmern, einfache Berechnungen per Hand durchführen und komplexere Systeme mit kommerziellen Werkzeugen zu analysieren.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- Übersicht über den modellbasierten Entwurf eingebetteter Systeme- Zeit und Echtzeitsysteme- Modellierung eingebetteter Systeme: Ereignismodelle und Graphen- Intrinsische Analyse von Echtzeitsystemen- Extrinsische Analyse von Echtzeitsystemen- Komplexität und Approximationen der extrinsischen Analyse- Optimierung und Entwurfsraumexploration |

- Literatur:
- Jürgen Teich: Digitale Hardware-/Software Systeme, Springer 1996
 - Peter Liggesmeyer und Dieter Rombach: Software Engineering eingebetteter Systeme, Spektrum Akademischer Verlag 2005
 - Jean J. Labrosse: Embedded Systems Building Blocks, CMP 2000
 - Peter Marwedel: Eingebettete Systeme, Springer 2007
 - Zbigniew Michalewicz und David B. Fogel: Modern Heuristics, Springer, 2000

Lehrveranstaltungen
und Lehrformen:

Präsenzveranstaltungen:
Einführungsveranstaltung: 4 h
Vertiefende Übungen: 8 h (1 ganzer Tag)
Modulprüfung: 0,5-1 h
E-Learning:
Online-Sprechstunde: 16 h (14-tägliches Webinar)
Selbststudium: 143 h
Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h

Abschätzung des
Arbeitsaufwands:

Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 60 h
Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 112 h
Sonstiges: 7 h
Modulprüfung: 0,5-1 h
Summe: 180 h

Leistungsnachweis
und Prüfungen:

Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Aufgaben aus den Übungen erfolgreich bearbeitet hat. Die Modulprüfung erfolgt mündlich.
Die Teilnahme am Präsenztag ist verpflichtend.

Voraussetzungen
(formal):

Keine

Notenbildung:

Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung.

3 Halbleitersensoren

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | HLS |
| Englischer Titel: | Semiconductor Sensors |
| Leistungspunkte: | 5 ECTS |
| Sprache: | deutsch und englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Dott. Alberto Pasquarelli |
| Dozenten: | Dott. Alberto Pasquarelli |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Sensorik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Halbleiterbauelemente |
| Lernziele: | <p>Die Fortschritte in der Mikroelektronik und der MEMS-Technologie haben die Landschaft der Sensortechnik revolutioniert. Traditionelle voluminöse, langsame und teure Sensorsysteme konnten Dank neuer Technologien durch miniaturisierte und integrierte Smart-Sensoren auf Basis von Halbleitern ersetzt werden. Mit Hilfe der Halbleitersensoren wurden vielfältige Anwendungsbereiche erschlossen. Im Alltag begegnen wir ihnen beispielsweise in Form von Navigation- und Assistenzsystemen in Kraftfahrzeugen oder als Mikrophone, Beschleunigungssensoren, Kompass und Kameras in Mobiltelefonen. Neben der KFZ-Industrie und der mobilen Kommunikation werden Halbleitersensoren auch im Gesundheitswesen verwendet, um beispielsweise den Blutdruck oder die Körpertemperatur in Echtzeit zu erfassen. In diesem Modul werden den Teilnehmern die Grundlagen, Wirkweisen und Anwendungsbereiche verschiedener Sensoren vermittelt. Sie werden befähigt, eigenständig Sensoren zu entwickeln.</p> <p>Nach der Belegung des Moduls kennen die Teilnehmer die verschiedenen physikalischen Phänomene in den Halbleitern, welche für das Erfassen physikalischer Größen und deren Umwandlung in elektrische Signale genutzt werden, und können diese beschreiben. Sie können außerdem verschiedene Halbleiterwerkstoffe, welche für die Herstellung von Sensoren verwendet werden, benennen und ihre Reaktion unter verschiedenen Bedingungen erklären. Bei der Entwicklung eines Halbleitersensors können die Teilnehmer unter den verschiedenen Halbleiterwerkstoffen das richtige Material auswählen. Sie können Sensorbeispiele für verschiedene Messbedürfnisse berechnen. Die Teilnehmer sind in der Lage, eine Messproblematik zu analysieren, die dazu geeigneten Sensortechniken zu vergleichen und eine eigene Problemlösung zu entwickeln. Dabei können sie die Sensoreinheit dimensionieren, um die Designspezifikationen zu erfüllen.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- Einführung- Tutorium über Halbleiterphysik- Tutorium über Operationsverstärker- Grundlagen über Systemtechnik- Halbleiterbasierende Detektionsmethoden für: Strahlungen (ionisierend und nicht-ionisierend), magnetische Felder, mechanische Kräfte (Kompression, Dehnung, Biegung, Druck), Temperatur |

- Literatur:
- Sze, S.M.: Semiconductor sensors, John Wiley & Sons, 1994
 - Middelhoek S., Audet S.A., Silicon Sensors, Academic Press 1989
 - Popović R.S., Hall effect Devices, Adam Hilger, 1991
 - Vorlesungsskript

Grundlage für: Keine Angaben

Lehrveranstaltungen und Lehrformen:

Präsenzveranstaltungen:
 Einführungsveranstaltung: 4 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls)
 Vertiefende Übungen: 8 h (1 ganzer Tag)
 Modulprüfung: 2 h

E-Learning:
 Online-Gruppenarbeit: 12 h (Übungen/Projekte in Gruppen bearbeiten)
 Webinar: 16 h (Vorträge Projektergebnisse)
 Selbststudium: 104 h
 Chat zur Prüfungsvorbereitung: 4 h

Abschätzung des Arbeitsaufwands:

Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 36 h
 Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 112 h
 Modulprüfung: 2 h
 Summe: 150 h

Leistungsnachweis und Prüfungen:

Schriftliche Modulprüfung, Dauer: 2 h

Voraussetzungen (formal): Keine

Notenbildung: Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung.

4 High Frequency Microsystems

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | HFM |
| Englischer Titel: | High Frequency Microsystems |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Hermann Schumacher |
| Dozenten: | Prof. Dr.-Ing. Hermann Schumacher |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Systementwurf |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Grundlagen der Elektrotechnik, komplexe Wechselstromrechnung, Grundlagen der Analogelektronik |
| Lernziele: | Die Studierenden identifizieren unterschiedliche Einsatzgebiete für kompakte Hochfrequenz- und Mikrowellensysteme in Telekommunikation und Sensorik. Sie analysieren diese Anwendungen und ermitteln Anforderungen an die Häusungs- und Verbindungstechnik unter den speziellen Bedingungen hoher Betriebsfrequenzen. Ausgehend von einfachen Fallbeispielen erkennen sie Vor- und Nachteile von „System-on-Chip“- und „System-in-Package“-Ansätzen und identifizieren Einsatzmöglichkeiten für mikro-elektro-mechanische Komponenten in Hochfrequenz-Mikrosystemen. Abschließend evaluieren sie ein komplexes Fallbeispiel, das Schaltungstechnik, Aufbautechnik und mikromechanische Komponenten in ihrer Interaktion in Mikrosystemen betrachtet. |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- High Frequency Microsystems: Overview- Ambient Intelligence as a High Frequency Microsystem Use Scenario- Wireless Sensor Networks Scenario- Trends in the Semiconductor Industry- Semiconductor technologies for micro- and millimeter-wave ICs (MMICs)- MMIC design methodologies- Packaging Technologies for High Frequency Microsystems- Packaging and Interconnect Parasitics- Technology of Micro-Electro-Mechanical Structures for Radio Frequency Applications (RFMEMS)- RFMEMS Components- RFMEMS/BiCMOS Integration- Final Case Study: 30 GHz Active Antenna System- Virtuelles Entwurfspraktikum |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none">- S. Prasad, H. Schumacher, A. Gopinath: High Speed Electronics and Optoelectronics- G. Rebeiz: RFMEMS: Theory, Design, and Technology |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Präsenzveranstaltungen: Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls) Vertiefende Übungen: 4 h (1 halber Tag) Seminar zur Prüfungsvorbereitung: 4 h (1 halber Tag) Modulprüfung: 0,5-1 h E-Learning: Webinar: 16 h Vertiefende Übungen: 30 h Online-Gruppenarbeit: 32 h Selbststudium: 87 h Chat zur Prüfungsvorbereitung: 4 h |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 52 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 83 h Sonstiges: 44 h Modulprüfung: 0,5-1 h Summe: 180 h |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Aufgaben aus den Entwurfsübungen erfolgreich bearbeitet hat. Die Modulprüfung ist mündlich und besteht aus Erarbeitung eines Konzeptpapiers zur Entwurfsaufgabe mit Präsentation und Diskussion. |
| Voraussetzungen (formal): | Keine |
| Notenbildung: | Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung. |

5 Management-Aspects of Systems Engineering I

| | |
|---|--|
| Kürzel / Nummer: | SyE |
| Englischer Titel: | Management-Aspects of Systems Engineering I |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Deutsch/Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Michael Leute (Fa. Airbus Defence and Space) |
| Dozenten: | Michael Leute Sascha Ackva |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Management-Aspekte |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | None |

Lernziele:

Today, starting at household applications providing automation services up-to highly complex systems as the International Space Station a lot of functionality is integrated and thus systems get more and more complex. In addition, the environment a system is installed imposes constraints increasing the complexity. Those constraints could be raised by a competitive market, by already installed systems or are given by laws and regulation. Systems Engineering has developed over the decades from a capability of a few experienced senior engineers to an acknowledged profession. Systems Engineering has proven to be a key enabling factor for companies to handle and manage complexity and to ensure effective communication among all stakeholders allowing developing successful systems. The course provides the rationale and foundation for applying Systems Engineering and an introduction into the thinking of Systems Engineering. The student explains the difference of a system in comparison to its system elements. He describes the role of a systems engineer within a project organisation and his work areas. The student understands the importance of upfront analysis in order to avoid unplanned costs in later life cycle stages. He recognizes that communication, e.g. with specialist disciplines, is a fundamental element of the SE tasks. The student analyses a system completely on a specific abstraction level considering the complete life cycle before advancing into deeper details towards implementation. The student works with a wide scope overlooking all technical aspects of the whole system instead of focusing solely on a single detail. The student elicits requirements starting from the stakeholder needs, identifies possible solution architectures, performs trade studies and decomposes and allocates the requirements down the system hierarchy. He applies different techniques to validate architecture, design and requirements. The student manages the technical aspects of a system and coordinates with the specialist engineering disciplines as well as project management.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none"> - Definition of a System and Systems Engineering, System Hierarchy and Development Lifecycle - Justification and Rationale for the Systems Engineering discipline i.e. managing complexity, effective communication and common understanding - The role of the Systems Engineer - Systems Engineering Processes - Typical Reviews (Quality Gates) in the development life cycle, and their objectives - Requirements Engineering - System Architecture - Integration and Testing - Project life cycle and development models |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none"> - INCOSE Systems Engineering Handbook (ISBN 978-1-937076-02-3) - Systems Engineering, Principles and Practice, Kossiakoff et.al. |
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | <p>Präsenzveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls) Vertiefende Übungen: 12 h (2 ganze Tage) Modulprüfung: 2 h (schriftliche Prüfung) <p>E-Learning:</p> <ul style="list-style-type: none"> Webinar: 4 h Online-Vortrag: 16 h Selbststudium: 132 h Zwischentests: 8 h (Multiple-Choice) Chat zur Prüfungsvorbereitung: 4 h |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | <p>Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 38 h</p> <p>Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 140 h</p> <p>Modulprüfung: 2 h</p> <p>Summe: 180 h</p> |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | <p>Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Aufgaben aus den Übungen erfolgreich bearbeitet hat. Die Modulprüfung erfolgt schriftlich (multiple choice).</p> <p>Die Teilnahme an den beiden Präsenztagen ist verpflichtend.</p> |
| Voraussetzungen (formal): | None |
| Notenbildung: | Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung |

6 Management-Aspects of Systems Engineering II

| | |
|---|--|
| Kürzel / Nummer: | SyE |
| Englischer Titel: | Management-Aspects of Systems Engineering II |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Deutsch/Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Michael Leute (Fa. Airbus Defence and Space) |
| Dozenten: | Michael Leute Sascha Ackva |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Management-Aspekte |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Management-Aspects of Systems Engineering I |

Lernziele:

After working through this course you will be able to explain risk and opportunity management and the reasons for its application. You will describe the differences between safety and security and you will be aware of some major standards in this area and their application domain. Based on a product breakdown structure (PBS) of the system you will identify the related work for each item. Based on the work break down structure (WBS) you generate the inputs for project planning.

Reuse within product families is a major precondition to be competitive with your products in a demanding market. After working through this course you will know the basics and the methods for product family engineering, which is a beneficial approach to foster planned reuse in development projects. You will use feature models to manage system element variations and associated feature constraints.

A second focus of the course is model-based systems engineering (MBSE) enabling a more efficient and structured way to manage and design complex systems. After working through this course you will apply modelling technics and methods for analysing the problem space and for structuring the system. You will be able to explain the differences between UML and SysML and you will know the basic modelling elements of SysML. You will recognize and explain the advantages of a model based tooling compared to a simple graphical drawing tool and you will understand the SysML diagrams as a view on the model elements and their associations and relations.

At the end of the module, you will be able to use use-cases to identify major operational scenarios with the stakeholders with its required high level functions and collaboration aspects, thus allowing eliciting a concise set to stakeholder requirements. You will use SysML to structure the system and to show hierarchical relations. Furthermore, you will use SysML activity charts and state charts to model the behaviour of a system, as well as its operational modes and states.

| | |
|-------------------------------------|---|
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none"> - MBSE: <ol style="list-style-type: none"> 1. Modelling with SysML, basics and terms 2. Use Case analysis 3. Structure diagrams 4. Behaviour diagrams - Introduction to Risk and Opportunity Management - Difference between product safety, functional safety, and security. Introduction to major standards in this area. - Planning using PBS and WBS - Introduction to product family engineering and feature models |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none"> - INCOSE Systems Engineering Handbook, englisch (ISBN: 978-1-937076-02-3) - INCOSE Systems Engineering Handbuch, deutsch (http://www.gfse.org) - Systems Engineering, Principles and Practice, Kossiakoff et.al. - Practical Guide to SysML (ISBN: 978-0-128002-02-5) - Systems Engineering mit SysML/UML (ISBN: 978-3-864900-91-4) |
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | <p>Präsenzveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls) Vertiefende Übungen: 12 h (2 ganze Tage) Modulprüfung: 2 h (schriftliche Prüfung) <p>E-Learning:</p> <ul style="list-style-type: none"> Webinar: 4 h Online-Vortrag: 4 h Selbststudium: 88 h Zwischentests: 4 h (Multiple-Choice) Chat zur Prüfungsvorbereitung: 4 h Praktikumsarbeit: 60 h |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | <p>Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 18 h</p> <p>Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 100 h</p> <p>Praktikumsarbeit: 60 h</p> <p>Modulprüfung: 2 h</p> <p>Summe: 180 h</p> |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | <p>Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Aufgaben aus den Übungen erfolgreich bearbeitet hat. Die Note setzt sich zusammen aus:</p> <p>Praktikumsarbeit: 40 %</p> <p>Schriftliche Modulprüfung (multiple choice): 60 %</p> <p>Die Teilnahme an den beiden Präsenztagen ist verpflichtend.</p> |
| Voraussetzungen (formal): | None |
| Notenbildung: | Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung sowie der Praktikumsarbeit. |

7 Mixed-Signal CMOS Chip Design

| | |
|--|--|
| Kürzel / Nummer: | CCD |
| Englischer Titel: | Mixed-Signal CMOS Chip Design |
| Leistungspunkte: | 4 ECTS |
| Sprache: | English |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Maurits Ortmanns |
| Dozenten: | Dr.-Ing. Joachim Becker |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Systementwurf |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Basics of CMOS technology, analog circuit design, digital circuit design |
| Lernziele: | <p>This lecture goes along with the analog and digital CMOS circuit design lectures offered by the institute of microelectronics. In contrast to these more theoretical lectures on circuit design techniques, this lecture is focused on the implementation issues of application specific integrated circuits (ASICs). After successful pass of this course, students understand the working principles of analog and digital circuit simulation techniques. They are able to set up a node admittance matrix from a given circuit and know the working principles and applications of the three main analog simulation types: DC, AC, and transient. They understand linearization of device models and Newton-Raphson integration for solution of differential equations, update and residue criteria, and equilibrium points. Furthermore, they understand process variation and device mismatch and their influence on CMOS circuits and are able to use worst case corner modeling and statistical evaluation methods like Monte Carlo analysis for yield optimization and design centering. They can elaborate the difference between cycle-based and event-driven digital simulation techniques, including half-step simulation and time-wheel scheduling. They are able to use setup- and hold-time constraints as well as contamination- and propagation-delays for calculation of slack times in a static timing analysis and can explain the effect of clock skew and jitter on synchronous circuits. They can elaborate how table-based models and circuit-partitioning is able to significantly speed up simulations and enables mixed-signal verification. They can estimate the tradeoff between manual modeling, compiled-model interface, and coupled co-simulation for mixed-mode analyses. They understand synthesis of combinational and synchronous behavioral hardware description into generic gates. Furthermore, they are able to use the stuck-at fault-model and the D-algorithm in order to analyze testability and include boundary-scan Flip-Flops for improved testability. They know principles of placement and routing of standard-cells including min-cut algorithm, maze- and channel-routing, and layout compaction, as well as design-rule-check and layout-versus-schematic-check. They are able to build a clock-distribution network and make use of timing aware placement, as well as build a power-grid and apply I/O-cells in order to improve the reliability of digital circuits. Finally, they know various bonding-techniques and printed-circuit-board design practices in order to connect the final ASIC to other chips and measurement equipment.</p> |
| Lernziele (Fortsetzung): | <p>There is a strong emphasis on the computer aided design (CAD) support and algorithms, which are integral part of todays chip implementation. The exercises will be used to give hands-on experience with industry-standart CAD design tools.</p> |

- Inhalt:
- analog simulation
 - digital simulation
 - mixed-signal and co-simulation
 - design for reliability
 - design for testability
 - CMOS layout, floorplanning, standart-cells
 - layout parasitic extraction and verification
 - packaging and board design

- Literatur:
- Baker - CMOS : Circuit design, layout, and simulation.
 - Razavi - Design of Analog CMOS Integrated Circuits.
 - Allen, Holberg - CMOS Analog Circuit Design.
 - Sedra, Smith - Microelectronic Circuits.

- Lehrveranstaltungen und Lehrformen:
- Präsenzveranstaltungen:
 Modulprüfung: 0,5-1 h
- E-Learning:
 Webinar: 48 h
 Selbststudium: 63 h
 Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h

- Abschätzung des Arbeitsaufwands:
- Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 48 h
 Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 62 h
 Sonstiges: 9 h
 Modulprüfung: 0,5-1 h
 Summe: 120 h

- Leistungsnachweis und Prüfungen:
- Die Modulprüfung erfolgt mündlich.

- Voraussetzungen (formal):
- Keine

- Notenbildung:
- Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung.

8 Modellbildung und Identifikation

| | |
|--|--|
| Kürzel / Nummer: | Mul |
| Englischer Titel: | Modeling and identification |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Deutsch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen |
| Dozenten: | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Grundlagen der Systemtechnik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | <ul style="list-style-type: none">- Grundlagenkenntnisse der höheren Mathematik (insbesondere lineare Algebra)- Grundlagen der Regelungstechnik im Frequenz- und Zeitbereich |
| Lernziele: | <p>Im Modul werden Methoden der mathematischen Modellierung technischer Prozesse basierend auf physikalischen Prinzipien vermittelt. Ziel ist insbesondere die Fähigkeit, für den Regler- und Beobachterentwurf geeignete Modelle herzuleiten und mit Hilfe von Identifikationsverfahren zu parametrieren.</p> <p>Geeignete Beschreibungen von Systemen bilden die Grundlage vieler regelungstechnischer Methoden und werden bei der Systemanalyse über die Regelung bis hin zur modellbasierten Überwachung benötigt. Modellbasierte Verfahren eröffnen insbesondere umfassende Verbesserungsmöglichkeiten vieler bestehender industrieller Regelungen. Unabdingbare Voraussetzung dafür sind geeignete mathematische Modelle, die auf der einen Seite die wichtigsten dynamischen Effekte hinreichend genau abbilden und auf der anderen Seite eine beherrschbare Komplexität aufweisen. Ebenso wichtig ist die Bestimmung nicht für direkte Messungen zugänglicher Parameter dieser Modelle. Die für diese Aufgaben notwendigen mathematischen und systemtheoretischen Grundlagen werden im Modul vermittelt. Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, technische Systeme aus unterschiedlichen physikalischen Domänen mathematisch in ihrem dynamischen Verhalten zu beschreiben. Sie beherrschen die wichtigsten analytischen Methoden, diese Systeme geeignet zu parametrieren beziehungsweise mit Hilfe von sogenannten Blackbox-Modellen zu identifizieren. Die Studierenden können die Zusammenhänge, die zur Entwicklung optimaler Zustandsschätzer und -regler führen, erklären und die entsprechenden Methoden in der Identifikation, Schätzung und Regelung anwenden.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- Modellierung mechanischer, elektrischer und hydraulischer Systeme- Parametrische und nichtparametrische Identifikationsverfahren- Optimale Schätzverfahren und Filter (Kalman Filter) |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none">- P.E. Wellstead: Physical Systems Modelling, Academic Press, 1979- R. Isermann: Mechatronische Systeme: Grundlagen, Springer, 2002- R. Isermann: Identifikation dynamischer Systeme 1 und 2, Springer, 1992- D.G. Luenberger: Optimization by Vector Space Methods, John Wiley & Sons, 1969- A. Gelb: Applied Optimal Estimation, M.I.T. Press, 1974- A.E. Bryson, Y.-C. Ho: Applied Optimal Control, Hemisphere Publishing Corporation, 1975 |
| Grundlage für: | |

Lehrveranstaltungen
und Lehrformen:

Präsenzveranstaltungen:
Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls)
Modulprüfung: 0,5-1 h
E-Learning:
Webinar: 12 h
Online-Gruppenarbeit: 60 h
Selbststudium: 97 h
Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h

Abschätzung des
Arbeitsaufwands:

Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 40 h
Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 132 h
Sonstiges: 7 h
Modulprüfung: 0,5-1 h
Summe: 180 h

Leistungsnachweis
und Prüfungen:

Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Übungen erfolgreich absolviert hat.
Die Modulprüfung erfolgt mündlich.

Voraussetzungen
(formal):

Modul Systemtheorie und Regelungstechnik

Notenbildung:

Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung.

9 Monolithic Microwave IC Design

| | |
|--|---|
| Token / Number: | MMIC |
| English title: | Monolithic Microwave IC Design |
| Credits: | 6 ECTS |
| Language: | English |
| Turn / Duration: | every Summer Term / 1 Semester |
| Module authority: | Prof. Dr.-Ing. Hermann Schumacher |
| Training staff: | Prof. Dr.-Ing. Hermann Schumacher |
| Integration of module into courses of studies: | Sensor Systems Engineering, M.Sc., Elective Module, System Design |
| Requirements (contentual): | <ul style="list-style-type: none"> - Principles of Analog Circuit Design - Principles of Radio Frequency Engineering - Fundamental knowledge of transistor function (pHEMT, MOSFET, BJT) |
| Learning objectives: | Students recognize fundamental requirements of microwave/millimeter-wave communication systems. They review and analyze common circuit concepts and topologies, and identify those which meet the requirements. They then synthesize circuits to meet a set of requirements, and assess their functional performance using computer aided design tools, compare their results with the requirements, leading to circuit optimization. |
| Content: | <ol style="list-style-type: none"> 1. General overview of monolithic microwave IC (MMIC) design techniques 2. MMIC design tools and models 3. Substrate properties, packaging parasitics, and their impact on MMIC design 4. Fundamental building blocks: <ol style="list-style-type: none"> a) Amplifiers (low-noise, wideband, power) b) Artificial transmission lines and distributed circuit topologies c) Mixers d) Oscillators e) Frequency multipliers and dividers f) Phase shifters and vector modulators |
| Literature: | |
| Basis for: | Master thesis with MMIC design emphasis |
| Modes of learning and teaching: | <p>The subject matter is presented in a series of video lectures, as well as a script. It is then used in circuit design case studies, presented online in textual form and during webinars. Fundamental circuit blocks are also treated in practical design exercises, which will be done by course participants using Keysight ADS on the school's remote tool server.</p> <p>On-campus meetings: Demonstration lab: 6 h (1 day) Exam colloquium: 6 h (1 day)</p> <p>E-Learning: Self-Study: 62 h Webinar: 20 h Miscellaneous: 86 h</p> |

Estimation of effort:
Self-Study based on learning videos: 12 h
Self-Study: 50 h
Webinar: 20 h
Practical design exercises, incl. preparation: 36 h
Demonstration lab: 6 h
Exam preparation: 55 h
Exam: 1 h
Sum: 180 h

Course assessment and exams:
Oral exam in the form of a design review, where the student presents a design based on a paper provided 6 weeks before the exam.
For admission to the oral exam the following requirements have to be met: Participation in the practical design exercises is required for registration to the exam.
In case of hardship the candidate can write an informal request to the coordinator in order to be given admission to the exam. In case of sickness a doctor's certificate has to be submitted to the coordinator.

Requirements (formal):
no compulsory prerequisites

Grading:
The exam consists of an oral presentation (weight: 0.4) and a following discussion (weight: 0.6). The grade of the module is the grade of the exam. Credit points will be awarded after successful completion of the exam.

10 Radarsensoren

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | RS |
| Englischer Titel: | Radar sensors |
| Leistungspunkte: | 4 ECTS |
| Sprache: | Deutsch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Menzel |
| Dozenten: | Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Menzel |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Sensorik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Signale und Systeme, Felder und Wellen, Einführung in die HF-Technik |
| Lernziele: | <p>Radarsensoren werden seit vielen Jahrzehnten zur Überwachung von Flug und Schiffsverkehr sowie in diversen militärischen Systemen eingesetzt. In den letzten Jahren ist eine ganze Reihe von neuartigen Anwendungen im kommerziellen Bereich dazu gekommen, erwähnt werden sollen hier nur Radarsensoren in der Automobiltechnik oder der industriellen Messtechnik. Weitere Entwicklungen gehen in Richtung kompakt integrierter, abbildender Systeme mit immer größerem Anteil der Signalverarbeitung. Dieses Modul führt die Lernenden in die Thematik ein und lenkt den Blickpunkt auch auf neuere Entwicklungen.</p> <p>Nach der Belegung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Prinzipien der Hochfrequenztechnik und der Mikrowellentechnik zum Entwurf und der messtechnischen Überprüfung von Systemen der Funkmesstechnik (Radartechnik) anzuwenden. Sie können die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Radarsensorsysteme und deren Subsysteme sowie unterschiedliche Radiometer- und Radaranwendungen bewerten.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none"> - Ausbreitungseigenschaften von Mikrowellen in der Atmosphäre - Radiometrie - Radar mit den verschiedenen Radarverfahren, ihrer Realisierung, ihren Eigenschaften (CW-, FMCW-, Pulsradar, phasengesteuertes Radar, Beamforming, SAR) - Radarantennen |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none"> - Baur: Einführung in die Radartechnik, Teubner, 1985 - Collin: Antennas and Radiowave Propagation. McGraw-Hill, Singapore 1985 - Detlefsen: Radartechnik : Grundlagen, Bauelemente, Verfahren, Anwendungen, Springer Verlag - Huder: Einführung in die Radartechnik, Teubner, 1999 - Johnson: Antenna engineering handbook, McGraw-Hill, 1984 - Kark: Antennen und Strahlungsfelder, Vieweg, Wiesbaden, 2004 - Klausing, Holpp: Radar mit realer und synthetischer Apertur. Oldenbourg, München, Wien, 2000 - Ludloff: Handbuch Radar und Radarsignalverarbeitung, Vieweg, 1993 - Silver: Microwave antenna theory and design, Peregrinus, 1986 - Skolnik: Introduction to radar systems, McGraw-Hill , 1981 - Skolnik: Radar Handbook, McGraw-Hill, 1990 - Vohwinkel: Passive Mikrowellenradiometrie, Vieweg , 1988 |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Grundlage für: | Masterarbeiten im Bereich der Radarsensoren und -antennen |
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Präsenzveranstaltungen: Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zu Beginn des Moduls) Vertiefende Übungen: 8 h (1 ganzer Tag) Modulprüfung: 0,5-1 h E-Learning: Selbststudium: 81 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 20 h Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 80 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 39 h Modulprüfung: 0,5-1 h Summe: 120 h |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Die Modulprüfung erfolgt mündlich. |
| Voraussetzungen (formal): | Keine |
| Notenbildung: | Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung. |

11 Sensornetze

| | |
|--|--|
| Kürzel / Nummer: | WSN |
| Englischer Titel: | Wireless Sensor Networks |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr. rer. nat. Frank Kargl |
| Dozenten: | Prof. Dr. rer. nat. Frank Kargl |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Sensorik Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Systementwurf |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Grundlagen von Rechnernetzen, Betriebssystemen und Rechnerarchitekturen, Programmierkenntnisse in C oder Python |
| Lernziele: | Students can explain the essential requirements and unique challenges of wireless ad-hoc networking; they can identify differences to classical wired networks and explain them. Given specific application requirements, students are able to design simple examples of wireless sensor network systems and construct and evaluate these systems. In particular, students are able to select existing routing and data dissemination strategies and adapt or extend them to suit specific scenarios. They can describe state of the art of wireless sensor network research and seminal research works. Using the acquired methods, students independently analyze new literature in sub-domains that were not covered in the lectures. They explain fundamental concepts of security and privacy protection in WSNs, select appropriate protection mechanisms, and integrate them in system architectures. |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to Wireless Sensor Networks (WSN): requirements, applications, and examples - Hardware and software platforms for WSNs - Link-layer technologies for WSN communication - Networking protocols and data dissemination strategies - WSN security and privacy - Simulative and experimental evaluation - Related domains (e.g., vehicular ad-hoc networks, delay-tolerant networks) |
| Literatur: | |
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Präsenzveranstaltungen: Einführungsveranstaltung: 2 h Modulprüfung: 0,5-1 h E-Learning: Selbststudium: 91 h Zwischentests: 4 h Chat zur Prüfungsvorbereitung: 4 h Online-Gruppenarbeit: 64 h Webinar: 14 h |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 49 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 130 h Modulprüfung: 0,5-1 h Summe: 180 h |

Leistungsnachweis
und Prüfungen:

Die Modulprüfung erfolgt mündlich.

Voraussetzungen
(formal):

Keine

Notenbildung:

Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung.

12 Sensor Principles and Integrated Interface Circuits

| | |
|---|--|
| Kürzel / Nummer: | IIC |
| Englischer Titel: | Sensor Principles and Integrated Interface Circuits |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Jun.-Prof. Dr. Jens Anders |
| Dozenten: | Jun.-Prof. Dr. Jens Anders, Prof. Dr.-Ing. Maurits Ortmanms |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Sensorik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Grundkenntnisse in analogen integrierten Schaltungen für eine erfolgreiche Kurs- teilnahme empfehlenswert. |
| Lernziele: | <p>The students can identify the most relevant noise sources in sensors and sensor readout electronics and predict their effect on the achievable limit of detection. They can distinguish between self-generating and modulating sensors and classify different sensor types with respect to their electrical behavior. The students distinguish different readout concepts including amplitude, phase and frequency sensitive detection and apply these concepts to design example sensory systems. They can explain the advantages and disadvantages of continuous and discrete sensor readout circuits for a given application context. The students can differentiate open-loop and closed-loop readout concepts and identify the pros and cons of each approach for a given target application. The students evaluate the performance difference between absolute and difference measurement systems and their applicability for the formation of integrated circuit based sensors and sensor readouts. The students analyze and synthesize important readout circuit configurations including instrumentation amplifiers, transimpedance amplifiers and switched capacitor readout circuits. The students analyze and compare different A/D and D/A converter structures concerning their achievable performance and suitability for a given sensor application. The students can explain the concept of time-to-digital conversion and analyze common T/D converter architectures.</p> |
| Inhalt: | <ol style="list-style-type: none">1. Motivation and example sensor Applications<ul style="list-style-type: none">- Chemical sensors (pH sensors, gas sensors, ...)- Sensors for mechatronics (Hall sensors, gyroscopes, pressure sensors, ...)- Medical imaging sensors (MRI detectors, X-Ray and CT detectors, ultrasound transducers, ...)2. Noise in sensors and integrated sensor readout circuits3. Sensor types<ul style="list-style-type: none">- Self-generating vs. modulating sensors- Electrical behavior (R, L, C, I-source, V-source, etc.) |

Inhalt (Fortsetzung):

4. Readout concepts
 - Amplitude and frequency sensitive detection
 - Resonant readouts
 - Phase-sensitive detection (Lock-in amplifiers)
 - Continuous-time vs. discrete-time readout
 - Open-loop vs. closed-loop readout
 - Absolute vs. difference measurements
5. Readout circuit implementations
 - Instrumentation amplifiers
 - Transimpedance amplifiers
 - Switched-capacitor readout circuits
6. Data converters for sensor readouts
 - A/D converters
 - D/A converters
 - T/D converters

| | |
|------------|--|
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none">- P.P.L. Regtien: Measurement science for engineers. 358 p. Kogan Page Science: London ; Sterling, VA, 2004. - ISBN 1903996589- P.P.L. Regtien: Sensors for mechatronics. Elsevier: Boston, MA, 2012. - ISBN 9780123914972- B.R. Bannister: Instrumentation: Transducers and Interfacing. Springer, 2013. - ISBN 9780412342400 |
|------------|--|

| | |
|-------------------------------------|---|
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Präsenzveranstaltungen: Modulprüfung: 0,5-2 h (depending on type of exam) E-Learning: Selbststudium: 118 h Webinar: 20 h Webinarvorbereitung: 40 h |
|-------------------------------------|---|

| | |
|----------------------------------|---|
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Webinar: 60 h Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 68 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 50 h Modulprüfung: 0,5-2 h (depending on type of exam) Summe: 180 h |
|----------------------------------|---|

| | |
|----------------------------------|---|
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Attendance at the webinar (online presentation with groups of about 4 to 5 students at a time). Successful participation (attendance time: 66 %) in the webinar (attendance certificate) is a requirement for admission to the exam. Assessment will normally be in the form of an oral exam, or otherwise a written exam of 120 minutes duration. The type of the exam will be announced at the beginning of the module. |
|----------------------------------|---|

| | |
|---------------------------|-------|
| Voraussetzungen (formal): | Keine |
|---------------------------|-------|

| | |
|---------------|--------------------------------------|
| Notenbildung: | Based on the oral/written exam grade |
|---------------|--------------------------------------|

13 Signals and Systems

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | SaS |
| Englischer Titel: | Signals and Systems |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | English |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Dr. Werner Teich |
| Dozenten: | Dr. Werner Teich |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Grundlagen der Systemtechnik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Advanced Mathematics |
| Lernziele: | <p>The concepts of signals and systems are powerful tools for any engineer dealing with information bearing, measurable physical quantities. Areas of applications include, among others, communications engineering, signal processing, control engineering, and systems engineering.</p> <p>The students will be able to classify, interpret, and compare signals and systems with respect to their characteristic properties. They can explain and apply analytical and numerical methods to analyze and synthesize signals and systems in time and frequency domain. Suitable signal transformations can be chosen and calculated with the help of transformation tables. The students are able to recognize stochastic signals and analyze them based on their characteristic properties. They can calculate and interpret the influence of linear time-invariant systems on stochastic signals.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none"> - basic properties of discrete-time and continuous-time systems - z-transformation - basic properties of discrete-time and continuous-time systems - linear time-invariant systems, convolution integral - Fourier transformation, discrete Fourier transformation, Fourier series - sampling theorem - probability theory, random variables and stochastic processes - stochastic signals and linear time-invariant systems |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none"> - Alan V. Oppenheim and Alan S. Willsky: Signals and Systems, Prentice Hall 1996 - Mrinal Mandal and Amir Asif: Continuous and Discrete Time Signals and Systems, Cambridge University Press, 2007 - Athanasios Papoulis and S. Unnikrishna Pillai: Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, McGraw-Hill, 2002 - Thomas Frey und Martin Bossert: Signal- und Systemtheorie, B.G. Teubner Verlag, 2004 - Jens Ohm und Hans Dieter Lüke: Signalübertragung, Springer Verlag 2010 |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Präsenzveranstaltungen: Einführungsveranstaltung: 2 h (on-campus day at the beginning of the module) Modulprüfung: 0,5-2 h (depending of type of exam) E-Learning: Webinar: 24 h Online-Gruppenarbeit: 40 h Selbststudium: 88 h Vertiefende Übungen: 8 h Seminar zur Prüfungsvorbereitung: 8 h Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 45 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 127 h Sonstiges: 6 h Modulprüfung: 0,5-2 h (depending of type of exam) Summe: 180 h |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Oral exam or written exam with a duration of 120 min. The type of exam will be announced at the beginning of the module. |
| Voraussetzungen (formal): | None |
| Notenbildung: | Grade of the module is based on the result of the module exam. |

14 Strategisches Prozessmanagement

| | |
|--|--|
| Kürzel / Nummer: | sPM |
| Englischer Titel: | Strategic Process Management |
| Leistungspunkte: | 10 ECTS |
| Sprache: | Deutsch oder Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr. Leo Brecht |
| Dozenten: | Prof. Dr. Leo Brecht |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Management-Aspekte |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Grundlagen der BWL/Einführung in die BWL und Controlling (empfohlen) |
| Lernziele: | <p>Unternehmen unterliegen sich ändernden Marktanforderungen und müssen sich laufend anpassen können. Hierfür müssen Methoden bereitgestellt werden, die diesen permanenten Wandel unterstützen. Strategisches Prozessmanagement liefert die Grundlagen, den Werkzeugkasten, dazu. Im Modul wird eine Methode des strategischen Prozessmanagements vermittelt. Ziel ist es, die Bestandteile von Methoden kennenzulernen, Techniken anzuwenden und Lösungen für ein Fallbeispiel und das eigene Unternehmen zu entwickeln.</p> <p>Nach Abschluss des Moduls kennen die Teilnehmer die Grundlagen und Konzepte des strategischen Prozessmanagements. Sie können das Metamodell des Prozessmanagements beschreiben und auf praktische Anwendungsbeispiele anwenden. Die Teilnehmer können verschiedene Techniken zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung von Prozessen skizzieren. Sie können die Gestaltung betrieblicher Prozesse planen und darstellen, die Lenkung betrieblicher Prozesse durchführen und die Weiterentwicklung betrieblicher Prozesse konzipieren und umsetzen. Weiterhin können die Teilnehmer die Bedeutung von Technologien für die Entwicklung neuer Lösungen erläutern und Aktivitäten zur Durchführung des Prozessmanagements beschreiben. Die erworbenen Kenntnisse werden anhand eines Fallbeispiels vertieft und im Rahmen einer Projektarbeit für das eigene Unternehmen angewandt.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- Einführung- Grundlagen (Begriffe und Anforderungen)- Bestehende Konzepte zum prozessorientierten Management- Metamodell des Prozessmanagements- Prozessgestaltung (radikale Neudefinition betrieblicher Prozesse) und Anwendungsbeispiele- Prozesslenkung (Führung betrieblicher Prozesse durch Messung) und Anwendungsbeispiele- Prozessentwicklung (Innovationen in Prozessen) und Anwendungsbeispiele- Technologie als Enabler für neue Lösungen- Aktivitäten zur Durchführung des Prozessmanagements- Techniken zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung- Anwendungsbeispiele aus der Industrie- Ausblick auf weitere Themen |

- Literatur:
- Brecht, L. (2000): Process Leadership: Methode des informationssystemgestützten Prozessmanagements, Kovac Verlag
 - Best, E.; Weth, M. (2007): Geschäftsprozesse optimieren, 2. Auflage, Gabler Verlag
 - Weiterführende Literatur ist im Skript aufgelistet

Grundlage für: alle Schwerpunkte

Lehrveranstaltungen und Lehrformen:

Präsenzveranstaltungen:
 Einführungsveranstaltung: 8 h (1 ganzer Tag)
 Vertiefende Übungen: 16 h (2 ganze Tage)
 Modulprüfung: 0,5-2 h

E-Learning:
 Online-Gruppenarbeit: 60 h
 Selbststudium: 90 h
 Chat zur Prüfungsvorbereitung: 4 h

Projektarbeit:
 Vorbesprechung und Festlegung des Themas: 5 h
 Einarbeitung und Literaturrecherche: 25 h
 Anwendung: 50 h
 Verfassen und Korrekturlesen der Arbeit: 40 h

Abschätzung des Arbeitsaufwands:

Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 104 h
 Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 182 h
 Sonstiges: 12 h
 Modulprüfung: 0,5-2 h
 Summe: 300 h

Leistungsnachweis und Prüfungen:

Für die Zulassung zur Modulprüfung (Klausur/mündl. Prüfung und Projektarbeit (Bearbeitungsdauer 8 Wochen)) sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:
 Teilnahme an mindestens 2 Präsenztagen
 Bearbeitung von als verpflichtend angegebenen Onlineinhalten

In Härtefällen kann ein formloser Antrag auf Zulassung zur Prüfung beim Modulverantwortlichen gestellt werden. Bei Krankheit ist dem Modulverantwortlichen ein ärztliches Attest vorzulegen.

Die jeweilige Prüfungsform wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Voraussetzungen (formal): Keine

Notenbildung: Die Modulnote ergibt sich aus dem Ergebnis der schriftlichen Prüfung (60%) und aus dem Ergebnis der Projektarbeit (40%).

15 Systemtechnik

| | |
|--|---|
| Kürzel / Nummer: | SyT |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Deutsch |
| Turnus / Dauer: | jedes Sommersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Jian Xie |
| Dozenten: | Prof. Dr.-Ing. Jian Xie |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Grundlagen der Systemtechnik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | <ul style="list-style-type: none"> - Berechnung von Gleichstrom- und Wechselstromkreisen - Grundkenntnisse über elektronische Bauelemente und Schaltungen |
| Lernziele: | <p>Der Erfolg eines Unternehmens hängt immer mehr von der Fähigkeit ab, komplexe und interdisziplinäre Projekte erfolgreich zu gestalten. Die Systemtechnik beschreibt Methoden, Strategien und Vorgehensweisen zur Abwicklung von solchen komplexen Vorhaben. Durch die Belegung dieses Moduls werden die Studierenden dazu befähigt, Projekte effizient und zielgerichtet zu planen, zu steuern und abzuwickeln.</p> <p>Die Studierenden können Grundbegriffe der Systemtechnik beschreiben, Denksätze darstellen und anwenden sowie alternative Vorgehensmodelle skizzieren. Sie lernen Betrachtungsweisen, Techniken und Vorgehensschritte für die Situationsanalyse, Zielformulierung, Synthese-Analyse sowie Bewertung und Entscheidung kennen und anwenden. Sie können Aufgaben und Inhalte verschiedener Projektphasen benennen und beschreiben sowie Projektorganisationen klassifizieren, vergleichen, analysieren und einsetzen, die Einsatzgebiete verschiedener Projektorganisationen darstellen und Hilfsmittel wie Organigramme, Netzpläne, Ressourcenpläne oder Fortschrittspläne anwenden.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none"> - Kennenlernen von Denkweisen, Methoden und Hilfsmitteln der Systemtechnik - Philosophie der Systemtechnik mit Grundbegriffen und Anwendung - Vorgehensmodelle wie Top Down, Variantenbildung, Phasengliederung, Problemlösungszyklus - Systemgestaltung mit Verfahren wie Situationsanalyse, Zielformulierung, Synthese-Analyse, Bewertung und Entscheidung - Projektmanagement mit Schwerpunkten wie Projektphasen, Organisationen, Methoden und Hilfsmitteln - Gruppenübung zu einem Entwicklungsprojekt |
| Literatur: | <ul style="list-style-type: none"> - Haberfellner/Nagel: Systems Engineering, Verlag Industrielle Organisation Zürich |
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | <p>Präsenzveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zum Beginn des Moduls) Seminar zur Prüfungsvorbereitung: 4 h (1 halber Tag) Modulprüfung: 0,5-1 h <p>E-Learning:</p> <ul style="list-style-type: none"> Webinar: 8 h Online-Gruppenarbeit: 60 h Selbststudium: 97 h Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h |

| | |
|----------------------------------|---|
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 42 h Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 132 h Sonstiges: 5 h Modulprüfung: 0,5-1 h Summe: 180 h |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Aufgaben aus den Übungen erfolgreich bearbeitet hat. Die Modulprüfung erfolgt mündlich. |
| Voraussetzungen (formal): | Keine |
| Notenbildung: | Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung. |

16 Systemtheorie und Regelungstechnik

| | |
|--|--|
| Kürzel / Nummer: | SuR |
| Englischer Titel: | Systems theory and automatic control |
| Leistungspunkte: | 6 ECTS |
| Sprache: | Deutsch |
| Turnus / Dauer: | jedes Wintersemester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen |
| Dozenten: | Prof. Dr.-Ing. Knut Graichen |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Wahlpflichtmodul, Grundlagen der Systemtechnik |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | <ul style="list-style-type: none">- Grundlagenkenntnisse der höheren Mathematik (insbesondere lineare Algebra)- Beschreibung linearer, zeitinvarianter Systeme (LTI) im Frequenzbereich, Laplace-Transformation, Analyse von LTI-Systemen (Bode-/Nyquist-Diagramm)- Grundlagen der Regelungstechnik im Frequenzbereich, Entwurfsverfahren für lineare zeitinvariante Systeme im Frequenzbereich |
| Lernziele: | <p>Im Modul werden vertiefte Kenntnisse der Regelungstechnik im Zeitbereich vermittelt. Ziel ist insbesondere die Beherrschung von Methoden zur modellbasierten Regelung von linearen Systemen und in Grundzügen von nichtlinearen Systemen.</p> <p>In zunehmendem Maße verschärfte Anforderungen an Sicherheit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit technischer Produkte und Produktionsanlagen erfordern den Einsatz moderner automatisierungs- und regelungstechnischer Methoden. Insbesondere im Bereich der Regelungstechnik stoßen einfache und meist heuristisch entworfene Regelungen sehr schnell an ihre Grenzen. Der systematische Entwurf modellbasierter Regelungen im Zeitbereich erlaubt insbesondere auch die Berücksichtigung von Nichtlinearitäten und hat somit das Potential, signifikante Verbesserungen bestehender Regelungsergebnisse zu erzielen. Die dafür notwendigen mathematischen und systemtheoretischen Grundlagen sowie konkrete Entwurfsmethoden werden im Modul vermittelt.</p> <p>Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, lineare zeitkontinuierliche Systeme im Zeitbereich zu untersuchen und entsprechend ihrer systemtheoretischen Eigenschaften einzuordnen. Sie können die wichtigsten Methoden zum Entwurf von Regelungen im Zeitbereich anwenden. Nach Belegung des Moduls kennen die Studierende zudem einige für die Regelung nichtlinearer Systeme geeignete Methoden und beherrschen deren Einsatz.</p> |
| Inhalt: | <ul style="list-style-type: none">- Lineare und nichtlineare zeitkontinuierliche Systeme im Zustandsraum, Linearisierung und allgemeine Lösung linearer Zustandsdifferentialgleichungen- Strukturelle Eigenschaften linearer zeitkontinuierlicher Systeme im Zustandsraum (Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit)- Entwurf von Zustandsreglern und Zustandsbeobachtern für lineare Systeme- Analyse von nichtlinearen Systemen (Stabilität nach Lyapunov)- Steuerung und Regelung nichtlinearer Systeme |

- Literatur:
- J. Lunze: Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen. 4 Auflage Springer-Verlag, Berlin, 2006
 - J. Lunze: Regelungstechnik 2: Mehrgrößensysteme, Digitale Regelung. Springer-Verlag, Berlin, 2004
 - T. Kailath: Linear Systems. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1980
 - W.J. Rugh: Linear System Theory, Prentice Hall, 1996
 - H.K. Khalil. Nonlinear Systems. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2002
 - S. Sastry. Nonlinear Systems. Springer, New York, 1999
 - A. Isidori. Nonlinear Control Systems. Springer, Berlin, 3rd edition, 1995

Grundlage für:

Lehrveranstaltungen
und Lehrformen:

Präsenzveranstaltungen:

Einführungsveranstaltung: 2 h (Präsenztag zum Beginn des Moduls)

Modulprüfung: 0,5-1 h

E-Learning:

Webinar: 4 h

Online-Gruppenarbeit: 68 h

Selbststudium: 97 h

Chat zur Prüfungsvorbereitung: 8 h

Abschätzung des
Arbeitsaufwands:

Vermittlung des Unterrichtsstoffs: 40 h

Vor- und Nachbereitung, Übungen, Anwendung: 132 h

Sonstiges: 7 h

Modulprüfung: 0,5-1 h

Summe: 180 h

Leistungsnachweis
und Prüfungen:

Zur Modulprüfung wird zugelassen, wer die Übungen erfolgreich absolviert hat.
Die Modulprüfung erfolgt mündlich.

Voraussetzungen
(formal):

keine

Notenbildung:

Die Modulnote ergibt sich aus der Modulprüfung.

17 Masterarbeit

| | |
|--|--|
| Kürzel / Nummer: | MA |
| Englischer Titel: | Master's Thesis |
| Leistungspunkte: | 30 ECTS |
| Sprache: | Deutsch/Englisch |
| Turnus / Dauer: | jedes Semester / 1 Semester |
| Modulverantwortlicher: | Prof. Dr.-Ing. Hermann Schumacher |
| Dozenten: | Erstbetreuer der Masterarbeit |
| Einordnung des Moduls in Studiengänge: | Sensorsystemtechnik, M.Sc., Pflichtmodul, Masterarbeit |
| Voraussetzungen (inhaltlich): | Wünschenswert ist es, grundlegende Module aus dem Gebiet der Masterarbeit belegt zu haben. |
| Lernziele: | Selbstständiges Einarbeiten und wissenschaftlich methodische Bearbeitung eines für die Sensorsystemtechnik relevanten Themas. Erwerb der Fähigkeiten, komplexe Fragestellungen der Ingenieurwissenschaften unter Anwendung des erlernten Fachwissens sowie bekannter wissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens selbständig zu bearbeiten, in Form einer Ausarbeitung darzustellen und vor sachkundigem Publikum verständlich zu präsentieren. Erlernen von Schlüsselqualifikationen wie Management eines eigenen Projekts, Präsentationstechnik und Verfeinerung der rhetorischen Fähigkeiten. |
| Inhalt: | Abhängig von der konkreten Themenstellung. |
| Literatur: | Abhängig von der konkreten Themenstellung. |
| Lehrveranstaltungen und Lehrformen: | Masterarbeit Wahl eines geeigneten Themas an einem der Institute der Ingenieurwissenschaften (Dozenten der Ingenieurwissenschaften) |
| Abschätzung des Arbeitsaufwands: | Präsenzzeit: 10 h Summe: 900 h |
| Leistungsnachweis und Prüfungen: | Schriftliche Ausarbeitung und Abschlussvortrag. |
| Voraussetzungen (formal): | keine |
| Notenbildung: | Die Modulnote wird gemäß Prüfungsordnung gebildet. |