



# Modulbeschreibung

## M.Sc. Embedded Systems Engineering PO19

Stand: November 2022

# Modul- und Veranstaltungsverzeichnis

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Advanced Mobile Communications			
<b>Course title English</b>			
Advanced Mobile Communications			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
5	WS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Vorlesung zeigt die aktuellen Forschungsgebiete des Lehrstuhls für Kommunikationstechnik. Die Vorlesung gliedert sich demgemäß in folgende Kapitel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abtastung und ideale Signalrekonstruktion</li> <li>- Moderne Kanalcodierung (z.B. LDPC-Codes, Turbo-Codierung)</li> <li>- Mehrträgertechnik (z.B. OFDM)</li> <li>- Mehrantennentechnik (z.B. MIMO)</li> </ul>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verständnis der Struktur moderner drahtloser Nachrichtensysteme</li> <li>2. Kennenlernen aktueller Forschungsgebiete in der drahtlosen Nachrichtentechnik</li> </ol>

<b>Description / Content English</b>
<p>The lecture discusses the current R&amp;D projects carried out by the Department of Communication Technologies. The lecture comprises the following subject areas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sampling and Ideal Signal Reconstruction</li> <li>- Modern Channel Coding (e.g. LDPC Codes, Turbo Codes)</li> <li>- Multicarrier Techniques (e.g. OFDM)</li> <li>- Multiple Antenna Techniques (e.g. MIMO)</li> </ul>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Understanding the structure of modern wireless communication systems</li> <li>2) Understanding principles of state-of-the art R&amp;D topics</li> </ol>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- P. Jung: Analyse und Entwurf digitaler Mobilfunksysteme. Stuttgart: Teubner, 1997.</li> <li>- F. Jondral: Nachrichtensysteme. Weil der Stadt: Schlembach, 2001.</li> <li>- J.G. Proakis, M. Salehi: Grundlagen der Kommunikationstechnik. Boston: Pearson, 2004.</li> <li>- A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer, J.R. Buck: Zeitdiskrete Signalverarbeitung, 2. Aufl., Boston: Pearson, 2004.</li> <li>- J.-R. Ohm, H.D. Lüke: Signalübertragung. 8. Aufl., Berlin: Springer, 2002.</li> <li>- K.D. Kammeyer, V. Kühn: MATLAB in der Nachrichtentechnik. Weil der Stadt: Schlembach, 2001.</li> <li>- B. Meffert, O. Hochmuth: Werkzeuge der Signalverarbeitung. München: Pearson, 2004.</li> <li>- M. Wuschke: UMTS. Stuttgart: Teubner, 2003.</li> <li>- B. Walke, M.P. Althoff, P. Seidenberg: UMTS - Ein Kurs. Weil der Stadt: Schlembach, 2001.</li> </ul>

- T. Giebel: Grundlagen der CMOS-Technologie. Stuttgart: Teubner, 2001.
- M. Werner: Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB. 2. Aufl., Wiesbaden: Vieweg, 2003.
- M.G. Di Benedetto, G. Giancola: Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2004.
- N. Dahnoun: Digital Signal Processing Implementation using the TMS 320C6000 DSP Platform. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.
- P.S.R. Diniz, E.A.B. da Silva, S.L. Netto: Digital Signal Processing. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- S. Lin, D. Costello: Error Control Coding. 2. Aufl., Boston: Pearson, 2004.
- R.E. Blahut: Algebraic Codes for Data Transmission. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- A.S. Tanenbaum: Computer Networks. 4. Aufl. Boston: Pearson, 2003.
- X. Wang, H.V. Poor: Wireless Communication Systems. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2004.
- T.H. Lee: The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- S. Verdu: Multiuser Detection. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- E. G. Larsson, P. Stoica: Space-Time Block Coding for Wireless Communications. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- A. Paulraj, R. Nabar, D. Gore: Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- H.P.E. Stern, S.A. Mahmoud: Communication Systems. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2004.
- J.H. McClellan, R.W. Schafer, M.A. Yoder: Signal Processing First. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.
- V.F. Fusco: Foundations of Antenna Theory and Techniques. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005.

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Automobilelektronik</b>			
<b>Course title English</b>			
Automotive Electronics			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	SS	Deutsch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Elektronik spielt im Automobil heute schon eine überragende Rolle. Kaum eine Innovation der letzten 30 Jahre wäre ohne Elektronik vorstellbar. Mit den aufkommenden Hybrid- und Elektrofahrzeugen wird die Bedeutung der Automobilelektronik nochmals deutlich zulegen. Die Vorlesung illustriert dies anhand diverser Beispiele, wobei die vier großen Anwendungsfelder der Automobil-Elektronik (Antrieb, Sicherheit, Komfort und Infotainment) berücksichtigt werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Zusätzlich werden im Rahmen der Vorlesung die Kompetenzen angesprochen, die in den einzelnen Pflichtveranstaltungen des Moduls Elektrotechnik vermittelt werden. Weiterhin wird die Vorlesung diverse Schaltungs- und Systemkonzepte vorstellen, auf den Entwicklungsablauf und die zugehörige Methodik eingehen, die Abhängigkeiten von Elektronik, Mechanik und Software im Auto illustrieren, besonderen Wert auf die Randbedingungen des industriellen Umfeldes legen. Die Übung zur Vorlesung ist als Konzeptstudie ausgestaltet, und beschäftigt sich mit der Elektrifizierung des Antriebs eines klassischen Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kennen die grundlegenden Komponenten der automotiven Elektronik und die Architekturen der aus diesen Komponenten entwickelten Steuergeräte und Systeme.</li> <li>- verstehen die Automobilelektronik als Teil eines heterogenen Gesamtsystems mit einer Vielzahl von Domänen (Digitalelektronik, Analogelektronik, Software, Mechanik, Thermik, etc.)</li> <li>- gewinnen einen Überblick über die Strukturen der Automobilindustrie und die Formen der Kooperation entlang der Wertschöpfungskette.</li> </ul>

<b>Description / Content English</b>
<p>Electronics today already plays a major role in the automotive arena. Almost all innovations in the last 30 years depend on the availability of suitable electronics. With the upcoming hybrid and electric cars, the prevalence of electronics in cars will even rise. The lecture illustrates this through a plethora of examples, taking into account the four major application fields (propulsion, safety, comfort and infotainment). Here, a special focus is put on hybrid and electric cars. Moreover, the lecture shows a variety of circuit and systems concepts, covers the design flow and the underlying methodology, elaborates on the dependencies between electronics, mechanics and software, puts a special emphasis on how this works out in an industrial environment. The exercise is dealing with a concept study and covers the electrification of the drive train of a classical car with combustion engine.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- know the basic components of automotive electronics and the architectures of the electronic control units and automotive systems built thereof</li> </ul>

- understand the automotive electronics as a constituent of a heterogenous system comprising multiple domains (digital electronics, analog electronics, software, mechanics, thermal etc.)
- get a general idea on the automotive industry and the forms of cooperation along the value chain .

### **Literatur**

- [1] Ronald K. Jurgen, Automotive Electronics Handbook, McGraw-Hill
- [2] Richard Stone, Jeffrey K. Bell, Automotive Engineering Fundamentals, SAE International
- [3] Bosch - Kraftfahrtechnischen Taschenbuch, Vieweg
- [4] Georg Pelz, Mechatronic Systems - Modelling and Simulations with HDLs, Wiley

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Bildsignaltechnik</b>			
<b>Course title English</b>			
Image Signals Technology			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Grundlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Größen und Einheiten der Lichttechnik</li> <li>- Prinzip der elektronischen Bildaufnahme, Übertragung und Wiedergabe</li> <li>- Grenzen des menschlichen Gesichtssinns</li> <li>- Nutzung der Grenzen des Gesichtssinns zur Irrelevanzreduktion</li> </ul> <p>Lineare Bildverzerrungen durch Abtast- und Wiedergabeorgane  Die Fourier-Transformation zwei- und mehrdimensionaler Signale  Die zwei- und mehrdimensionale Abtastung  Das Videosignal  Farbmetrik</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Verständnis von mehrdimensionalen Signalen am Beispiel von Bildsignalen. Fähigkeit mit Bildsignalen zu rechnen, grundlegende Effekte zu erkennen und mit mehrdimensionalen Signalen im zeit- und Frequenzbereich umzugehen. Fähigkeit Übertragungssysteme für Farbbildsignale weiter zu entwickeln und dimensionieren.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>Fundamentals</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Units and quantities of photometry</li> <li>- Principle of the electronic image recording, transmission and reproduction</li> <li>- Limits of the human visual system</li> <li>- The use of limits of the human visual system for irrelevancy reduction</li> </ul> <p>Linear image distortions by detection and reproduction devices  The Fourier-Transformation of two- and multidimensional signals  The two- and multidimensional sampling  The videosignal  Colourimetry</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>Understanding of multidimensional signals using the example of image signals. Ability to calculate with image signals, to recognize basic effects and to deal with multi-dimensional signals in time and frequency domains. Ability to do development and dimensioning on the field of color image signal transmission systems.</p>

<b>Literatur</b>
<p>- Bernath, K.W.: Grundlagen der Fernseh-System und Schaltungstechnik, Verlag: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg ... 1982</p>

- Bernath, K.W.: Technik des Fernsehens, Verlag: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg ... 1986
- Dillenburger, W.: Einführung in die Fernsehtechnik, Band 1 und 2, Verlag: Schiele & Schön, Berlin 1975
- Lang, Heinwig : Farbmatrik und Farbfernsehen, Verlag: Oldenbourg, München 1978
- Mäusl, Rudolf : Fernsehtechnik, Verlag: Hüthig, Heidelberg 1991
- Morgenstern, B.: Farbfernsehtechnik, Verlag: Teubner, Stuttgart 1989
- Richter, Manfred : Einführung in die Farbmatrik, Verlag: deGruyter, 1981
- Schönfelder, H.: Fernsehtechnik Teil 1 und 2, Verlag: Justus von Liebig Verlag, Darmstadt 1973
- Schröder, H.: Mehrdimensionale Signalverarbeitung, Verlag: B.G. Teubner, Stuttgart 1998
- Schröter, F.; Theile, R.; Wendt, G.: Fernsehtechnik, 1.Teil, 2.Teil, Verlag: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg ... 1956
- Telefunken, verschiedene Autoren: Farbfernsehtechnik, Band I und II, Verlag: Elitera, Berlin 1973
- Theile, R.: Fernsehtechnik Band 1, Verlag: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg ... 1973
- Welland, K.: Farbfernsehen, Verlag: Franzis-Verlag, München 1966
- Wendland, Broder : Fernsehtechnik Band 1: Grundlagen, Verlag: Hüthig, Heidelberg 1988
- Wendland, Broder; Schröder, Hartmut : Fernsehtechnik Band 2, Verlag: Hüthig, Heidelberg 1991
- Cattermole, Kenneth W.: Determinate theory of signals and waves 1985
- Papoulis, Athanasios: Systems and transforms with applications in optics, Verlag: McGraw-Hill, New York 1968
- Dudgeon, Dan E.: Multidimensional digital signal processing, Verlag: Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1984
- Crochiere, Ronald E., Lawrence, Rabiner: Multirate digital signal processing, Verlag: Prentice Hall, Englewood Cliffs 1983

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Digitale Schaltungstechnik</b>			
<b>Course title English</b>			
Digital Circuit Technology			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	WS	Deutsch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Vorlesung und Übung bietet eine Einführung in die Thematik der digitalen Integrierten Schaltungen (IC's). Es werden Informationen zur Herstellung von CMOS Schaltungen vermittelt und einfache CMOS Gatterschaltungen wie z. B. Inverter behandelt. Ferner werden wichtige Eigenschaften von digitalen Schaltungen wie Verzögerungszeiten, Störabstand oder Leistungsaufnahme erläutert. Es werden statische und dynamische Gatter, sowie diverse Schaltungsrealisierungen in sequentieller oder kombinatorischer Logik, unter besonderer Berücksichtigung des Timing-Verhaltens, besprochen. Diese neu zu erwerbenden Kenntnisse bilden dann die Grundlage für das Verständnis von komplexeren Arithmetik- und Speicher-Bauelementen.</p> <p>Ein abschließendes Kapitel widmet sich den FPGAs. Ihre Architektur wird vorgestellt und die Vorgehensweise bei der Schaltungsimplementierung anhand von einigen Beispielen vermittelt.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Der Student hat umfassende Kenntnisse in der digitalen Schaltungstechnik erlangt. Er kennt Standardzellen und deren Designprozess durch Stickdiagramme. Er ist nun in der Lage digitale Schaltungen auf Chip-Ebene zu entwerfen und diese hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu analysieren.</p> <p>Der Student kennt die Architektur von FPGA Bausteinen und weiß wie logische Schaltungen in diesem implementiert werden.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>This lecture and the appendant exercise will give an introduction to the topic of digital Integrated Circuits (IC). Manufacturing processes of CMOS devices and simple circuits using CMOS gates (e.g. Inverter) will be discussed. Additionally, important characteristics of digital circuits (e.g. delays, noise margin and power consumption) will be explained. In consideration of timing characteristics, static and dynamic gates as well as various circuits in sequential and combinational logic will be illustrated. This knowledge will be needed to understand more complex circuits which are used to develop memories or arithmetic operations.</p> <p>The last chapter will introduce to FPGA's by explaining its architecture and presenting several examples of circuit implementation.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>The student will have extended knowledge in the topic of digital circuits. He knows standard cells and their design processes using stick diagrams. He is able to develop digital circuits on chip level and to analyse its characteristics.</p> <p>The student knows the architecture of FPGA devices and is able to implement logic circuits into it.</p>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- J. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic: "Digital Integrated Circuits", Prentice Hall</li> <li>- N. Weste, K. Eshnagian: "Principles of VLSI design", Addison Wiley</li> </ul>



- N. H. E. Weste, D. Harris: "CMOS VLSI Design", 3. Auflage, Pearson Addison Wesley

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Distributed Systems</b>			
<b>Course title English</b>			
Distributed Systems			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
6	WS	Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
3	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Vorlesung befasst sich mit den grundlegenden Konzepten und Protokollen für verteilte Systeme.</p> <p>Die Vorlesung beginnt mit Grundlagen zur verteilten Kommunikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Serialisierung (ASN.1, CORBA XDR, SOAP)</li> <li>- Remote Procedure Calls</li> <li>- Verteilte Objekte</li> </ul> <p>und widmet sich dann wichtigen Basisalgorithmen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physikalische Uhren</li> <li>- Logische Uhren</li> <li>- Transaktionen</li> <li>- Synchronisation</li> <li>- Replikation und Konsistenz</li> <li>- Globaler Zustand</li> </ul>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen, Protokolle, Algorithmen und Architekturen Verteilter Systeme und können diese anwenden.

<b>Description / Content English</b>
<p>The lecture presents important concepts and protocols for distributed systems.</p> <p>The lecture starts with principles of distributed communication:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Data serialization (ASN.1, CORBA XDR, SOAP)</li> <li>- Remote procedure calls</li> <li>- Distributed objects</li> </ul> <p>The second part of the lecture presents important and often used distributed algorithms:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physical clocks</li> <li>- Logical clocks</li> <li>- Transactions</li> <li>- Synchronisation</li> <li>- Replication and consistency</li> <li>- Global state</li> </ul>
<b>Learning objectives / skills English</b>

The students know the principles, protocols, algorithms and architecture of distributed systems are able to apply these to real word problems.

### Literatur

- 1 Coulouris/Dollimore/Kindberg: Distributed Systems - Concepts and Design, Addison-Wesley 2001 (3rd edition).
- 2 Tannenbaum/van Steen: Distributed Systems - Principles and Paradigms, Prentice Hall 2002.
- 3 Borghoff/Schlichter: Rechnergestützte Gruppenarbeit (in German), Springer 1998.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Entwurf digitaler Systeme für FPGAs Praktikum****Course title English**

Design of Digital Systems for FPGA Lab

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		3	

**Prüfungsleistung**

Die Endnote setzt sich aus folgenden Teilleistungen zusammen:

Praktischer Teil:

- erfolgreich absolvierte Praktikumstermine
- Vorbereitungsaufgaben

Schriftlicher Teil:

- 90min Klausur

Das gesamte Praktikum gilt nur als bestanden, wenn jede einzelne Teilleistung erfolgreich bestanden wurde.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Ein FPGA (Field Programmable Gate Array) stellt ein sehr mächtiges Tool in den Händen von Entwicklern dar. Es beinhaltet logische Gatter und FlipFlops, die mit Hilfe einer Hardwarebeschreibungssprache, z.B. Verilog oder VHDL miteinander verschaltet werden können, um so individuelle digitale Logik zu realisieren. Hierbei können einfache Logikfunktionen, komplexere Module (UART, SPI, I2C, etc.), bis hin zu komplexen Gesamtsystemen wie Mikrocontrollern, Mikroprozessoren und GPU's erzeugt werden. Durch hohe Clockfrequenzen von z.B. 400 MHz kann eine hohe Datenverarbeitung erreicht werden. Ihre Wiederbeschreibbar- und somit Wiederverwendbarkeit stellt einen weiteren Vorteil dieser Bauteile dar.

In diesem Praktikum werden Sie an die Nutzung von FPGA's herangeführt. Hierfür werden Sie in den einzelnen Terminen Lösungen zum Thema in der Hardwarebeschreibungssprache Verilog programmieren und auf einem FPGA-Board testen. Als FPGA-Board wird das „Genesys Board“ mit einem Xilinx Virtex 5 Chip eingesetzt.

Eine Einführung in die Sprache Verilog erfolgt am ersten Veranstaltungstermin. Eine weitere Vertiefung der Sprache ist aber darüber hinaus erforderlich um die Aufgaben erfolgreich umzusetzen. Zugehörige Literatur kann aus der Bibliothek BA bezogen werden.

Inhalte der einzelnen Versuchsmodule:

1. Einführung in das ISE Xilinx Entwicklungstool / Einführung Verilog
2. Entwicklung eines Taktteilers
3. Ansteuerung einer Sieben-Segmentanzeige
4. Ansteuerung eines LCD-Moduls
5. Entwicklung eines UART-Moduls
6. Entwicklung eines SPI-Controllers und Ansteuerung eines Beschleunigungssensors

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Der Student hat die Grundlagen von Verilog erlernt. Er versteht das Konzept von kombinatorischen und sequenziellen Schaltungstechniken. State-Maschinen können realisiert werden um komplexe Steuerungsaufgaben zu lösen. Das Designtool ISE Xilinx kann bedient und das erstellte Programm auf einem FPGA-Board getestet werden.

**Description / Content English**

A FPGA (Field Programmable Gate Array) is a useful and powerful tool for developing digital circuits. It contains logic gates and flip-flops, which can be combined by using a hardware description language like Verilog or VHDL for creating various individual digital logic circuits. It can be utilized to generate from small, simple to complex modules (UART, SPI, I2C, etc.) and further to complex systems like microcontrollers, microprocessors and GPU. Its high clock frequencies (400 MHz) in combination to parallel processing of a system can be used to achieve high data processing.

Another benefit is the ability to rewrite and reuse the FPGA for different projects.

In this lab you get familiar with the usage of FPGAs. You will use the hardware description language Verilog to create possible solutions for each lab and test it on a FPGA board. The hardware is a 'Genesys Board' including a Xilinx Virtex 5 chip.

The Labs will start with a short introduction to Verilog. For further steps the student is asked to consult the given literatures. The books can be borrowed from BA Library.

Content of the labs:

1. Introduction to the ISE Xilinx Tool/Introduction to Verilog
2. Create a clock-divider
3. Controlling a 7-seg Display
4. Controlling a LCD-module
5. Create a UART-Module
6. Create a SPI-controller and read out of an acceleration sensor

**Learning objectives / skills English**

The student is familiar with the basics of Verilog. He understands the concepts of combinational and sequential logic. State-machines can be created and used for complex controlling problems. He can handle the ISE Xilinx design-tool and test the written program on an FPGA-Board.

**Literatur**

1. Advanced FPGA Design, S Kilitz
2. Verilog by example, B. C. Readler

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Global Engineering</b>			
<b>Course title English</b>			
Global Engineering			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
3	WS	Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2			
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Der „Globale“ Ingenieur arbeitet in einem weltweit agierenden Unternehmen und ist in der Regel Teil eines multikulturell, zusammengesetzten Teams. Dabei bedient er sich moderner Informations- und Kommunikationstechnologie und spezieller Werkzeuge zur Unterstützung der Gruppenarbeit. Diese Vorlesung startet mit einer Einleitung in der zunächst die „Grundzüge des „Global Engineering“ vorgestellt werden. Darüber hinaus wird „Global Engineering unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet:</p> <p>Part1: Aspekte des Arbeitens in globalen Teams werden vor dem Hintergrund des Einsatzes in einem virtuellen, multikulturellen Team diskutiert. Darüber hinaus werden verschiedene Teamstrukturen und Maßnahmen zur Projektplanung verteilter Projekte vorgestellt. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Kommunikation innerhalb virtueller Teams.</p> <p>Part 2: CSCW; In diesem Teil der Vorlesung werden Werkzeuge und Systeme zur Unterstützung des globalen Ingenieurs vorgestellt. Groupware-Architekturen und –Benutzerschnittstellen werden ebenso besprochen wie Methoden zur Nebenläufigkeitskontrolle verteilter Systeme.</p> <p>Part 3: Ausgewählte Themen in „Global Engineering“ behandelt aktuelle Entwicklungen in der Forschung und Entwicklung sowie im speziellen Anwendungskontext; wie z.B. Industrie 4.0, das Internet der Dinge, Cloud Computing oder Telemedizin als Anwendungsgebiet.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Studierenden verstehen die besonderen Anforderungen an einen „globalen Ingenieur“ und das Arbeiten in multikulturellen Teams. Sie kennen die Grundkonzepte der rechnergestützten Gruppenarbeit und sind sie in der Lage den Einsatz von Groupware im Zusammenhang mit nicht technischen Aspekten wie den der interkulturellen Kommunikation kritisch zu hinterfragen und ihr Wissen in die Konzeption einer technischen Umgebung einzubringen.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The global engineer is working in a global acting company as part of a multicultural team. In doing so, he uses modern information and communication technology and special tools to support group work.</p> <p>This lecture starts with an introduction to global engineering as well as a discussion of the requirements for a global engineer. Apart from this introduction the lecture discusses global engineering under different aspects:</p> <p>Part1: Aspects of working in global teams; looks at the global engineer as a member in a virtual, multicultural team. Apart from the introduction of different team structures and considerations on project planning for distributed developments, special focus is set on virtual team communication.</p>

Part 2: CSCW; looks at tools and systems to support the global engineer. Groupware architectures, and user interfaces will be introduced as well as methods for consistency and concurrency control.

Part 3: Actual topics in global engineering introduces technologies, actual research topics or fields of applications which are in the focus of global engineering; like the industry 4.0 and the internet of things, cloud computing or telemedicine.

#### **Learning objectives / skills English**

The students will understand the special requirements for a global engineer and working in multicultural teams. They know about the basic principles of CSCW and groupware and their potentials to support global acting, distributed teams. The students should be able to meaningfully plan the employment of appropriate tools.

#### **Literatur**

1. Borghoff, U.M.; Schlichter, J.H.: Computer Supported Cooperative Work; Springer Verlag 2000 [43 TZR 1822]
2. Andriessen, J.H.E. : Working with Groupware; Springer Verlag 2003 [D05 TZT1864]
3. Williams, Bill: Engineering Practice in a global context: understanding the technical and the social; CRC Press, Boca Raton 2014 [D45 WAS 2327]
4. Duarte, Tennant Snyder: Mastering Virtual teams, Wiley & Sons, 2006 [D01 TZT1872]
5. Schwabe, Gerhard [Hrsg.] : CSCW-Kompodium.  
Springer Verlag 2001. ISBN: 3-540-67552-3 [43-TZR 1898]
6. Werner, „Synchrone Groupware für die Software Engineering Ausbildung“, dissertation.de-Verlag, Berlin 2003 [01 TWQ 4831], [also electronically available at UDE library]

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Global Engineering Lab</b>			
<b>Course title English</b>			
Global Engineering Lab			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
3	WS	Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
		2	
<b>Prüfungsleistung</b>			
Antestat, Projektabnahme, Vortrag			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Das Praktikum ist als Projektpraktikum aufgebaut. Die Studierenden lernen einerseits verschiedene synchrone und asynchrone Groupware Applikationen kennen. Darüber hinaus planen sie den Einsatz von Groupware in einem virtuellen Unternehmen unter verschiedenen Randbedingungen wie Unternehmensstruktur, Prozessabläufe, Kosten, Ressourcen etc.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Das Praktikum befähigt die Studierenden ihr eigenes Fachwissen in ein Team einzubringen, Werkzeuge und deren spezielle Unterstützungsfunktionen zu analysieren und deren Einsatz unter speziellen Randbedingungen sinnvoll zu planen.

<b>Description / Content English</b>
In the lab the students are acquainted with different synchronous and asynchronous Groupware-Systems and how to use these systems within the software engineering process, especially in distributed teams.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The lab enables the students to contribute to a team in order to analyze tools and their special support functions and to plan their employment under special aspects.

<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Borghoff, U.M.; Schlichter, J.H.: Computer Supported Cooperative Work; Springer Verlag 2000 [43 TZR 1822]</li> <li>2. Andriessen, J.H.E. : Working with Groupware; Springer Verlag 2003 [D05 TZT1864]</li> <li>3. Williams, Bill: Engineering Practice in a global context: understanding the technical and the social; CRC Press, Boca Raton 2014 [D45 WAS 2327]</li> <li>4. Duarte, Tennant Snyder: Mastering Virtual teams, Wiley &amp; Sons, 2006 [D01 TZT1872]</li> <li>5. Schwabe, Gerhard [Hrsg.] : CSCW-Kompodium. Springer Verlag 2001. ISBN: 3-540-67552-3 [43-TZR 1898]</li> <li>6. Werner, „Synchrone Groupware für die Software Engineering Ausbildung“, dissertation.de-Verlag, Berlin 2003 [01 TWQ 4831], [also electronically available at UDE library]</li> </ol>



<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Hochfrequenzschaltungen und Leistungsbaulemente</b>			
<b>Course title English</b>			
RF Circuits and Power Devices			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Aufbauend auf der Analyse des Kleinsignalverhaltens elektronischer Bauelemente wie Dioden, Feldeffekttransistoren (FET) und Bipolartransistoren werden fundamentale Methoden zur Berechnung von komplexen elektronischen Schaltungen eingeführt und auf zahlreiche Beispiele in Vorlesung und Übung angewandt.</p> <p>Dabei werden zunächst Methoden wie z.B. Netzwerksätze behandelt und mit deren Hilfe die Eigenschaften der verschiedenen Grundschaltungen eingehend analysiert.</p> <p>Darüber hinaus werden komplexe integrierte analoge NF- und HF-Schaltungen behandelt.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind fähig, die grundlegenden Konzepte elektronischer Schaltungen zu verstehen und das Verhalten einfacher Schaltungen abschätzen bzw. berechnen zu können.

<b>Description / Content English</b>
<p>Based on the small-signal analysis of electronic devices like diodes, field-effect transistors (FET) and bipolar transistors, fundamental methods to calculate and design complex electronic circuits are introduced and applied.</p> <p>Basic circuits and their characteristics are analysed and discussed in detail.</p> <p>Complex analog LF- and RF-circuits are treated.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to understand and analyse the AC-characteristics of complex analog and digital circuits.

<b>Literatur</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 F.-J.Tegude, Elektronische Bauelemente, Skript zur Vorlesung, Universität Duisburg - Essen</li> <li>2 K.-H. Rumpf, K.Pulvers, Elektronische Halbleiterbauelemente ? Vom Transistor zur VLSI-Schaltung, Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg, ISBN 3-7785-1345-1, 1987</li> <li>3 R.Köstner, A.Möschwitzer, Elektronische Schaltungen, Carl Hanser Verlag, München Wien, Studienbücher, ISBN 3-446-16588-6, 1993</li> <li>4 K.Bystron, J.Borgmeyer, Grundlagen der Technischen Elektronik, Carl Hanser Verlag, München Wien, Studienbücher, ISBN 3-446-15869-3, 1990</li> <li>5 D. A. Neamen, Electronic Circuit Analysis and Design, Irwin Book Team, ISBN 0-256-11919-8, 1996</li> <li>6 A.S.Sedra, K.C.Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press, 1991, ISBN 019-510369-6</li> <li>7 R.S. Muller, T.I.Kamins, Device Electronics for Integrated Circuits, John Wiley &amp; Sons, 1986, ISBN 0-471-88758-7</li> <li>8 R.J.Baker, H.W.Li, D.E.Boyce, CMOS: Circuit Design, Layout, And Simulation, IEEE Press Series on Microelectronic Systems, IEEE Press, 1998, ISBN 0-7803-3416-7</li> <li>9 H.Tholl, Bauelemente der Halbleiterelektronik, B.G.Teubner, Stuttgart, 1978, II, Teil 2, ISBN 3-519-06419-7</li> </ol>

10 U.Tietze, Ch.- Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, Springer-Verlag, Berlin

11 J. Borgmeyer, Grundlagen der Digitaltechnik, Hanser Lehrbuch, Carl Hanser Verlag München, ISBN 3-446-15624-0

12 M.Shur, GaAs Devices and Circuits, Plenum Press, Microdevices: Physics and Fabrication Technologies, New York 1987, ISBN 0-306-42192-5

13 W.Groß, Digitale Schaltungstechnik, Vieweg Verlag, Studium Technik, ISBN-3-528-03373-8, Braunschweig/Wiesbaden, 1994

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Hochfrequenzschaltungen und Leistungsbaulemente Praktikum</b>			
<b>Course title English</b>			
RF Circuits and Power Devices Lab			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
1	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
		1	
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Das Praktikum ergänzt die Veranstaltung "Hochfrequenz-FET- und Bipolarelektronik" und umfasst 3 Versuche. Es werden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analoge Grundsaltungen gemessen und analysiert,</li> <li>- HF-Modelle von Feldeffekt- und Bipolartransistoren untersucht sowie</li> <li>- Verstärkerschaltungen auf Basis von Feldeffekttransistoren mittels einfacher Modelle und eines Schaltkreissimulators untersucht.</li> </ul>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Studierenden sind in der Lage Bauelemente und einfache Schaltungen der Elektronik und Hochfrequenztechnik messtechnisch zu erfassen und theoretisches Wissen über Grundlagen und Verfahren der Elektronik und Hochfrequenztechnik auf praktische Funktionen anzuwenden.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The lab is a supplement of the lecture "RF-FET and Bipolar Electronics" to intensify the understanding of the analysis of electronic circuits.</p> <p>It consists of three practical exercises:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- the investigation of analog circuits</li> <li>- the investigation of RF-models of Field-Effect- and bipolar transistors and</li> <li>- the analysis of amplifier circuits using a circuit simulator</li> </ul>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>The students are able to measure electronic devices and circuits, to interpret the measurement results and to optimize amplifier circuits.</p>

<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versuchsbeschreibungen</li> <li>- Vorlesungsskript zur Veranstaltung "Grundsaltungen der FET- und Bipolarelektronik"</li> </ul>

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Internet of Things: Protocols and System Software</b>			
<b>Course title English</b>			
Internet of Things: Protocols and System Software			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
6	SS	Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Vorlesung vermittelt eine Einführung in das Themengebiet des „Internet der Dinge“ (IoT), in dem Milliarden eingebetteter Systeme (Sensoren, Aktuatoren) in Echtzeit kontinuierlich Daten über die reale Welt im Internet verfügbar machen. Behandelte Themen sind insbesondere: Kommunikationsprotokolle (z.B. IEEE 802.15.4, Nblot, 6LoWPAN, MQTT), Sensordatenmodellierung und -verwaltung (z.B. linked data, RDF, SSN), Datenzugriff und Plattform-APIs (z.B. web-basierte Systeme, SPARQL, kontinuierliche Anfragen, Complex Event Processing). Neben der Vermittlung theoretischen Wissens, wird in der Übung – im Rahmen von Gruppenprojekten – die praktische Programmierung von IoT-Systemen vermittelt, z.B. mit Arduino-Geräten und Raspberry Pies.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Veranstaltung vermittelt Studierenden ein Verständnis des zukünftigen Internets der Dinge (IoT), der neu auftretenden Anforderungen sowie der technischen Grundlagen, Konzepte, Architekturen und Protokolle. Die Studierenden sollen diese sowohl theoretisch bewerten als auch praktisch einsetzen können, weswegen die Vorlesung von einer praktischen Übung begleitet wird. Schwerpunkte sind insbesondere die IoT-Gerätevernetzung und IoT-Systemsoftware. Hierbei sollen die Studierenden vor allem lernen, welche Unterschiede zu klassischen Internettechnologien und Systemen / Plattformen existieren und woraus diese resultieren.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The so-called Internet of Things (IoT) is the next step in the evolution of the Internet and is widely expected to change our world in the most fundamental way. Billions of small embedded electronics will make our physical world „smart“, continuously delivering real time information about the state of people, physical structures and the environment, like movements, heat levels, pollution levels and air pressure. In addition, the world becomes 'programmable' and physical environments can be changed automatically by software services running in the Cloud.</p> <p>This course introduces students to the Internet of Things (IoT), its challenges and technologies. Topics of interest include: communication protocols (e.g. IEEE 802.15.4, Nblot, 6LoWPAN, MQTT), data modelling and storage (e.g. ontologies, linked data, RDF, SSN), data access and platform APIs (e.g. web systems, SPARQL, continuous queries, complex event processing). Besides providing theoretical knowledge, the course also aims at teaching students how to use IoT technologies to realise real systems. To this end, students perform group projects to develop IoT software for current prototype hardware platforms like Arduino and Raspberry Pies.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>The course introduces students into challenges, concepts and technologies of the Internet of Things (IoT). Students will learn the theoretical backgrounds. They will be able to analyse and assess existing IoT systems and will practise to design and implement new ones. The focus of the course will be on IoT networking and system software. Which concepts and technologies are used in IoT? How and why do they differ from existing Internet technologies? These questions will be answered in the course.</p>

## Literatur

Aktuelle Forschungsveröffentlichungen  
Details werden in der Vorlesung diskutiert

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)</b>			
<b>Course title English</b>			
Master-Thesis (including colloquium)			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
30	WS/SS	Deutsch/Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
<b>Prüfungsleistung</b>			
Prüfungsleistung: Durchführung, Dokumentation und Präsentation der Arbeit. Die Bewertung erfolgt durch zwei Prüfer.			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Master-Arbeit ist eine Prüfungsarbeit, in der die oder der Studierende zum Abschluss des Studiums zeigen soll, dass er innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig unter Anleitung nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten kann.</p> <p>Die Arbeit soll wie ein Projekt in der Praxis unter Beachtung von Methoden des Projektmanagements betreut und durchgeführt werden. Dokumentation und Präsentation (Kolloquium, deutsch oder englisch) sollen zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich und präzise darzustellen.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Master-Abschlussarbeit stellt eine Prüfungsleistung dar. Neben der fachlichen Vertiefung an einem Beispiel dient sie auch dem Erwerb und der Vertiefung folgender Soft-Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbstlernfähigkeit,</li> <li>- Teamfähigkeit (Zusammenarbeit mit den Betreuern),</li> <li>- Anwendung von Methoden des Projektmanagements,</li> <li>- Kommunikationsfähigkeit: technische Dokumentation und Präsentation, im Fall englischer Präsentation auch Übung von Sprachkenntnissen.</li> </ul>

<b>Description / Content English</b>
<p>The master-thesis is an examination paper, in which the student should show that he can solve a problem self-contained under guidance by using scientific methods, within 6 months at the end of his studies.</p> <p>This thesis is supervised and conducted like a project in practice considering methods of project management. Documentation and presentation (colloquium, German or English) should show that the student is able to illustrate relations and results in a coherent and precise way.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>The master-thesis represents an examination. Besides the professional engrossing by using an example the acquisition of soft skills are also gained:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- self-learning ability</li> <li>- capacity of teamwork (working together with the supervisor)</li> <li>- application of methods of project management</li> <li>- communications skills: technical documentation and presentation, in case of an English presentation also practice of language skills</li> </ul>

**Literatur**

Spezifisch für das gewählte Thema

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Mess- und Sensorsysteme</b>			
<b>Course title English</b>			
Measurement and sensor systems			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	WS/SS	Deutsch/Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			
Ohne jegliche Hilfsmittel			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Lehrveranstaltung „Mess- und Sensorsysteme“ gibt eine erweiterte Einführung in das Thema Messtechnik und Sensorsysteme.</p> <p>Zu Beginn werden die Grundlagen der Messtechnik behandelt. Im Weiteren soll ein Einblick in verschiedene Mess- und Sensorapplikationen gegeben werden. Es werden verschiedene Detektoren und Sensoren (Magnetfeldsensoren, Lichtsensoren, etc.) vorgestellt und die grundlegenden Eigenschaften, mit Vor- und Nachteilen sowie deren Einsatzgebiete diskutiert. Weiterhin werden verschiedene Grundlagen bzw. Verfahren zur weiteren Signalverarbeitung vorgestellt. Es soll hierbei speziell auch auf die spezifischen Möglichkeiten zur Auslegung dieser Komponenten und die verschiedenen Implementierungsmöglichkeiten eingegangen werden. Im Gesamtzusammenhang werden diese dann mit realen Applikation aus der Elektrotechnik oder Physik weiterführend diskutiert.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Nach erfolgreichem ableisten der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage grundlegende Eigenschaften von Mess- und Sensorsystemen zu verstehen und eine entsprechende Auswahl von Komponenten (Detektoren, Signalverarbeitung, etc.) entsprechend der Anforderungen zu treffen. Die Studierenden sind zudem fähig eine solche Entwicklung entsprechend einem typischen Entwicklungsprozess durchzuführen.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The course „Measurement and sensor systems“ provides an extended introduction into the topic measurement techniques and sensor systems.</p> <p>As first part, the basics of measurement techniques will be presented. After this, it will be given a deeper view in a variety of measurement and sensor applications. It will be presented different detectors and sensors (magnetic field sensors, light sensors, etc.) and basic characteristics with advantages and disadvantages discussed.</p> <p>Furthermore will be basics and methods for signal processing presented. This will be focused on the specific opportunities for design of the components and different implementation possibilities. In an overall view, these things will be discussed in the frame of real applications in physics and electrical engineering.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>After successful fulfillment of the course, the students are able to understand basic characteristics of a measurement and sensor system and make a corresponding component selection (detector, signal processing, etc.) according to requirements. Additional the students are able to do such a development according to a typical development process.</p>

<b>Literatur</b>
------------------



Empfehlungen/Recommendations (nicht notwendig zum erfolgreichen absolvieren des Kurses/not required for successfully passing the course):

- (1) Armin Schöne: Messtechnik, Springer Verlag, 1997
- (2) Reinhard Lerch: Elektrische Messtechnik, Springer, 2010
- (3) Elmar Schrüfer, Leonhard M. Reindl, Bernhard Zagar: Elektrische Messtechnik, Hanser Verlag, 2012
- (4) Gabriele D'Antona, Alessandro Ferrero: Digital Signal Processing for Measurement Systems: Theory and Applications, Springer, 2010
- (5) Johannes Niebuhr, Gerhard Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren, Oldenbourg, 2002
- (6) K. W. Bonfig, Zhongdong Liu: Virtuelle Instrumente und Signalverarbeitung, VDE Verlag, 2004

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Mobilkommunikationsgeräte</b>			
<b>Course title English</b>			
Mobile Communication Equipment			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Vorlesung besteht aus dreizehn einzelnen Kurseinheiten, nämlich:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mobilkommunikationsgeräte (übersicht des Aufbaus mobiler Endgeräte und deren Anwendungen insbesondere im Automobilbereich)</li> <li>2. Binäre Bayes-Detektion isoliert gesendeter Nachrichten (Einfache Detektoren mit optimalem Verhalten)</li> <li>3. Binäre Detektion bei additiven Störungen (Lineare Übertragungsmodelle mit optimalen Detektoren)</li> <li>4. Maximum-Likelihood (ML)-Folgendetektion (Optimale Folgendetektoren in Mobilfunkempfängern)</li> <li>5. Maximum-a-posteriori (MAP)-Symboldetektion (Optimale Symboldetektoren in Mobilfunkempfängern)</li> <li>6. Beispiele zur MAP-Symboldetektion (Veranschaulichungen der Symboldetektion)</li> <li>7. MAP- und ML-Schätzung (Optimale Estimation)</li> <li>8. Lineare Schätzer (Suboptimale Estimation)</li> <li>9. Architekturen zur digitalen Signalverarbeitung (Realisierungsaspekte von Detektoren und Schätzern)</li> <li>10. Drahtlose Übertragung im Automobilbereich (Bluetooth, W-LAN, UWB, Keyless Entry)</li> </ol>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verständnis für die grundlegende Architektur von Mobilfunkendgeräten, z.B. Handys.</li> <li>2. Verständnis für die Grundlagen der Detektion und der Estimation.</li> <li>3. Verständnis für die Realisierung von Detektoren und Schätzern in Mobilfunkendgeräten.</li> </ol>

<b>Description / Content English</b>
<p>The lecture consists of thirteen separate course entities, namely:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Architecture of mobile communication terminals and their applications in the automotive sector</li> <li>2. Binary Bayes detection of isolated messages</li> <li>3. Binary detection in additive noise</li> <li>4. Maximum likelihood (ML) sequence detection, MLSD</li> <li>5. Maximum a posteriori probability (MAP) symbol detection</li> <li>6. Illustrative examples for MAP symbol detection</li> <li>7. Optimal estimators based on the MAP and on the ML criteria</li> <li>8. Linear estimation</li> <li>9. Realization aspects of digital signal processing in mobile terminals</li> <li>10. Wireless connectivity in the automotive environment (Bluetooth, W-LAN, UWB, Keyless Entry)</li> </ol>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Understanding the basic architecture of mobile terminals, e.g. cellular phones.</li> <li>2. Understanding the basics of detection and estimation.</li> <li>3. Understanding the realization aspects of detectors and estimators for mobile terminals.</li> </ol>

## Literatur

- P. Jung: Analyse und Entwurf digitaler Mobilfunksysteme. Stuttgart: Teubner, 1997.
- A. Mertins: Signaltheorie. Stuttgart: Teubner, 1996.
- S. Kay: Fundamentals of Statistical Signal Processing Detection Theory. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1998.
- S. Kay: Fundamentals of Statistical Signal Processing Estimation Theory. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993.
- A. Whalen: Detection of Signals in Noise. New York: Academic Press, 1971.
- P. Pirsch: Architekturen der digitalen Signalverarbeitung. Stuttgart: Verlag B.G. Teubner, 1996, ISBN 3-519-06157-0 (Quelle des Kapitels 5)

**Kursname laut Prüfungsordnung****Nicht-technischer Katalog MA****Course title English**

Non-technical Catalog MA

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
8	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
			6

**Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Mit diesem Modul soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, im Rahmen des Studiums neben den rein technischen Veranstaltungen auch so genannte „nicht-technische Fächer“ nachweislich zu belegen. Die Veranstaltungen können aus dem gesamten Angebot der Universität Duisburg-Essen gewählt werden, wobei das „Institut für Optionale Studien“ (IOS) einen Katalog mit Veranstaltungen aus dem so genannten Ergänzungsbereich vorhält.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Ziel des Moduls ist Vertiefung der Allgemeinbildung der Studierenden und ggf. die Verstärkung der sprachlichen Kompetenz sowie eine Stärkung der Berufsbefähigung durch das Erlernen von Teamfähigkeit und Präsentationstechniken.

**Description / Content English**

This module offers the students the opportunity to, besides the pure technical courses they take, attend some so called „non-technical subjects“ and latter provide an attest for them. These courses can be chosen from the overall offers of the Duisburg-Essen university, whereby the „Institut für Optionale Studien“(IOS) proposes a catalog containing courses which fall under the named supplementary area.

**Learning objectives / skills English**

The module aims at deepening the general knowledge of the students and resp. at improving their language skills as well as strengthening their professional qualifications through the learning of teamwork and expose techniques.

**Literatur**

Spezifisch für das gewählte Thema

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Numerical Mathematics</b>			
<b>Course title English</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
6	WS	Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Folgende Themen werden behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Fehleranalyse</b> Darstellung von Zahlen, Gleitpunktzahlen, Rundungsfehler, Fehlerfortpflanzung, Fehlerfortpflanzung bei arithmetischen Operationen, Konditionierung</li> <li><b>2. Nichtlineare Gleichungen</b> Die Sekantenmethode, das Newtonverfahren, Fixpunktverfahren, Nullstellen von Polynomen, Systeme nichtlinearer Gleichungen, das Newtonverfahren für Systeme</li> <li><b>3. Lineare Gleichungssysteme</b> Die LR- und Cholesky-Zerlegung, die QR-Zerlegung, die Cholesky-Zerlegung, das Gaußsche Eliminationsverfahren, die QR-Zerlegung, Problem der kleinsten Quadrate, Iterative Lösungen, das Jacobi-Verfahren, das Gauß-Seidel-Verfahren, Konvergenzeigenschaften</li> <li><b>4. Bestimmung von Eigenwerten</b> Die Potenzmethode, Gerschgorinkreise, die QR-Methode, Hessenbergmatrizen</li> <li><b>5. Gewöhnliche Differentialgleichungen</b> Trennung der Veränderlichen und lineare Gleichungen, Einschrittverfahren, das Eulerverfahren, das verbesserte Eulerverfahren, das Runge-Kutta-Verfahren</li> <li><b>6. Interpolation</b> Lagrangepolynome, Interpolationsfehler, Dividierte Differenzen, Splines</li> <li><b>7. Integration</b> Gaussche Quadraturformeln</li> </ol>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Studierenden sollen lernen, typische Probleme aus der Ingenieurmathematik mit numerischen Verfahren zu lösen, darunter lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, Eigenwerte, Interpolation, Differentialgleichungen und Integration. Sie sollen lernen, abstrakt formulierte Methoden in eine konkrete Berechnung umzusetzen und diese Verfahren hinsichtlich Genauigkeit und Effizienz zu beurteilen.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The course deals with the following subjects:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1 Error Analysis</b> Representation of numbers, Floating-point-numbers, Rounding errors, Error Propagation, Error propagation in arithmetic operations, Condition numbers</li> <li><b>2 Nonlinear equations</b> The method of Bisection, The secant method, Newton's method, Fixed point iteration, Polynomial equations, Systems of nonlinear equations, Newton's method for systems</li> <li><b>3 Systems of Linear Equations</b></li> </ol>

The LR and Cholesky Decomposition, The LR-Decomposition, The Cholesky Decomposition, Gauss Elimination and Back-Substitution, Pivoting strategies, The QR Decomposition, Data fitting; Least square problems, Iterative solutions, Jacobi Iteration (total-step-method), Gauss-Seidel-Iteration (single-step-method), Convergence properties

4 Finding Eigenvalues

The Power method, Localizing eigenvalues, The QR-method, Hessenberg matrices

5 Ordinary Differential Equations

Basic analytic methods, Separation of variables, Linear differential equations, One-step-methods, Euler's Method, Midpoint Euler, Two-stage-models, Runge-Kutta-methods

6 Polynomial Interpolation

Lagrange form of Interpolation Polynomial, Interpolation Error, Divided Differences, Spline Interpolation

7 Numerical Integration

Gaussian Quadrature

### **Learning objectives / skills English**

The students should learn, to solve typical problems in engineering-mathematics by numerical methods, among others: Linear and nonlinear systems, eigenvalues, interpolation, differential equations and integration. They should learn to implement general methods into a practical computation and to evaluate them with respect to accuracy and efficiency.

### **Literatur**

- 1 Gautschi, W. Numerical Analysis, Birkhäuser,1997.
- 2 Hammerlin und Hoffmann. Numerische Mathematik, Springer,1994.
- 3 Householder. A.S. Principles of Numerical Analysis, Dover Publications,1974.
- 4 Kincaid,D. and Cheney, W. Numerical Analysis, Brooks/Cole Publishing,1991.
- 5 Locher. Numerische Mathematik für Informatiker,1993.
- 6 Philipps,C. and Cornelius, B. Computational Numerical Methods, Ellis Hoorwood.
- 7 Stoer, J. and Burlisch, R. Introduction to numerical Analysis,2005.

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Optical Communications Technology</b>			
<b>Course title English</b>			
Optical Communications Technology			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	WS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Zu Beginn der Vorlesung wird nach einer kurzen Einleitung mit Hilfe der Maxwellschen Gleichungen die Wellengleichung hergeleitet, wobei die Besonderheiten in der Optik herausgearbeitet werden. Ausgehend von der Ausbreitung einer ebenen Welle wird die Reflexion von Licht an Grenzflächen (Totalreflexion, Brechung), welche die Grundlage für eine optisch geführte Wellenausbreitung bildet, unter Berücksichtigung der Stetigkeitsbedingungen diskutiert. Der folgende Teil beschäftigt sich mit der Ausbreitung optischer Wellen in Gläsern. Hier werden die physikalischen Effekte wie Streuung, Absorption und Dispersion behandelt, und es werden Näherungsformeln für den praktischen Einsatz abgeleitet. Anschließend wird die Ausbreitung optischer Strahlung in sog. dielektrischen Wellenleitern behandelt. Verschiedene Bauformen dieses Typs von Wellenleiter, der z. B. innerhalb von Laserdioden Verwendung findet, werden vorgestellt und diskutiert. Es werden Lösungsverfahren zum Design der wellenführenden Schicht hergeleitet und angewendet. Die Verwendung von Glasfasern für die optische Nachrichtentechnik stellt den Inhalt des nächsten Vorlesungsabschnitts dar. Hier werden die wichtigsten Typen von Glasfasern (Stufenindex- und Gradientenindex-Faser) eingehend besprochen. Auch für diese Art von Wellenleitern werden Verfahren zum Entwurf hergeleitet und angewendet, wobei insbesondere auf die Problematik der Signalverzerrung in Glasfasern eingegangen wird. Zum Ende der Vorlesung stehen die Beschreibung der wichtigsten optoelektronischen Bauelemente wie z.B. Laserdioden, elektroabsorptive Detektoren und Modulatoren sowie der Aufbau und die Eigenschaften einfacher optischer Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Vordergrund. Abschließend erfolgt die Vorstellung der industriellen Glasfaserherstellung.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Studierenden sind in der Lage, die Prinzipien der Ausbreitung optischer Wellen in planaren Wellenleitern und Glasfasern zu beschreiben, die signalverzerrenden Parameter wie Absorption und Dispersion zu unterscheiden und einfache optische Übertragungssysteme zu analysieren. Sie sind fähig, den Einsatz optischer Übertragungstechnik kritisch mit bereits existierenden elektronischen Ansätzen zu vergleichen.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The course Optical Communications Technology starts with use of Maxwell's equation to describe the propagation of electromagnetic waves. We consider the features of optical waves at surface boundaries, like reflection and refraction. Proceeding with the description of such fundamental physical effects like scattering, absorption and dispersion, optical wave propagation in various types of dielectric waveguides is discussed. Special emphasis is then given to the design, properties and technological realization of waveguides based on III/V compound semiconductors. The next main part of this course deals with fiber optic waveguides: Wave propagation in graded index fibers as well as in step index fibers is derived where both advantages and disadvantages of each type are carried out. Problems like signal distortion in fiber optic waveguides are analyzed and solutions to avoid them are given. At the end of this course, the most important optoelectronic components like laser diodes, photodiodes, modulators are discussed. The properties of simple optical point-to-point transmission systems are analyzed and discussed. Finally, the manufacturing of glass optical fibers is presented.</p>

### **Learning objectives / skills English**

The students are able to describe the principles of light propagation in planar and fiberoptic waveguides, to distinguish the signal-distorting parameters such as absorption and dispersion, and to analyze simple optical transmission systems. They are able to question and compare the use of optical transmission techniques with existing electronic approaches.

### **Literatur**

- [1] C.-L. Chen, Foundations for guided-wave optics, John Wiley & Sons, 2007
- [2] B. Saleh, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons, 1991
- [3] H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teil 1, Hüthig-Verlag, Heidelberg 1990
- [4] F. Pedrotti et al., Optik für Ingenieure, Springer-Verlag, Berlin, 2002



<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Optische Signalverarbeitung</b>			
<b>Course title English</b>			
Optical Signal Processing			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			
Schriftliche Prüfung (Klausur)			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Vorlesung Optische Signalverarbeitung beginnt mit der grundlegenden Theorie der nichtlinearen optischen Effekte in dielektrischen Materialien und in Halbleitern: Beispielsweise werden hier Fragen zur optischen Frequenzverdopplung anhand eines grünen Laserpointers diskutiert. Die Ursachen für optische Bistabilität werden beschrieben und es wird gezeigt, wie optisches Schalten zur Realisierung optischer Speicher und Logikelemente angewendet werden kann. Nachfolgend wird das Phänomen der optoelektronischen Bistabilität eingeführt. Es wird gezeigt, dass die Integration eines Modulators und eines Photodetektors zum sogenannten Self-Electrooptic-Effect-Device (SEED) führt. Dieses Element zeigt verschiedene Arten von Schaltvorgängen, die optisch und elektrisch gesteuert werden können. Schließlich werden die Einsatzgebiete der optischen Signalverarbeitung anhand speziellen Anwendungsbeispiele diskutiert. Dies sind unter anderem: optische Schaltnetzwerke, Bildverarbeitungssysteme, optische neuronale Netzwerke, parallel-optische Signalprozessoren.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, die physikalischen Mechanismen für die Entstehung optischer Bistabilität zu erörtern und diese bei der Analyse optischer logischer Elemente anzuwenden. Sie sind fähig, die erlernten Konzepte auf Systeme zu übertragen und den Einsatz optischer Signalverarbeitung kritisch mit bereits existierenden elektronischen Ansätzen zu vergleichen.

<b>Description / Content English</b>
The course "Optical Signal Processing" starts with the basic theory of non-linear optical effects both in dielectric materials and in semiconductors. Optical second harmonic generation in green laserpointers is discussed. The causes for optical bistability are described and principles like optical switching are applied to the realisation of optical memories and logic elements. Within the next section of this course, the phenomenon of opto-electronic bistability is introduced. It is shown that the integration of a light modulator and a photodetector is leading to so-called self-electro-optic effect devices (SEED), showing various forms of switching behaviour which can be controlled both optically and electrically. Finally, the main advantages of optical signal processing are pointed out while discussing applications such as optical switching networks, image processing systems, optical neural networks, parallel optical signal processors and optical interconnects.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are capable of discussing the physical mechanisms for the emergence of optical bistability and applying this to the analysis of optical logic elements. They are able to transfer the learned concepts to systems. They can question and compare the use of optical signal processing with existing electronic approaches.

<b>Literatur</b>
------------------

- [1] P. Mandel, S.D. Smith, B.S. Wherrett (Eds.), From optical bistability towards optical computing, Elsevier Science Publishers, North Holland, 1987
- [2] H.H. Arsenault, T. Szoplik, B. Macukow (Eds.), Optical Processing and Computing, Academic Press, San Diego, 1989
- [3] W. Erhard, D. Fey, Parallele digitale optische Recheneinheiten, Teubner Studienbücher, Elektrotechnik/Physik, Teubner Verlag, Stuttgart, 1994
- [4] B.S. Wherrett, P. Chavel (Eds.), Optical Computing, Proceedings of the International Conference, Institute of Physics Conference Series Number 139, IOP Publishing, 1995

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Radio Propagation Channels</b>			
<b>Course title English</b>			
Radio Propagation Channels			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	SS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>In der Vorlesung „Wellenausbreitung und Funkkanäle“ werden die Grundlagen für Mobile Kommunikationssysteme erarbeitet. Schwerpunkte bilden die Themenbereiche Wellenausbreitung, lineare zeitvariante Systeme und digitale Modulation. Das erste Kapitel gibt eine Einführung in die mobile Kommunikation: Beginnend mit einem historischen Rückblick werden anschließend zellulare drahtlose Systeme und Mehrfachzugriffsverfahren eingehend erläutert. In Kapitel 2 werden physikalische Effekte der Wellenausbreitung behandelt. Anschließend werden wesentliche Eigenschaften eines Mobilfunkkanals mit Mehrwege-Ausbreitung behandelt. Hierbei wird der Mobilfunkkanal als stochastisches zeitvariantes lineares System beschrieben. Schließlich werden im Mobilfunk eingesetzte Übertragungsverfahren besprochen. Die Lehrinhalte werden in Übungen vertieft.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Hörer haben die physikalischen Effekte der Wellenausbreitung verstanden und sind in der Lage, einen Mobilfunkkanal mit Hilfe eines stochastischen Ansatzes zu beschreiben.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>The lecture covers the fundamentals of mobile communication systems with special emphasis on wave propagation, linear time-variant systems and digital modulation. Chapter 1 introduces into mobile communication with a historical review, the concept of wireless cellular systems, as well as multiple access schemes. Chapter 2 focuses on physical effects of wave propagation. Next, the main properties of a mobile radio channel with multipath propagation are considered. The mobile radio channel is described as a stochastic linear time-variant system. Finally, transmission methods in the field of mobile radio communications are discussed. The contents will be deepened in exercises.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>Attendees understand the physical effects of wave propagation and are able to describe a mobile radio channel using a stochastic approach.</p>

<b>Literatur</b>
Skript

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Systemtechnik</b>			
<b>Course title English</b>			
System Technologies			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Die Mikrosystemtechnik ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Produkte mit mikrosystemtechnischen Komponenten erobern immer mehr Anwendungsbereiche im täglichen Leben und sind in ihren Potentialen hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Neue Anwendungsfelder werden erschlossen durch Skalierung der Strukturen in den Nanometer-Bereich. Die Vorlesung Mikro- und Nanosystemtechnik erlaubt einen Einblick in dieses spannende interdisziplinäre Gebiet mit seiner Vielfältigkeit und vermittelt dem angehenden Ingenieur das Grundwissen für einen späteren Einstieg in dieses Berufsumfeld.</p> <p>Folgende Themenbereiche werden von der Vorlesung behandelt:</p> <p>I. Mikrotechniken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bulkmikromechanik (isotropes und anisotropes nasschemisches ätzen, Plasma-Tiefenätzen)</li> <li>- Oberflächenmikromechanik und andere Mikrotechniken (Opferätztechnik, Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, Vergleich unterschiedlicher Mikro- und Nanostrukturtechniken)</li> </ul> <p>II. Mikrosensoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermische Sensoren (Thermistoren, PT-Sensor, integrierte Temperatursensoren, Anemometrie, Luftmassensensor)</li> <li>- Mechanische Sensoren (piezoresistive und kapazitive Drucksensoren, Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren)</li> <li>- Sensoren für Strahlung (CMOS-Bildsensor, CCD, IR-Sensor, Teilchendetektoren)</li> <li>- Magnetfeldsensoren (Spinning-current Hallplate, Magnetoresistivität)</li> <li>- Chemische und Biosensoren (Chemisch sensitive FETs, SAW-Sensoren, DNA-Chip)</li> <li>- Skalierung von Sensorstrukturen in den Nanometerbereich</li> </ul> <p>III. Mikroaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikroaktoren (Wirkprinzipien, Mikrospiegel, Mikrostimulatoren)</li> <li>- Mikrofluidik (Mikroventile, Mikropumpen, implantierbares Medikamentendepot, Lab-on-a-Chip)</li> </ul> <p>IV. Systemtechniken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwurf, Simulation und Test (Entwurfsmethodik, Simulation, Test- und Prüfverfahren)</li> <li>- Integrationstechniken (monolithische und hybride Integration, Aufbau-und-Verbindungstechnik und Gehäusetechnik für Mikro- und Nanosysteme)</li> </ul> <p>Inhalt der übungen: Vertiefende praktische Aufgaben und Beispiele zum Stoff der Vorlesung</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>

Die Studierenden kennen die Prinzipien und Techniken der Mikro- und Nanosystemtechnik und ihre Einsatzmöglichkeiten/Beschränkungen,  
 sie verstehen einzelne Mikrokomponenten und ihre Wirkprinzipien,  
 sie verstehen die grundlegenden Systemtechniken und die komplexe wechselseitige Beeinflussung der Komponenten,  
 sie haben System-Know-how zur Integration der Einzelteile in Design und Herstellung.

### Description / Content English

Micro system engineering is a key technology of the 21st century. Products with microsystem technology seize more and more application areas in daily life and we can't imagine life without them, because of their potential for functionality and economic viability. New application areas are opened up through the scaling of structures in the fields of nanometer. The lecture micro and nano system engineering provides an insight into this exciting interdisciplinary field with its diversity and conveys a basic knowledge to the prospective engineer for the later entry in this occupational field.

Following topics will be handled in this lecture:

#### I. Micro techniques:

- Bulk micromechanics (isotropic and anisotropic wet chemical etching, plasma-deep etching)
- Surface-micromechanics and other micro techniques (Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, comparison of different micro and nano structure techniques)

#### II. Micro sensors:

- Thermic sensors (thermistors, PT-sensors, integrated temperature sensors, anemometer, mass flow sensor)
- Mechanical sensors (piezoresistive and capacitive pressure sensors, accelerometers, angular rate sensors)
- Sensors for radiance (CMOS-imaging-sensor, CCD, IR-sensor, particle detector)
- Magnetic field sensor (spinning-current hallplate, magnetoresistivity)
- Chemical and bio sensors (chemical sensitive FETs, SAW-sensors, DNA-chip)

Scaling of sensor structures in nanometers

#### III. Mikroaktoren:

- Mikroaktoren (operating principle, micro mirrors, micro stimulation)
- Microfluidics (Micro vents, Micro pumps, implantable medicine depot, Lab-on-a-Chip)

#### IV. System techniques:

- Design, simulation and test methods (design methodology, simulation, Test- und test method)
- Integration technology (monolithic and hybride integration, Integrated circuit packaging and packaging technique for micro- und nanosystems)

Content in the exercises:

In-depth practical tasks and examples to the content of the lecture

### Learning objectives / skills English

The students know the principles and techniques of micro and nano system engineering and their possible applications / limitations, they understand particular micro components and their active principles, they understand the basic system techniques and the complex mutual impact of components, they have system-know-how for the integration of component parts in design and production.

### Literatur

- M. J. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, ISBN: 0-8493-0826-7
- M. Gad-el-Hak: The MEMS Handbook, CRC Press, ISBN: 0-8493-0077-0
- W. Menz, J. Mohr: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH, ISBN: 3-527-29405-8
- U. Mescheder: Mikrosystemtechnik, B.G. Teuner, ISBN: 3-519-06256-9

- G. Gerlach, W. Dötzel: Grundlagen der Mikrosystemtechnik, Hanser, ISBN: 3-446-18395-7

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Test und Zuverlässigkeit digitaler Systeme</b>			
<b>Course title English</b>			
Test and Reliability of Digital Systems			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
4	WS	Deutsch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>In dieser Veranstaltung werden die Eigenschaften technischer Systeme bei Fehlverhalten hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials analysiert und bemessen. Zudem werden Maßnahmen vorgestellt, mit denen die Qualität technischer Systeme im Sinne einer erhöhten Lebensdauer oder eines sicheren Verhaltens auch im Fehlerfalle erreicht werden kann.</p> <p>Studierende sollen nach Absolvieren der Veranstaltung die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung technischer Systeme im Fehlerfalle beherrschen und in der Lage sein, unter den verschiedenen praktisch eingesetzten Methoden diejenige auszuwählen, die für eine gegebene Aufgabestellung die am besten begründeten Ergebnisse unter wirtschaftlich vertretbarem Aufwand liefert. Zu unterscheidende Methoden sind hier die traditionelle Lebensdauerberechnung, der Einsatz von Redundanz zur Erhöhung der Lebensdauer, Markov-Ketten und Werkzeuge aus der Praxis, wie FMEA und FMECA.</p> <p>Sie sollen zudem in der Lage sein, das Fehlverhalten technischer Systeme auf unterschiedlichen Ebenen beschreiben und bearbeiten zu können. Betrachtet werden komplexe mechatronische Systeme, etwa Kraftfahrzeuge und Flugzeuge mit ihren verschiedenen Betriebszuständen ebenso wie Schaltungen und Systeme der Elektrotechnik. Im Bereich des Tests werden digitale Schaltungen und Systeme bis hin zu Rechnersystemen und der auf ihnen laufenden Software behandelt. Zu unterscheidende Methoden sind hier die Wahl eines problembezogenen Fehlermodells, Simulation, Testgenerierung und der prüffreundliche Entwurf.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Die Studierenden sind in der Lage, Sicherheit und Zuverlässigkeit digitaler Systeme (Hardware und Software) qualitativ und quantitativ zu ermitteln und zu beurteilen. Sie sind weiterhin in der Lage, die Zusammenhänge zwischen Fehlerentstehung, Test, Simulation, prüffreundlichem Entwurf und Zuverlässigkeit zu beurteilen und diese Methoden in praktischen Anwendungen begründet auszuwählen.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>Within this lecture, the characteristics of technical systems are analyzed and measured concerning their hazard potential. Furthermore, measures are presented, with which the quality of technical systems in the sense of an increased life span or a safe behavior can be achieved also in the case of an error.</p> <p>After completion of the lecture, students are familiar with the fundamentals for the description of erroneous technical systems and they are able to select an appropriate method, which promises the best results under economically justifiable expenditure for a given task. Besides that, the students are able to describe the error behavior of technical systems on different levels. They can distinguish between best use of the traditional methods to determine lift time, the use of redundancy to increase lifetime, Markov-chains and practical tools like FMEA and FMECA.</p> <p>They shall also be able to describe and handle the faulty behavior of technical systems on different levels. Systems discussed are complex mechatronic systems like cars and airplanes as well as electrical circuits and systems. In the area of testing, the test of digital circuits and systems is considered as well as computer systems</p>

and the software running on them. In this context, they can distinguish between different fault models, appropriate for different systems, simulation and test generation as well as Design for Testability.

#### **Learning objectives / skills English**

The students are able to qualitatively and quantitatively evaluate and rate the reliability of digital systems (hardware, software, and network).

In addition, they are able to assess the relations between physical errors, test, simulation and design for testability and to select best approach for a given application with good reasons.

#### **Literatur**

1. M. Lazzaroni et al. (2012) Reliability Engineering - Basic Concepts and Applications in ICT, Springer.
2. A. Birolini (2010) Reliability Engineering - Theory and Practice, Springer.
3. A. Miczo (2003) - Digital Logic Testing and Simulation, Wiley.
4. A. Meyna and B. Pauli (2003) - Taschenbuch der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik, Hanser.
5. H.-D. Kochs (1994) - Zuverlässigkeit großer und komplexer Systeme, Institut für Informatik, Duisburg.
6. H. Wojtkowiak (1988) - Test und Testbarkeit digitaler Schaltungen, Teubner.



<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Theoretische Elektrotechnik 1</b>			
<b>Course title English</b>			
Electromagnetic Field Theory 1			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
6	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>"Theoretische Elektrotechnik" ist eine Veranstaltung, welche das physikalische Verständnis von elektromagnetischen Feldern vertiefen soll. Sie bildet zudem eine Schlüsselqualifikation für andere Bereiche der Elektrotechnik. In der Energietechnik sind es beispielsweise die Gebiete der Hochspannungstechnik, elektrische Maschinen und im Allgemeinen die der Energieversorgung. Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik stellt in ihrer Gesamtheit aber auch eine Erweiterung des Lehrinhaltes in Richtung der klassischen Elektrodynamik dar, welche wiederum eine Brückenfunktion erfüllt, z.B. für das Gebiet der Hochfrequenztechnik, der Halbleiterelektronik und für die modernen Themenstellungen aus der Nanophotonik und Nanooptik.</p> <p>Die Veranstaltung "Theoretische Elektrotechnik 1" umfasst die folgenden Themenstellungen:</p> <p>(1) Elektrostatik:  =====</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Das elektrische Feld: Feldstärke und Flussdichte</li> <li>- Die Grundgleichungen der Elektrostatik (Satz von Gauss, Wirbelfreiheit)</li> <li>- Das elektrostatische Potenzial</li> <li>- Kapazitätsberechnungen</li> <li>- Einfluss des Materials</li> <li>- Grenzbedingungen</li> <li>- Energie und Kräfte</li> <li>- Das elektrostatische Randwertproblem</li> <li>- Analytische, grafische, semi-analytische, direkte und iterative numerische Lösungsverfahren</li> </ul> <p>(2) Das stationäre elektrische Strömungsfeld:  =====</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strom und Stromdichte</li> <li>- Die Grundgleichungen des stationären Strömungsfeldes (Kontinuitätsgleichung, Gesetz von Ohm)</li> <li>- Grenzbedingungen</li> <li>- Leistungsdichte</li> <li>- Widerstandsberechnungen</li> <li>- Das Randwertproblem des stationären Strömungsfeldes</li> <li>- Dualität zur Elektrostatik</li> </ul> <p>Im Verlauf der Vorlesung werden auch die wichtigsten Elemente der Vektorrechnung, der Vektoranalysis, der Koordinatensysteme und der Tensorrechnung erarbeitet.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage,

- Randwertprobleme aus der Elektrostatik selbstständig zu lösen,
- Randwertprobleme des stationären Strömungsfeldes selbstständig zu lösen,
- hierzu analytische oder numerische Berechnungsverfahren einzusetzen,
- das Verhalten der elektrischer Felder für den Entwurf zukünftiger Bauteile richtig einzuschätzen,
- stationäre Strömungsfelder in Leitern zu verstehen und deren Verhalten quantitativ zu bewerten,
- die Vektorrechnung und die Vektoranalysis im gegebenen Kontext formal korrekt einzusetzen.

### Description / Content English

The course „Theoretische Elektrotechnik“ is aimed towards a profound physical understanding of electromagnetic fields. It represents a key qualification in order to bridge the gap to other realms of electrical engineering, such as e.g. high-voltage engineering, electrical engines, and energy transmission. The course as a whole represents an extension towards classical electrodynamics addressing areas like microwave engineering, solid state electronics and advanced issues in the framework of nanosciences, such as e.g. nanophotonics and nanooptics.

The lecture "Theoretische Elektrotechnik 1" encompasses the following topics:

#### (1) Electrostatics:

=====

- Electric field and electric flux density
- The fundamental equations (Gauss law, conservative fields)
- The electrostatic potential
- The general theory of capacitance
- Electrostatic field in material media
- Boundary conditions
- Energy and forces
- The electrostatic boundary value problem
- Analytical, graphical, semi-analytical, direct und iterative numerical solution methods

#### (2) Stationary electric fields in conducting media:

=====

- Current and current density
- The fundamental equations (continuity equation, Ohm's law)
- Boundary conditions
- Power density
- Calculation of the resistance
- The stationary boundary value problem
- Duality to electrostatics

The course also covers the fundamentals of vector calculus, vector analysis, coordinate systems, and some elements of tensor calculus.

### Learning objectives / skills English

Based on this course the students are capable:

- to solve an electrostatic boundary problem while using either analytical or numerical methodologies,
- to correctly evaluate the behavior of electrostatic field according to their appearance in technical building blocks and systems,
- to understand the underlying mechanisms of stationary current fields and to provide quantitative measures for their behavior,
- to master vector calculus, vector analysis and to correctly apply these formalisms in the corresponding context of application.

## Literatur

- Pascal Leuchtman, Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie, München: Pearson Studium, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 1: Elektrostatik, Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 2: Strömungsfelder, Magnetfelder, Wellenfelder, Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2007.
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, (3rd. ed), San Francisco: Pearson, 2008.
- David J. Griffiths, Elektrodynamik - Eine Einführung, (3. Aufl.), München: Pearson Studium, 2011.
- Günther Lehner, Elektromagnetische Feldtheorie – für Ingenieure und Physiker, Berlin: Springer Verlag, 2006.
- Heino Henke, Elektromagnetische Felder – Theorie und Anwendungen, (3. Aufl.), Berlin: Springer Verlag, 2007.
- Julius Adams Stratton, Electromagnetic Theory, Hoboken: John Wiley & Sons / IEEE Press, 2007.
- Melvin Schwartz, Principles of Electrodynamics, New York: Dover Publications Inc., 1988.
- Gottlieb Strassacker, Rotation, Divergenz und Gradient - Leicht verständliche Einführung in die Elektromagnetische Feldtheorie, Wiesbaden: Teubner Verlag, 2006.

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Theorie statistischer Signale</b>			
<b>Course title English</b>			
Theory of Statistical Signals			
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	<b>Pflicht/Wahl</b>
5	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Nach einer Einführung in den Begriff der Wahrscheinlichkeit werden Zufallsvariablen ausführlich behandelt. Hierzu gehören die verschiedenen Beschreibungsmöglichkeiten durch Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion sowie charakteristische Funktion. Weiterhin werden die Eigenschaften von Funktionen von Zufallsvariablen besprochen.</p> <p>Den Schwerpunkt der Vorlesung bilden Zufallsprozesse, die als eine Erweiterung von Zufallsvariablen um die Dimension der Zeit eingeführt werden. Insbesondere werden Momente zweiter Ordnung wie die Autokorrelationsfunktion, die Kreuzkorrelationsfunktion sowie die entsprechenden Leistungsdichtespektren behandelt. Es werden spezielle Zufallsprozesse mit großer praktischer Bedeutung wie Gauß-, Poisson- und Schrotrauschprozesse besprochen. Abschließend werden Anwendungen wie optimale Filter und Modulation diskutiert. In den Übungen werden die Inhalte der Veranstaltung vertieft.</p>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Sehr viele Vorgänge (aus der Physik, Technik, Wirtschaft, Biologie ...) lassen sich nicht einfach durch deterministische Zusammenhänge beschreiben, sondern benötigen statistische Ansätze. Hierzu sind Absolventen in der Lage, die Konzepte von Zufallsvariablen und Zufallsprozessen in praktischen Problemstellungen einzusetzen.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>After a sound introduction in the notion of probability, stochastic variables will be discussed in detail. To that belong the different description possibilities through probability density function, probability distribution function and characteristic function. Beyond that, the properties of functions from stochastic variables will be handled.</p> <p>Stochastic processes which are extended from stochastic variables in time dimension will be emphasized on. Second-order moments such as the autocorrelation function, the cross correlation function as well as the corresponding power spectral density will be particularly discussed.</p> <p>Special stochastic processes of great practical importance such as the Gauss's and Poisson's processes will be handled.</p> <p>In conclusion, applications like optimal filters and modulation will be discussed. The contents will be deepened in exercises.</p>
<b>Learning objectives / skills English</b>
<p>A lot of processes (from physics, economics, biology, technology ...) cannot be described only with deterministic relationships, but need statistical methods.</p> <p>Students who have completed this course should be able to apply the concepts from stochastic variables and stochastic processes in practical problems.</p>

**Literatur**

A. Papoulis: Probability, random variables and stochastic processes, McGraw-Hill, 2. Aufl. 1984

**Kursname laut Prüfungsordnung****Wahlpflichtkatalog IW****Course title English**

Elective Catalog IW

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
12	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
6	3		

**Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird gemäß der Prüfungsordnung vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Das Modul der Wahlfächer soll den Studierenden erlauben, den Schwerpunkt ihres Studienprogramms im Bereich der Profilierung weiter auszubauen. In dieser Weise wird die Tiefe der disziplinären Ausbildung erhöht, was einerseits wertvoll für eine klar definierte berufliche Verwendung sein kann, andererseits aber auch deutlich eine Ausrichtung auf eine an das Studium anschließende wissenschaftliche Verwendung in der Forschung eröffnet.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Mit der gezielten Auswahl der Wahlpflichtfächer sollen die Studierenden ihren Neigungen folgen und sich für einen Beruf bzw. eine akademische Laufbahn qualifizieren.

**Description / Content English**

The module of the electives aims to allow students to extend the main focus of their study program in the field of profiling. In this way the disciplinary education is deepened. On the one hand this can be valuable for a clearly defined professional usage, on the other hand, after the study, a possibility for the focusing on scientific research is given.

**Learning objectives / skills English**

With a targeted choice of the elective subjects, the students should follow their affinities and qualify themselves for a job resp. for an academic career.

**Literatur**

Spezifisch für das gewählte Thema