

# Modulhandbuch Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)

Bei der Gestaltung eines Studiengangs wird zusätzlich zu Studien- und Prüfungsordnungen ein Modulhandbuch erstellt, das eine inhaltliche Beschreibung der Module und die zu erwerbenden Kompetenzen enthält. Module können verpflichtend oder Teil des Wahlbereiches sein. Jedes Modul wird mit einer Modulabschlussprüfung abgeschlossen und mit einer bestimmten Anzahl an Kreditpunkten versehen. Studiengänge und damit auch Module sind konsequent von den zu erreichenden Qualifikationszielen (Learning Outcomes) her konzipiert.

In den Feldern

- Wissen und Verstehen,
- Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen,
- Wissenschaftliches Selbstverständnis/Professionalität und
- Kommunikation und Kooperation

werden Kompetenzen im Verlauf des Studiums im jeweiligen fachspezifischen Kontext erworben. Dabei werden nicht alle Kompetenzen oder deren Ausprägungen in jedem Modul erworben; relevant ist, dass am Ende des Studiums die Studierenden alle Kompetenzen erworben haben.

Basis hierfür ist der Qualifikationsrahmen für Deutsche Hochschulabschlüsse (HQR) und die Musterrechtsverordnung gemäß Artikel 4 Absätze 1 – 4 des Studienakkreditierungsstaatsvertrag der Kultusministerkonferenz.



**Master-Ebene**

# Studiengangsziele

Die Studierenden werden in der Lage sein Projekte der Elektrotechnik im allgemeinen eigenständig und in Teams, zu bearbeiten. Sie können die Konzepte aktiv mitgestalten.

Die Studierenden können in den Unternehmen an Projekten mitwirken und auch Projekte oder Teilprojekte eigenständig bearbeiten.

Die Studierenden sind in der Lage die Kosten und die Funktion nach den Vorgaben des Projekts zu berücksichtigen.

Die Studierenden sind in der Lage Methoden der Anforderungsanalyse anzuwenden, Spezifikationen zu erstellen und das Produkt zu implementieren.

Die Studierenden wissen, dass die Entwicklung der Testbarkeit, und damit die Qualität des Produkts, den gesamten Entwicklungsprozess begleiten muss.

Die Studierenden lernen eigenverantwortlich zu arbeiten, aber auch in einem Team Lösungen zu finden.

# Inhalt Module

Masterstudium

|                         |
|-------------------------|
| Advanced Mathematics    |
| Communication 1         |
| Communication 2         |
| Circuit & Systems 1     |
| Profile 1               |
| Signalprocessing 1      |
| Profile 2               |
| Embedded Control        |
| Embedded Computing      |
| Optional Module         |
| Master Thesis           |
| Computer Vision         |
| Lidar and Radar Systems |
| SW-HW-Design            |
| Computer Architecture   |

# Modul: Advanced Mathematics

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 01  |
| Modultitel:                        | Advanced Mathematics  |
| Modulverantwortliche/r:            | Professor Dr. rer. nat. Wolfgang Ertel  |
| Art des Moduls:                    | Pflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | <p>1 Linear Algebra (Repetition)<br/> - Video Lectures (Gilbert Strang)</p> <p>2 Computer Algebra<br/> - Gnuplot, a professional Plotting Software<br/> - Short Introduction to GNU Octave / MATLAB, Python</p> <p>3 Calculus - Selected Topics (Repetition)<br/> - Sequences and Convergence; - Series; - Continuity<br/> - Taylor Series<br/> - Differential Calculus in many Variables</p> <p>4 Statistics and Probability (Repetition)<br/> - Statistical Parameters<br/> - Probability Theory<br/> - Distributions<br/> - Random Numbers<br/> - Principal Component Analysis<br/> - Estimators</p> <p>5 Numerical Mathematics Fundamentals<br/> - Arithmetics on the Computer<br/> - Numerics of Linear Systems of Equations<br/> - Roots of Nonlinear Equations</p> <p>6 Function Approximation<br/> - Polynomial Interpolation<br/> - Spline interpolation<br/> - Method of Least Squares and Pseudoinverse<br/> - Singular Value Decomposition (SVD)</p> <p>7 Numerical Integration and Solution of Ordinary Differential Equations<br/> - Numerical Integration<br/> - Numerical Solution of Ordinary Differential Equations<br/> - Linear Differential Equations with Constant Coefficients</p> |
| Veranstaltungen:                   | Advanced Mathematics for Engineers<br>Advanced Mathematics for Engineers - Lab  |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture/Practical training  |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Undergraduate Mathematics, e.g. Calculus (multidimensional), Linear Algebra, Statistics, Programming  |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Mechatronics<br>Electrical Engineering and Embedded Systems<br>Informatik   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | Portfolio with 80% weight of the written examination (K90) and 20% weight of the laboratory results (P).  |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 10  |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | 30h / 1 ECTS  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Nur Wintersemester  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| Literatur:           | J W. Cheney and D. Kincaid. Numerical mathematics and computing. Thomson Brooks/Cole, 2007.<br>J. Nocedal and S.J. Wright. Numerical optimization. Springer Verlag, 1999.<br>S.M. Ross. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. Academic Press, 2009.<br>G. Strang. Introduction to linear algebra. Wellesley Cambridge Press, 3rd edition, 2003.<br>H. Schwarz: Numerische Mathematik, Teubner Verlag.<br>M. Brill.: Mathematik für Informatiker. Hanser Verlag, 2001.<br>W. Nehrlich: Diskrete Mathematik, Fachbuchverlag Leipzig. |
| Anwesenheitspflicht: | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## Wissen und Verstehen

After successfully attending this course the graduates is able to solve mathematical problems arising in typical engineering tasks. Primary focus is on numerically solving on linear problems and on the statistical interpretation of results from measurements. In numerical mathematics, the focus is put on methods for function approximation from data, solution of equations, integration and solution of differential equations. Generation and test of random numbers are essential foundations of simulation and cryptography.

### Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst

The graduates have broadened their knowledge in the following fields and are capable of reproducing this knowledge: High level programming languages with built in mathematical functions like Octave or Python will be used for the practical assignments (e.g. programming of algorithms).

### Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## Kommunikation und Kooperation

## Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität

# Modul: Communication 1

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)   |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)  |
| Modulnummer:                       | 02   |
| Modultitel:                        | Communication 1  |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow  |
| Art des Moduls:                    | Pflicht  |
| Inhalt des Moduls:                 | <p>Introduction</p> <p>Part A. Channel models for wireless communications</p> <p>1 Wave propagation (1.1 Free Space propagation, 1.2 Physical propagation models, 1.3 Statistical models of propagation, 1.4 Wideband channels)</p> <p>2. Noise and Interference (2.1 Noise, 2.2 Interference, 2.3 Link Budget)</p> <p>3 Spectrum issues</p> <p>Part B. Key technologies of modern wireless systems</p> <p>4. Code Division Multiple Access (CDMA)</p> <p>5 Frequency-Division Multiplex</p> <p>6. Scheduling and rate control</p> <p>7 Diversity</p> <p>8. Multi-Hop Networks</p> <p>9. Network Coding</p> <p>10. Cognitive radio</p> <p>Part C. Wireless Systems</p> <p>11. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)</p> <p>12. Long Term Evolution and System Architecture Evolution</p> <p>13. Beyond LTE and the path to 5G (13.1 Enhanced Mobile Broadband, 13.2 Massive machine-type communications, 13.3 Ultra-reliable and low-latency communications)</p> |
| Veranstaltungen:                   | Wireless Communication   |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Project  |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Basics of Communication (Bachelor)   |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems  |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | K90  |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5  |
| Benotung:                          | benotet  |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.   |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig   |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester   |

|                      |   |
|----------------------|---|
| Literatur:           | <p>Dahlman, E. et al:4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. Academic Press, 2014</p> <p>Dahlman, E. et al:4G: LTE-Advanced Pro and the road to 5G Academic Press, 2016.</p> <p>Molisch, A. F.: Wireless Communications. John Wiley &amp; Sons, 2011</p> <p>Holma H.; Toskala, A.: WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE. John Wiley &amp; Sons, 2006</p> <p>Holma H.; Toskala, A.: LTE for UMTS: HSPA Evolution to LTE-Advanced. John Wiley &amp; Sons, 2011</p> <p>Haykin, S.; Moher, M.: Modern Wireless Communications. Pearson Prentice Hall, 2005</p> <p>Lescuyer, P.; Lucidarme, T.: Evolved Packet System (EPS) – The LTE and SAE Evolution of 3G UMTS. Wiley 2008.</p> <p>Larmo A. et al: The Link-Layer Design. IEEE Communications Magazine. April 2009</p> <p>Wannstrom J.: LTE-Advanced. <a href="http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acromyms/97-lte-advanced">www.3gpp.org/technologies/keywords-acromyms/97-lte-advanced</a>.</p> |
| Anwesenheitspflicht: | nein  |



# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

The graduates have broadened their knowledge in the following fields and are capable of reproducing this knowledge:  
Describe construction and functionality of modern mobile communication systems.

Schwerpunkt:

Verbreiterung des Vorwissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

The graduates are capable of applying the knowledge they have acquired in the following fields: Mathematical methods for planning and optimization of communication systems.

Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

## Modul: Communication 2

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)   |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)  |
| Modulnummer:                       | 03   |
| Modultitel:                        | Communication 2  |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow  |
| Art des Moduls:                    | Pflicht  |
| Inhalt des Moduls:                 | Basics of Nearfield Communication<br>Transmission standards<br>Protocols<br>Applications   |
| Veranstaltungen:                   | Nearfield Communication  |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Project  |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Basics of Communication (Bachelor)   |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems  |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | K90  |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5  |
| Benotung:                          | benotet  |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.   |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig   |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester   |
| Literatur:                         | Coscun et. al.: Near Field Communication (NFC): From Theory to Practice Wiley, 2012<br>Hendry :Near Field Communications Technology and Applications. Cambridge University Press, 2014 |
| Anwesenheitspflicht:               | nein   |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

The graduates have deepened their existing knowledge in the following areas and are capable of not only reproducing the corresponding contents but also of explaining them. They understand the underlying principles, the whys and wherefores:

- describe the function of NFC systems with own words

Schwerpunkt:

Verbreiterung des Vorwissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

The graduates are capable of applying the knowledge they have acquired in the following fields and, additionally, of assessing their own approach to the theory-praxis-transfer and the result thereof: - evaluate and optimize NFC systems.

The graduates can not only apply their knowledge and assess the application methods and / or results, they can also independently develop further research questions in the following fields: - create applications.

Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

# Modul: Circuit & Systems 1

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 04  |
| Modultitel:                        | Circuit & Systems 1   |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Pflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | <ul style="list-style-type: none"><li>- ASIC-Design</li><li>- Bus-Systems</li><li>- Peripherals in a System-on-Chip (SoC)</li><li>- Test and Debug of SoC</li><li>- Principles of Micro-controller</li><li>- MMU</li><li>- Parallel Architectures</li></ul> |
| Veranstaltungen:                   | System-on-Chip  |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Project   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Knowledge of computer architectures from Bachelor courses   |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | PF (50% P, 50% K60)   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         | <ol style="list-style-type: none"><li>1. John L. Hennessy, David A. Patterson; Computer Architecture: A Quantitative Approach</li><li>2. David A. Patterson, John L. Hennessy; Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface</li></ol>  |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

The graduates know the principle of computer architectures. They know how to design an ASIC.

Schwerpunkt:

Verbreiterung des Vorwissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

The graduates can implement and organize a system on Chip with its peripherals. They can implement and use Test- and Debug methods.

Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## **Kommunikation und Kooperation**

With the contents for the module, sustainable work, design and economics will be taught. It will be improved to a level, that it fits to the needs of companies. The intercultural competence of the graduates will be developed by

- international tandem teams
- mixed teams in the labs
- mixed teams for projects and seminars

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

# Modul: Profile 1

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)                            |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 05  |
| Modultitel:                        | Profile 1   |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Wahlpflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | s. Table 2 and 3 (Modules)  |
| Veranstaltungen:                   |   |
| Lehr- und Lernformen:              | see Modules   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Bachelor knowledge of digital circuit design, Circuit & Systems 1, VHDL and C++ |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems                                     |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | see Modules   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.                  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         |   |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

# Modul: Signalprocessing 1

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 06  |
| Modultitel:                        | Signalprocessing 1  |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Pflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | Deterministic Continuous Signals - Laplace- and Fourier Transforms - Continuous Systems and Circuits for Signal Processing - Stability Issues - Nodal Admittance Method - MATLAB - OP-Amp Circuits - Stochastic Signals - Noise Analysis of OP-Amps - Integrated Lab Exercises  |
| Veranstaltungen:                   | Signalprocessing 1<br>Signalprocessing 1 Lab  |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Laboratory / practical course   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Bachelor knowledge  |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | K90   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         | [Ghausi] Ghausi, Laker Modern Filter Design, Prentice-Hall, 1981<br>[Horowitz] Paul Horowitz, W. Hill The Art of Electronics, Cambridge University Press<br>[Cooper] Cooper G. R., McGillem C. D., Probabilistic Methods of Signal and System Analysis, CBS 1986<br>[Doe] Doetsch, G. Anleitung zum praktischen Gebrauch der Laplace-Transformation. Oldenbourg, 1989 |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |



# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## **Kommunikation und Kooperation**

With the contents for the module, sustainable work, design and economics will be taught. It will be improved to a level, that it fits to the needs of companies.

The intercultural competence of the graduates will be developed by

- international tandem teams
- mixed teams in the labs
- mixed teams for projects and seminars

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

The graduates understand specifications for analog circuits for signal processing. Thus being able to design new circuits based on the basic circuits and methods known in theory and in practice from the teaching module.

## Modul: Profile 2

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)                            |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 07  |
| Modultitel:                        | Profile 2   |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Wahlpflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | s. Table 2 and 3 (Modules)  |
| Veranstaltungen:                   |   |
| Lehr- und Lernformen:              | see Modules   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Bachelor knowledge of digital circuit design, Circuit & Systems 1, VHDL and C++ |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems                                     |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | see Modules   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.                  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         |   |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

# Modul: Embedded Control

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 09  |
| Modultitel:                        | Embedded Control  |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Lothar Berger   |
| Art des Moduls:                    | Pflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | Within the seminar, engineering students research and work out the methods required to do a complete design and implementation of an industrial process embedded control, and compile their results in a report. The lab comprises of the complete design and implementation of an industrial process embedded control: graphical user interface, communication interface, distributed control, and hardware-in-the-loop. |
| Veranstaltungen:                   | Embedded Control Seminar<br>Embedded Control Lab.   |
| Lehr- und Lernformen:              | Seminar, Lab  |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Advanced Control Systems  |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | PF (50% P, 50% R)<br>Seminar report and Lab report  |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         | Printed lecture notes and exercises. Recommended: Macia, N. F., Thaler, G. J.: Modeling and Control of Dynamic Systems, Cengage; Moudgalya, K. M.: Digital Control, Wiley; Press, W. H., Teukolsky, S. A., Numerical Recipes, Cambridge   |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## Wissen und Verstehen

The seminar should enable engineering graduates to: implement a graphical user interface on an industrial PC implement a communication interface to an industrial controller implement a digital control algorithm by programming in C utilize hardware-in-the-loop. The lab should enable engineering graduates to: implement a complete industrial process embedded control.

### Schwerpunkt:

Wissensverständnis ( erkenntnistheoretisch begründete Richtigkeit und Reflexion fachlicher und praxisrelevanter Aussagen.)

## Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst

The graduates can not only handle simple but also the following complex issues and act accordingly: Develop sustainable electrical products and systems.

### Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## Kommunikation und Kooperation

With the contents for the module, sustainable work, design and economics will be taught. It will be improved to a level, that it fits to the needs of companies.

The intercultural competence of the graduates will be developed by

- international tandem teams
- mixed teams in the labs
- mixed teams for projects and seminars

## Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität

# Modul: Embedded Computing

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 10  |
| Modultitel:                        | Embedded Computing  |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Pflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Embedded Systems in motor management, ABS, medical devices and its increasing programming needs.</li> <li>- Modeling of embedded systems (Cyber-Physical Systems)</li> <li>- Functions of 32-bit micro controllers (ARM), interface functions, its programming under Linux</li> <li>- Implementation of operating systems on microcontrollers</li> </ul> |
| Veranstaltungen:                   | Embedded Computing<br>Embedded Computing Lab<br>Embedded Project  |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Laboratory / practical course and Project<br>Lecture with integrated applications, development and programming of functions for embedded systems, project management (project idea, realization, presentation)  |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Bachelor knowledge  |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | PF  |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 10  |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | 10 ECTS<br>Embedded Computing 150 h (60 h Lecture, 90 h Homework)<br>Embedded Computing Lab 60 h (30 h Lecture, 30 h Homework)<br>Embedded Project 90 h (30 Lecture, 60 h Homework)   |
| Dauer des Moduls:                  | zweisemestrig   |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         | B. P. Douglas; "Real-Time UML", Second Edition. Addison Wesley Longman, Inc., 2000.<br>P. Marwedel; "Embedded System Design", Springer Verlag, 2006.<br>D. Abbott; "Linux for Embedded and Real-time Applications", Elsevier Science, 2003  |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## Wissen und Verstehen

The graduates have broadened their knowledge in the following fields and are capable of reproducing this knowledge:

- Mechatronic and electrical engineering
- Model and simulate mechatronic systems
- Construct electrical and IT components

### Schwerpunkt:

Wissensverständnis ( erkenntnistheoretisch begründete Richtigkeit und Reflexion fachlicher und praxisrelevanter Aussagen.)

## Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst

### Schwerpunkt:

## Kommunikation und Kooperation

With the contents for the module, sustainable work, design and economics will be taught. It will be improved to a level, that it fits to the needs of companies. The intercultural competence of the graduates will be developed by

- international tandem teams
- mixed teams in the labs
- mixed teams for projects and seminars

## Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität

In the course of their study, the graduates have already reached a level of knowledge and understanding that enables them to analyze not only simple but also complex interactions. On this basis, they are capable of independently identifying scientific or practice-related issues in the following fields:

- mechatronic questions
- model and simulate mechatronic systems
- construct electrical and IT components
- present mechatronic projects

## Modul: Optional Module

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master) |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)                            |
| Modulnummer:                       | 11   |
| Modultitel:                        | Optional Module                                      |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow                              |
| Art des Moduls:                    | Wahlpflicht  |
| Inhalt des Moduls:                 | s.M. Table 2 § 30 SPO                                |
| Veranstaltungen:                   | Elective (Table 2 §30 SPO)                           |
| Lehr- und Lernformen:              | s.M. Table 2 §30 SPO                                 |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Dependent on the lecture                             |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems          |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | s.M. Table 2 §30 SPO                                 |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5  |
| Benotung:                          | s.M. Table 2 §30 SPO                                 |
| Arbeitsaufwand:                    | s.M. Table 2 §30 SPO                                 |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig   |
| Häufigkeit des Angebots:           | NaN  |
| Literatur:                         |  |
| Anwesenheitspflicht:               | nein   |



# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

The graduates can develop sustainable products and learn the content of a new aspect of embedded systems. The graduates can create sustainable products under the aspects of different kinds of embedded systems.

Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## **Kommunikation und Kooperation**

The graduates prove their achieved knowledge at a practical project.

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

The graduates prove their achieved knowledge at a practical project and can create a system within an embedded system.

# Modul: Master Thesis

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 12  |
| Modultitel:                        | Master Thesis   |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Pflicht   |
| Inhalt des Moduls:                 | <p>The students should prove their knowledge of the theoretical and practical lectures on an engineering project. With the contents for the module, sustainable work, design and economics will be taught. It will be improved to a level, that it fits to the needs of companies.</p> <p>Die Studierenden sollen anhand eines umfangreichen Projekts ihre während des Studiums erworbenen theoretischen und praktischen Fähigkeiten zum Einsatz bringen. Neben und mit den Inhalten der Module werden die Studierenden nachhaltiges Arbeiten, Entwerfen und Wirtschaften lernen. Die Kenntnisse aus dem Studium werden vertieft und werden bis zur Masterarbeit auf einem Niveau sein, dass die Arbeit in den Firmen den Ansprüchen der Nachhaltigkeit entspricht.</p> |
| Veranstaltungen:                   | Master-Thesis incl. Colloquium  |
| Lehr- und Lernformen:              | Ingenieurarbeit   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | The Master's thesis can only be commenced if all courses and related coursework required for semesters EE1 and EE2 have been completed, corresponding to at least 50 credit points.   |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | <p>MT</p> <p>After completion of the Master's thesis the results shall be presented at the Hochschule Ravensburg-Weingarten – University of Applied Sciences in an event open to all members of the university.</p>   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 25  |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | The Master's thesis shall have a duration of 6 months. It will be assessed and graded by two professors one of whom shall be lecturing at the Hochschule Ravensburg-Weingarten – University of Applied Sciences.  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Jedes Semester  |
| Literatur:                         |   |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Schwerpunkt:

Wissensverständnis ( erkenntnistheoretisch begründete Richtigkeit und Reflexion fachlicher und praxisrelevanter Aussagen.)

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

Realize an engineering project by means of the knowledge so far achieved.

- Energy transition,
- Sustainable economic activity,
- Application of green energy,
- Application of autonomous cars and the problems,
- embedded systems and IoT, Industry 4.0 and autonomous driving.

Communication in international teams in projects and seminars.

# Modul: Computer Vision

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 13  |
| Modultitel:                        | Computer Vision   |
| Modulverantwortliche/r:            | Professor Dr. rer. nat. Stefan Elser  |
| Art des Moduls:                    | Wahl  |
| Inhalt des Moduls:                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brief introduction</li> <li>2. The pinhole camera model</li> <li>3. Recognition</li> <li>4. Motion analysis</li> <li>5. 3D reconstruction</li> </ol> <p>We will focus on automotive applications and take a look at both, traditional and machine learning algorithms. To evaluate some of these algorithms, we will take a look at different datasets. These datasets can also be used as a benchmark for our projects. For traditional algorithms, we will work with OpenCV. For machine learning algorithms, we will take a look at the TensorFlow Object Detection API. As part of this course, you will implement or evaluate one of these algorithms using C++ or Python. The algorithms will either have to work on already recorded data (like the datasets above) or a given sensor.</p> |
| Veranstaltungen:                   | 7781 Computer Vision  |
| Lehr- und Lernformen:              | Vorlesung   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | <p>Good understanding of mathematics in general.</p> <p>Good understanding of at least one programming language, preferable Python or C++.</p> <p>Depending on your project: additional knowledge and first experiences with machine learning using TensorFlow or comparable frameworks.</p>  |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | PF consisting of 50% PA and 50% K60   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | ca. 50h für Lehrveranstaltungen, ca. 100h für das Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Prüfungsvorbereitung)  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Nur Sommersemester  |
| Literatur:                         | <p>Szeliski, Richard. "Computer vision: algorithms and applications." Springer Science &amp; Business Media, 2010.</p> <p>Janai, Joel, et al. "Computer vision for autonomous vehicles: Problems, datasets and state of the art." Arxiv (2017): arXiv-1704.</p>   |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Absolventinnen und Absolventen haben ihr Wissen auf folgenden Gebieten erweitert und können dieses Wissen auch wiedergeben:

Grundlegende Algorithmen der Computer Vision wie Object Detection, Motion Analysis, 3D Reconstruction.

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Absolventinnen und Absolventen können das Wissen aus folgenden Themenbereichen praktisch anwenden:

Implementierung von Computer Vision Algorithmen und deren Evaluation.

Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

# Modul: Lidar and Radar Systems

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 14  |
| Modultitel:                        | Lidar and Radar Systems   |
| Modulverantwortliche/r:            | Professor Dr. rer. nat. Stefan Elser  |
| Art des Moduls:                    | Wahl  |
| Inhalt des Moduls:                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brief introduction</li> <li>2. Radar sensors and signals</li> <li>3. Radar: Velocity and distance measurement</li> <li>4. Lidar sensors</li> <li>5. Lidar: Distance measurement</li> <li>6. Algorithms: simple object detection and tracking</li> </ol> <p>We will focus on automotive applications but also take a look at other applications.</p> <p>As part of this course, you will use a sensor or already recorded data to implement your own algorithms or evaluate already existing functions using C++ or Python</p> |
| Veranstaltungen:                   | 7945 Lidar and Radar Systems  |
| Lehr- und Lernformen:              | Vorlesung   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | <p>Good understanding of mathematics in general.</p> <p>Good understanding of at least one programming language, preferable Python, C or C++.</p> <p>Depending on your project: additional knowledge and first experiences with electrical engineering</p>  |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | PF consisting of 50% PA and 50% K60   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | ca. 50h für Lehrveranstaltungen, ca. 100h für das Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Prüfungsvorbereitung)  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Nur Wintersemester  |
| Literatur:                         | <p>Merril Ivan Skolnik: "Introduction to radar systems", McGraw Hill Book Co.</p> <p>Christian Wolff: "Radartutorial", <a href="http://www.radartutorial.eu">www.radartutorial.eu</a></p> <p>Feng, Di, et al. "Deep multi-modal object detection and semantic segmentation for autonomous driving: Datasets, methods, and challenges." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (2020).</p>  |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Absolventinnen und Absolventen haben ihr Wissen auf folgenden Gebieten erweitert und können dieses Wissen auch wiedergeben:

Physikalische Grundlagen von Radar- und Lidar-Sensoren, grundlegende Algorithmen zur Signalauswertung, Geschwindigkeitsberechnung und Objekterkennung.

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Absolventinnen und Absolventen können das Wissen aus folgenden Themenbereichen praktisch anwenden: Implementierung und Evaluation einer Objekterkennung in Punktwolken.

Schwerpunkt:

Nutzung und Transfer

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

# Modul: SW-HW-Design

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 15  |
| Modultitel:                        | SW-HW-Design  |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Wahl  |
| Inhalt des Moduls:                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to System-on-Chip</li> <li>- Requirements management</li> <li>- Writing a Specification</li> <li>- Modelling (SystemC) of a SoC</li> <li>- Development of a SoC</li> </ul>  |
| Veranstaltungen:                   | SW- and HW-Design   |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Project   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: | Bachelor knowledge of digital circuit design, Circuit & Systems 1, VHDL and C++   |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems, Master Mechatronics, Master Informatik   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | PF (50% P, 50% K60)<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Requirements (10%), after ca. 2 weeks</li> <li>- 1. Specification (10%), after ca. 1 month</li> <li>- Simulation Sign-Off (10%/20%), after ca. 2,5/3 months (depending on synthesis)</li> <li>- Synthesis Sign-Off (10%), after ca. 3 month (if applicable)</li> <li>- Final Specification (40%), at the end</li> <li>- Presentation &amp; Questions (20%), at the end</li> </ul> |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Nur Wintersemester  |
| Literatur:                         | 1. Arora, Mohit; The Art of Hardware Architecture: Design Methods and Techniques for Digital Circuits<br>2. Douglas Perry; VHDL : Programming By Example<br>3. Patrick Schaumont; A Practical Introduction to Hardware/Software Codesign<br>4. SystemC from the Ground Up   |
| Anwesenheitspflicht:               | ja  |
| Begründung:                        | 1. Lab.- work<br>2. minimum 80 %<br>3. there will be dates for repetition of tasks<br>(Because of Corona, the presence times will be reduced)   |



# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

The graduates know what the specifics of a System-on-Chip are.

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

The graduates will be able to develop a SoC and to describe a SoC with SystemC. They will be able to describe a SoC with VHDL and synthesize it.

Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## **Kommunikation und Kooperation**

The intercultural competence of the graduates will be developed by

- international tandem teams
- mixed teams in the labs
- mixed teams for projects and seminars

With the contents for the module, sustainable work, design and economics will be taught. It will be improved to a level, that it fits to the needs of companies.

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

The graduates can organize an architecture of a SW-HW project.

# Modul: Computer Architecture

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Studiengang:                       | Electrical Engineering and Embedded Systems (Master)  |
| Abschlussgrad:                     | Master of Science (M.Sc.)   |
| Modulnummer:                       | 16  |
| Modultitel:                        | Computer Architecture   |
| Modulverantwortliche/r:            | Prof. Andreas Siggelkow   |
| Art des Moduls:                    | Wahl  |
| Inhalt des Moduls:                 | <p>Zunächst wird ein genereller Überblick über den möglichen Aufbau von Rechnersystemen gegeben. Dieser Überblick schließt eine kritische Betrachtung relevanter Entwurfskriterien für Rechnerarchitekturen ein. Diesem einleitenden Teil schließt sich eine Darstellung der Funktionsweisen der wesentlichen Komponenten eines Rechners an. Besondere Beachtung finden die im Rechner eingesetzten Speicherstrukturen (unterschiedliche Speichertypen, Cachespeicher und Cachecontroller) und Bussysteme.</p> <p>Die Darstellung verschiedenster Prozessoren, die einen wesentlichen Bestandteil dieses Moduls darstellen, startet mit einer kurzen Erläuterung des Aufbaus festverdrahteter und mikroprogrammierter Rechenwerke. Dem Schließen sich die Erläuterungen von RISC- und CISC-Prozessoren an. Die Wirkungsweisen dieser Architekturen werden an ausgesuchten Beispielen wie dem ARM dargestellt.</p> <p>Den Abschluss findet dieses Modul mit einer Einführung in die Architektur paralleler Rechnersysteme.</p> |
| Veranstaltungen:                   | 4872 Computer Architecture  |
| Lehr- und Lernformen:              | Lecture and Project   |
| Voraussetzungen für die Teilnahme: |   |
| Verwendbarkeit des Moduls:         | Electrical Engineering and Embedded Systems   |
| Voraussetzungen Vergabe ECTS:      | K90   |
| ECTS-Leistungspunkte:              | 5   |
| Benotung:                          | benotet   |
| Arbeitsaufwand:                    | Es wird von einem Workload von 30 Stunden je ECTS ausgegangen.  |
| Dauer des Moduls:                  | einsemestrig  |
| Häufigkeit des Angebots:           | Nur Sommersemester  |
| Literatur:                         | J.L. Hennesy, D.A. Patterson; "Computer Architecture"; Morgan Kaufmann Publisher  |
| Anwesenheitspflicht:               | nein  |

# Kompetenzdimensionen

## **Wissen und Verstehen**

Schwerpunkt:

Vertiefung einzelner Bestandteile des Wissens

## **Einsatz, Anwendung und Erzeugung von Wissen/Kunst**

Schwerpunkt:

Wissenschaftliche Innovation

## **Kommunikation und Kooperation**

## **Wissenschaftliches / künstlerisches Selbstverständnis und Professionalität**

Gültig ab: WS20/21

SPO: 27.06.2019

Druckdatum: 21.09.2020