



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

ANLAGE A1

MODULHANDBUCH

- basierend auf der Studien- und Prüfungsordnung vom 29.01.2018 -

MASTERSTUDIENGANG LEISTUNGS- UND MIKROELEKTRONIK

FAKULTÄT TECHNIK

HOCHSCHULE REUTLINGEN



Vorbemerkung:

Im Folgenden werden die in der Studien- und Prüfungsordnung angegebenen Module des Studiengangs "Leistungs- und Mikroelektronik" im Einzelnen beschrieben. Für jedes Modul stehen auf einer einleitenden Seite Informationen, die für das gesamte Modul gelten. Anschließend werden insbesondere die Inhalte der einzelnen Lehrveranstaltungen des Moduls auf jeweils einer weiteren Seite dargestellt. Bei den einzelnen Lehrveranstaltungen sind keine Credit Points angegeben, da diese lediglich für das Modul in seiner Gesamtheit vergeben werden.

Die Nennung von Voraussetzungen für bestimmte Veranstaltungen ist als Information an die Studierenden zu verstehen, welche Kenntnisse sie besitzen müssen, um ein dargestelltes Modul mit Erfolg absolvieren zu können. Es ist nicht vorgesehen, das formale Vorliegen dieser Voraussetzungen bei der Belegung von Modulen zu überprüfen und gegebenenfalls Studierende von der Teilnahme an Veranstaltungen auszuschließen, etwa weil sie die Prüfung in einer als Voraussetzung genannten vorhergehenden Veranstaltung nicht bestanden haben.

Soweit im Modulhandbuch Vertiefungsfächer beschrieben werden, bedeutet dies nicht, dass ein in der Studien- und Prüfungsordnung gefordertes Wahlpflichtmodul ausschließlich durch diese Lehrveranstaltungen abgedeckt werden muss. Neben den hier aufgeführten Vertiefungsfächern können auch Fächer aus anderen Studiengängen, anderen Fakultäten und anderen Hochschulen belegt werden, sofern diese vorab durch den Prüfungsausschuss genehmigt wurden.

Bei der "Leistungs- und Mikroelektronik" handelt es sich um einen Masterstudiengang mit vier Semestern (zu je 30 ECTS), der mit dem Titel "Master of Science (M.Sc.)" abschließt.

Der Studiengang ist als Vollzeit-Präsenz-Studiengang konzipiert. Es besteht jedoch die Möglichkeit, diesen in sogenannter "Individueller Teilzeit" zu studieren.

Liste der Module nach Semestern

- Sem. 1: LEM01 Halbleiterbauelemente der Leistungselektronik
 LEM02 Design integrierter analoger Schaltkreise
 LEM03 Layoutentwurf integrierter Schaltkreise
 LEM04 Physik der Mikro- und Leistungselektronik
 LEM05 Schaltungstechnik in der Leistungselektronik
- Sem. 2: LEM06 Design integrierter Mixed-Signal Schaltungen
 LEM07 Projektpraktikum: Entwurf eines leistungs-/mikroelektronischen
 Systems
 LEM08 Aufbau- und Verbindungstechnik
- Sem. 3: LEM09 Design integrierter elektronischer Systeme
 LEM10 Projektpraktikum: Implementierung / Validierung eines leistungs-
 /mikroelektronischen Systems
 LEM11 Leistungselektronik und Antriebsregelung
 LEM12 Hochfrequenz-Schaltungstechnik
- Sem. 4: LEM13 Master-Thesis

Liste der Wahlpflichtmodule

- LEMW01 Modellierung und Simulation leistungselektronischer und mikromechanischer Systeme
- LEMW02 Elektromagnetische Verträglichkeit und ESD
- LEMW03 Herstellung und Eigenschaften Moderner Leistungshalbleiter
- LEMW04 Digital-Design in CMOS-Technologie
- LEMW05 Entwurfsautomatisierung
- LEMW06 Integrierte Sensoren
- LEMW07 Testverfahren für integrierte Schaltkreise
- LEMW08 Alternative Energien
- LEMW09 Numerische Mathematik

Modultitel: Halbleiterbauelemente der Leistungselektronik

Modulnummer: LEM01

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 1

SWS: 5

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden haben einen Überblick über moderne Halbleiter- und Leistungshalbleiterbauelemente. Neben ihrem Aufbau kennen sie die grundlegende Funktionsweise der Bauelemente sowie ihr Verhalten, ihre Einsatzgebiete und ihre Grenzen. Sie können Leistungshalbleiter korrekt auslegen und beherrschen den Umgang mit einfachen Modellen.

Typische Fragestellungen können von den Studierenden unter Anwendung der üblichen Methoden selbständig bearbeitet und gelöst werden. Sie sind in der Lage, Messungen an Leistungshalbleitern durchzuführen und die Messergebnisse mit dem Modell des Halbleiters zu erklären und mathematisch zu verifizieren.

Die Studierenden sind in der Lage, englischsprachige Fachtexte zu verstehen. Die gebräuchlichen Fachtermini aus dem Bereich der Halbleiterbauelemente sind ihnen in deutscher sowie in englischer Sprache bekannt.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Halbleiterbauelemente der Leistungselektronik
Fachname II: Halbleiterbauelemente der Leistungselektronik Praktikum

Prüfung: KL120, PR

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: LEM11

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung: Halbleiterbauelemente der Leistungselektronik

Semester: 1

SWS: 4

ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung und Übungen

Dozent(en): Dr. Christian Maier

Inhalte:

- 1) Grundlagen der Halbleiterphysik (Wdh.)
 - Eigenleitung, Bandlücke und Massenwirkungsgesetz
 - Störstellenleitung und Bandstruktur
 - Grundgleichungen (Drift-Diffusion, Bilanz und Poisson)
- 2) Der pn-Übergang (Wdh.)
 - Feld- und Potentialverlauf des pn-Übergangs
 - Diodenkennlinie (Schockley-Theorie)
 - maximale Sperrspannung und Durchbruch
- 3) Einführung in die Herstellung von Halbleiterbauelementen
- 4) Dioden
 - Abweichung vom idealen pn-Übergang
 - Modellierung und Ersatzschaltung
 - pin-Dioden (Aufbau, Funktion und Schaltverhalten)
 - Schottky-Dioden (auch wide bandgap)
- 5) Bipolare (Leistungs-) Transistoren
 - Grundstruktur und Funktionsweise (Wdh.)
 - Abweichungen vom idealen Transistor
 - Bauformen und Heterobipolartransistoren
 - Modellierung und Ersatzschaltung
 - hohe Kollektorströme und Durchbruchmechanismen
- 6) Thyristoren
 - Aufbau und Wirkungsweise
 - Ersatzschaltbild, Zünd- und Haltebedingung
 - Schaltverhalten und Löschsaltungen
 - Sonderformen (TRIAC, GTO und CGT)
- 7) MOS-Feldeffekt-(Leistungs-)Transistoren
 - MOS-System, Betriebszustände und Inversion (Wdh.)
 - MOSFET-Grundstruktur, Funktionsweise (Wdh.)
 - Schwellspannung und Theorie der Ladungssteuerung
 - Drain-Extension und DMOS-Leistungstransistoren
 - Einschaltwiderstand und Sperrverhalten
 - DMOS-Varianten und Kompensations-MOSFET
- 8) Insulated-Gate Transistor (IGBT)
 - Aufbau und Wirkungsweise
 - Auslegungsgesichtspunkte und IGBT-Varianten
 - Vergleich mit DMOS
- 9) Gehäuse und thermisches Verhalten
 - Anforderungen an Gehäuse für Leistungsbaulemente
 - Entstehung und Abführung von Verlustleistung
 - Thermisches Ersatzschaltbild, Zth-Diagramme

Skripte/Medien:

Vorlesungsskript (in englischer Sprache), Umdrucke

Literatur:

S. Linder: Power Semiconductors. EPFL Press, 2006
J. Lutz: Halbleiter-Leistungsbaulemente. Springer-Verlag 2006
D. Schröder: Leistungselektronische Baulemente. Springer-Verlag 2006

Lehrveranstaltung:	Halbleiterbauelemente der Leistungselektronik Praktikum
Semester:	1
SWS:	1
ECTS:	0
Lehrform:	Praktikum
Dozent(en):	Dr. Christian Maier
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Messtechnische Bestimmung grundlegender elektrischer Kenndaten bei verschiedenen Temperaturen an Dioden, Bipolartransistoren, MOSFETs und IGBTs2) Kapazitätsmessungen an Halbleiterbauelementen3) Schaltzeitmessungen an Dioden4) Parametrisierung von Ersatzschaltungen5) Bestimmung des thermischen Verhaltens
Skripte/Medien:	Umdrucke
Literatur:	Praktikumsanleitung

Modultitel: Design integrierter analoger Schaltkreise

Modulnummer: LEM02

Modulbeauftragter: Prof. Dr. Ertugrul Sönmez

Semester: 1

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden können analoge Schaltungstechniken anwenden und sind in Theorie und Praxis zum selbstständigen Entwurf und zur Optimierung von Grundsaltungen der Mikroelektronik in der Lage.

Darüber kennen sie aus Herstellungsverfahren und anderen Ursachen resultierenden Parameterschwankungen der Bauelemente und können daraus Maßnahmen zur Optimierung der Schaltungsfunktion ableiten.

Theoretische Kenntnisse werden ergänzt durch praktische Übungen mit industrieüblichen Entwurfswerkzeugen zur Schaltplaneingabe, Schaltungssimulation und -verifikation.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Design integrierter analoger Schaltkreise
Fachname II: Design integrierter analoger Schaltkreise Praktikum

Prüfung: KL90, PR

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Design integrierter analoger Schaltkreise
Semester:	1
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung mit integrierten Übungen
Dozent(en):	Prof. Dr. Ertugrul Sönmez
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">1) Bauelemente und Modelle<ul style="list-style-type: none">- Grundlegende Modell-Prinzipien (Kleinsignal-Modelle, Temperatur) (tlw. Wdh.)- Modelle für Dioden, Bipolar- und MOS-Transistoren (tlw. Wdh.)- Einführung in Spice- Matching und Rauschen 2) Grundsaltungen<ul style="list-style-type: none">- Emitter-, Kollektor- und Basisschaltung (tlw. Wdh.)- Source-, Drain- und Gateschaltung (tlw. Wdh.)- Kaskodeschaltung- Aktive Lasten 3) Grundfunktionen<ul style="list-style-type: none">- Stromquellen, Stromspiegel- Spannungs- und Stromreferenzen (Bandgap, TK0-Quellen etc.) 4) Verstärker<ul style="list-style-type: none">- Differenzverstärker (tlw. Wdh.)- Frequenzverhalten (tlw. Wdh.)- Rückkopplung und dynamische Stabilität (tlw. Wdh.)- Eingangsstufen (Rail-to-Rail)- Ausgangsstufen (A, AB, B-Betrieb)- Operationsverstärker (Kennwerte, Schaltungsarchitekturen, Entwurfsbeispiele) 5) Komparatoren, Schmitt-Trigger
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Tafel, Folie
Literatur:	Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits Allen/Holberg: CMOS Analog Circuit Design Gray/Meyer: Analysis and Design of Analog Integrated Circuits

Lehrveranstaltung:	Design integrierter analoger Schaltkreise Praktikum
Semester:	1
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Entwurfspraktikum am Rechner
Dozent(en):	Prof. Dr. Ertugrul Sönmez
Inhalte:	1) Dimensionierung von Grundsaltungen 2) Überprüfung der Berechnungen durch Simulation 3) Praktikumsthemen: - Transistor-Kennlinien und Kleinsignalparameter - MOS Transistor als Widerstand und Kapazität - Grundsaltungen (Sourceschaltung und Sourcefolger) - Temperatursensor - Differenzverstärker - Zweistufiger Operationsverstärker mit Miller-Kompensation
Skripte/Medien:	Umdrucke
Literatur:	Vorlesungsskript

Modultitel: Layoutentwurf integrierter Schaltkreise

Modulnummer: LEM03

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 1

SWS: 5

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden kennen und verstehen die Aufgaben und den Ablauf des physikalischen Entwurfs (Layoutentwurfs) integrierter Schaltkreise. Sie kennen die spezifischen Anforderungen im Layoutentwurf für analoge und digitale Schaltkreise und verstehen die sich hieraus ergebenden Unterschiede in den beiden Entwurfsstilen und -prozessen.

Sie kennen die Herstellungsverfahren integrierter Schaltkreise und die daraus resultierenden Parameterschwankungen der Bauelemente. Sie sind in der Lage, die sich hieraus ergebenden Funktionsabweichungen in analogen Schaltungen durch entsprechende layouttechnische Maßnahmen zu minimieren. Die Studierenden wissen, welche parasitären Effekte und Ausfallmechanismen in integrierten Schaltkreisen auftreten und können wirksame Gegenmaßnahmen im physikalischen Entwurf analoger Schaltungen bestimmen und umsetzen.

Die Studierenden können den schaltplangetriebenen Layoutentwurfsfluss (SDL) mit industrieüblichen EDA-Werkzeugen für analoge Schaltungen praktisch anwenden und kennen wichtige Strategien für häufig auftretende Anforderungen. Sie beherrschen den Entwurf von Layoutblöcken und die wichtigen Verifikationsschritte DRC (Design Rule Check) und LVS (Layout versus Schematic Check). Sie können den für digitale Schaltungen in der Industrie üblichen automatisierten Entwurfsfluss für Standardzellen anwenden (P&R = Place and Route).

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Layoutentwurf integrierter Schaltkreise
Fachname II: Layoutentwurf integrierter Schaltkreise Praktikum

Prüfung: KL90, PR

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: LEM10, LEMW05

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote:

Lehrveranstaltung: Layoutentwurf integrierter Schaltkreise

Semester: 1
SWS: 3
ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung

Dozent(en): Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Inhalte:

- 1) Einführung
 - Aufgabe und Ablauf des Layoutentwurfs
 - Entwurfsschritte, Entwurststile
 - Unterschiede für analoge und digitale Schaltungen
- 2) Halbleiterprozesse integrierter Schaltkreise
 - Grundlegende Herstellverfahren (Wdh.)
 - Der Standard-Bipolarprozess und dessen Bauelemente
 - Der Polygate-CMOS-Prozess und dessen Bauelemente
- 3) Parameterabweichungen und Gegenmaßnahmen im Layout
 - Fertigungsbedingte Abweichungen (z.B. Driften, Randeffekte)
 - Entwurfsbedingte Abweichungen (z.B. Temperaturgradienten)
 - Prinzip des Matchings und Umsetzung von Symmetrien im Analoglayout
- 4) Ausfallmechanismen und Gegenmaßnahmen im Layout
 - Überlastungsmechanismen (z.B. ESD, Elektromigration)
 - Passive Parasiten
 - Aktive Parasiten (Oberflächeneffekte, Substrateffekte)
- 5) Spezielle Methoden und Strategien im Analoglayout
 - Dimensionierung von Leitbahnen
 - Verdrahtungskonzepte (z.B. Powerrouting, Sternverdrahtung)
 - Konzepte für das Floorplanning
 - Hierarchische Strukturierung eines Entwurfs
 - Layoutmaßnahmen für Labormuster
 - Abgleichverfahren
- 6) Spezielle Methoden und Strategien im Digitallayout
 - Standardzell-Entwurf
 - Autoplacement und Autorouting
- 7) Verifikation im Layout
 - Verifikation der Entwurfsregeln (DRC - Design Rule Check)
 - Verifikation der Netzlistenkonsistenz (LVS - Layout versus Schematic Check)
 - Parasitenextraktion (PEX ? Parasitic Extraction)

Skripte/Medien: Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, Exponate zu Herstellverfahren, E-Learning

Literatur: A. Hastings: The Art of Analog Layout, Second Edition, Pearson / Prentice Hall.
K.-H. Cordes, A. Waag, N. Heuck: Integrierte Schaltungen, Pearson Studium.

Lehrveranstaltung:	Layoutentwurf integrierter Schaltkreise Praktikum
Semester:	1
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Praktikum
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Scheible und Assistenten
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Übungen zur Nutzung der Entwurfsumgebung (Cadence Virtuoso XL, Assura)<ul style="list-style-type: none">- Tutorial zum Graphikeditor (Polygon Pushing)- Tutorial zum SDL-Entwurfsfluss (Pick & Place)2) Handentwurf eines einfachen MOS-Transistors<ul style="list-style-type: none">- NMOS-Transistor- PMOS-Transistor- Verifikation mit DRC und LVS3) Layoutentwurf eines analogen Schaltungsblocks<ul style="list-style-type: none">- Schaltungssimulation- Anwendung SDL-Entwurf und PCells- Erzeugung von Matching-Strukturen mit Modgens- verifikation mit DRC und LVS4) Layoutentwurf eines Leistungstransistors<ul style="list-style-type: none">- Anwendung von PCells- Auslegung der Verdrahtungsstruktur5) Erstellung bzw. Erweiterung von DRC-Rulefiles<ul style="list-style-type: none">- Einarbeitung in Regel-Syntax- Erstellung von Regeln zur Erkennung spezifischer Layoutprobleme6) Layoutentwurf einer Digialschaltung mit Standardzellen<ul style="list-style-type: none">- Erstellung von Skripten- Einstellung von Optimierungsparametern- Anwendung eines modernen P&R-Tools
Skripte/Medien:	Tutorials, Arbeitsblätter EDA-Entwurfsumgebung von Cadence "Generic PDKs" (spezielle Halbleiterprozess-Bibliothek für Lehrzwecke)
Literatur:	User Manuals und Trainingsunterlagen der eingesetzten EDA Tools (Cadence Virtuoso, Cadence Encounter, Cadence Assura, Mentor Calibre)

Modultitel: Physik der Mikro- und Leistungselektronik

Modulnummer: LEM04

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 1

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden sind mit den grundlegenden Beschreibungen der Festkörperphysik vertraut. Sie besitzen grundlegende Kenntnisse der Materialien, wie sie für passive Bauelemente, insbesondere Kondensatoren und Spulen verwendet werden. Sie kennen die grundlegenden festkörperphysikalischen Beschreibungen von Leitern, Halbleitern und Isolatoren und deren technische Realisierungsform. Im Bereich der magnetischen Materialien sind die festkörperphysikalischen Grundlagen verstanden und deren Auswirkungen in technischen Realisierungen und Schaltungsanwendungen bekannt.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Physik der Mikro- und Leistungselektronik

Prüfung: KL120

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 60 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 120 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Physik der Mikro- und Leistungselektronik
Semester:	1
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Dr. Lothar Schmidt
Inhalte:	Grundlagen der Festkörperphysik: <ul style="list-style-type: none">- chemische Bindung im Festkörper- Kristallstrukturen- Beugungen an periodischen Strukturen- Phononen- Dynamik von Kristallgittern- "Freie" Elektronen im Festkörper und elektronische Bänder im Festkörper- Bewegung von Ladungsträgern und Transportphänomene- Halbleiter (Ladungsträgerdichte, Leitfähigkeit)- Ferromagnetismus und Supraleiter- Dielektrische Eigenschaften der Materie- Piezo-Effekt, Diffusion im Festkörper
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Folien
Literatur:	H. Ibach/ H. Lüth, Festkörperphysik, Einführung in die Grundlagen

Modultitel: Schaltungstechnik in der Leistungselektronik

Modulnummer: LEM05

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Ulf Schwalbe

Semester: 1

SWS: 5

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden kennen die klassischen Wandler der Leistungselektronik mit allen realen Eigenschaften der Leistungsbaulemente. Sie können alle relevanten Ströme und Spannungen berechnen sowie die Leistungsbaulemente dimensionieren. Sie verstehen das Funktionsverhalten von Schaltnetzteilen und können die Belastung der Leistungsbaulemente analytisch berechnen. Die Studierenden sind in der Lage, die Anforderungen an die Steuer- und Regelelektronik für den Leistungsteil detailliert zu spezifizieren. Sie kennen das Schaltverhalten von MOSFETs und IGBTs sowie die parasitären Eigenschaften von induktiven Bauelementen und Kondensatoren. Sie kennen die EMV-kritischen Vorgänge und können die EMV-relevanten Pfade mit Hilfe der Strompfad-Analyse herausfinden.

Durch die im Rahmen des Praktikums stattfindende Arbeit in Zweiergruppen, deren Teilergebnisse zu einer Gesamtfunktion zusammengefügt werden, verfügen die Studierenden über Erfahrung in der Bearbeitung eines Projekts als Team und kennen die dabei zu beachtenden Regeln und Störfaktoren.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Schaltungstechnik in der Leistungselektronik
Fachname II: Schaltungstechnik in der Leistungselektronik Praktikum

Prüfung: MP45, PR

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Schaltungstechnik in der Leistungselektronik
Semester:	1
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung mit einzelnen Übungen
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Ulf Schwalbe
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Grundlagen der Energiespeicher und ihre Verwendung in der Leistungselektronik (Wdh.)2) Behandlung der klassischen Wandler (Wdh.)<ul style="list-style-type: none">- Aufwärtswandler und Abwärtswandler- Sperrwandler- Eintaktflusswandler und Gegentaktflusswandler- Ergänzungen einiger Derivate der klassischen Wandler3) Das T-Ersatzschaltbild des Transformators (Wdh.)4) Ersatzschaltbilder von MOSFETs, Kondensatoren und induktiven Bauelementen und deren Anwendung zur Berechnung und Dimensionierung von Schaltreglern.5) Anforderungen an das Layout der Leiterplatte unter den Gesichtspunkten der Wärmeableitung und der EMV6) Vorstellung und Besprechung der für die Ansteuerung der Leistungsbaulemente notwendigen Treiberschaltungen, Unterscheidung zwischen<ul style="list-style-type: none">- galvanisch gekoppelten und- potentialgetrennten Treiberschaltungen7) Regelung und PWM-Erzeugung
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Folien
Literatur:	Schlenz, Ulrich: Schaltnetzteile und ihre Peripherie, Vieweg, ISBN: 3-528-13935-8

Lehrveranstaltung:	Schaltungstechnik in der Leistungselektronik Praktikum
Semester:	1
SWS:	1
ECTS:	0
Lehrform:	Praktikum in Zweiergruppen
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Ulf Schwalbe
Inhalte:	<p>Aufbau eines DC/DC-Wandlers</p> <ul style="list-style-type: none">- Zeichnen des Schaltplans- Dimensionierung und Beschaffung aller Leistungsbau-elemente- Entwurf, Bestellung und Bestückung der Leiterplatte- Inbetriebnahme- Messen relevanter Ströme, Spannungen- Temperaturmessung und Vergleich mit den Berechnungen <p>Während der Inbetriebnahme lernen die Studierenden die Messtechnik in der Leistungselektronik kennen.</p>
Skripte/Medien:	Tafelanschrieb, einzelne Berechnungen als Umdruck
Literatur:	wie in der Vorlesung, zusätzlich Datenblätter

Modultitel: Design integrierter Mixed-Signal Schaltungen

Modulnummer: LEM06

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig

Semester: 2

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden können mixed-signal Schaltungstechniken anwenden und die Funktion komplexer Schaltungen erfassen. Sie sind zum selbstständigen Entwurf sowie zur Optimierung von komplexeren Schaltungen in der Lage. Zudem verfügen sie über praktische Erfahrungen in der Anwendung der vermittelten theoretischen Kenntnisse und sind zur Entwicklung von Problemlösungen befähigt. Sie sind in der Lage, ihre Vorgehensweise selbständig zu dokumentieren.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Design integrierter Mixed-Signal Schaltungen
Fachname II: Design integrierter Mixed-Signal Schaltungen Praktikum

Prüfung: KL90, TES

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Design integrierter Mixed-Signal Schaltungen
Semester:	2
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">1) Signalgeneratoren<ul style="list-style-type: none">- Relaxations-, Ring-, RC-, LC-, Quarz-Oszillatoren- Abstimmbare Oszillatoren (VCO) 2) Phase Locked Loop (PLL)<ul style="list-style-type: none">- Aufbau, Funktionsprinzip, Kenngrößen, dynamisches Verhalten- Charge Pump PLL 3) Switched-Capacitor-Schaltungen (SC)<ul style="list-style-type: none">- Transistor als Schalter (tlw. Wdh.)- SC-Grundsaltungen und deren Analyse 4) Entwurf analoger Filter<ul style="list-style-type: none">- Filterarten und ?charakteristik (tlw. Wdh.)- SC-Filter, GmC-Filter 5) Rauschen<ul style="list-style-type: none">- Einführunge, Rauscharten- Rausch-Ersatzschaltbilder von aktiven und passiven Bauelementen- Rauschanalyse und -optimierung 6) AD/DA-Wandler<ul style="list-style-type: none">- Einführung, Wandlergenauigkeit, Fehlerdefinitionen (tlw. Wdh.)- Sample-&Hold-Schaltungen, Grundsaltungen- DA-, AD-Prinzipien und deren schaltungstechnische Realisierung
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, Folien
Literatur:	Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits Allen/Holberg: CMOS Analog Circuit Design Johns/Martin: Analog Integrated Circuit Design

Lehrveranstaltung:	Design integrierter Mixed-Signal Schaltungen Praktikum
Semester:	2
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Entwurfspraktikum am Rechner
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Inhalte:	1) Dimensionierung von in der Vorlesung behandelten Schaltungen 2) Überprüfung der Berechnungen durch Simulation 3) Praktikumsthemen: - Relaxationsoszillator - Charge Pump PLL - SC-Integrierer - Rauschen - DAC/ADC
Skripte/Medien:	Umdrucke
Literatur:	Vorlesungsskript

Modultitel:	Projektpraktikum: Entwurf eines leistungs-/mikroelektronischen Systems
Modulnummer:	LEM07
Modulbeauftragter:	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Semester:	2
SWS:	4
ECTS:	6

Lernziele:

Die Studierenden sind in der Lage, die in vorangegangenen Modulen erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Rahmen einer industrienahen Elektronikentwicklung anzuwenden. Sie bewältigen den realen Entwicklungsprozess anhand einer konkreten und aktuellen Aufgabenstellung unter Wettbewerbsgesichtspunkten als Mitglieder eines Projektteams. Die Projektarbeit umfasst den Produktentstehungsprozess von der Ideenfindung bis zur Entwicklung.

Die Studierenden übernehmen die Verantwortung für alle technischen und organisatorischen Aufgaben innerhalb des Projektteams und tragen als Teammitglieder zum Gesamterfolg des Projektes bei. Sie sind mit den Methoden der Teamorganisation und den grundlegenden Prinzipien des Projektmanagements vertraut.

Insbesondere sind sie in der Lage, selbständig den zeitlichen Ablaufs und den Ressourceneinsatz zu planen und zu überwachen sowie Risiken zu bewerten. In regelmäßigen Projektbesprechungen wird die Fähigkeit zur Präsentation und Diskussion von Zwischen- oder Abschlussergebnissen in deutscher und englischer Sprache vor dem Kunden erworben.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Entwurf eines leistungs-/mikroelektronischen Systems

Prüfung: PA

Voraussetzungen: LEM01, LEM02, LEM04, LEM05

Voraussetzung für: LEM13

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung:	75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung:	105 h
Gesamtzeit:	180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht
Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Entwurf eines leistungs-/mikroelektronischen Systems
Semester:	2
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Gruppenarbeit
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">- Projektorganisation ausgehend von einer Kundenspezifikation- Grundlagen des Projektmanagements. Die Methoden des Projektmanagements werden durch deren Anwendung auf eine konkrete Forschungsaufgabe unter berufstypischen Bedingungen eingeübt.- Entwicklungsphasen und damit verbundene Aufgaben: Konzept-Phase, Design-Phase, Layout-Phase, Überführung in die Produktion- Projekt-Meilensteine: Jede Entwicklungsphase wird durch ein Review abgeschlossen, das als Besprechung mit dem Kunden angesetzt ist. Je nach Aufgabenstellung wird ein Konzept-Review, Design-Review, Layout-Review abgehalten. Die Studierenden präsentieren jeweils eigenständig, die Herangehensweise, die Ergebnisse und Risiken sowie noch offene Aufgaben für die nachfolgende Projektphase. Professoren des Studiengangs nehmen in den Reviews die Rolle des Kunden ein.- Entwicklungssystematik und Schaltungsentwicklung: Konzeptfindung, Implementierung, nominale Berechnung und Simulation, Worst-Case-Analyse, Layouterstellung- Präsentationstechniken und Dokumentation
Skripte/Medien:	<ul style="list-style-type: none">- Kundenspezifikation- Unterlagen zu Projektablauf und -aufgaben- Simulation, Labor
Literatur:	In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung

Modultitel: Aufbau- und Verbindungstechnik

Modulnummer: LEM08

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 2

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden kennen und verstehen Konzepte der Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik. Zudem ist ihnen die Bedeutung der Aufbau- und Verbindungstechnik für die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems vertraut. Sie können Einsatzmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile unterschiedlicher Technologien und Verfahren einschätzen und sicher beurteilen.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Aufbau- und Verbindungstechnik

Prüfung: KL120

Voraussetzungen: LEM01, LEM04, LEM05

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 60 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 120 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung: Aufbau- und Verbindungstechnik

Semester: 2

SWS: 4

ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung

Dozent(en): Dr. Rolf Becker

Inhalte:

- 1) Grundlagen der Zuverlässigkeit
 - Belastung, Belastbarkeit
 - Methodik für Zuverlässigkeitsdesign
 - Testmethoden, Lebensdauervorhersagen

- 2) Substrattechnologien
 - Materialien, Herstellung, technische Eigenschaften, Belastbarkeit, Einsatzgebiete
 - Leiterplatten
 - Dickschicht und keramische Multilayer
 - Leistungssubstrate, Stanzgitter

- 3) Bauelemente
 - Materialien, Herstellung, technische Eigenschaften, Belastbarkeit, Einsatzgebiete
 - passive BE, passive BE SMT
 - aktive Bauelemente SMT (FC, WLP, CSP, BGA, SO, TQFP)
 - Verpackungsformen für Leistungsbaulemente
 - bare die (Nackchips)

- 4) Verbindungstechniken
 - Werkstoffe, Verfahren, technische Eigenschaften, Belastbarkeit, Alterungs- und Ausfallmechanismen, Einsatzgebiete
 - Lötverfahren, SMT-Lötung
 - Leitkleben
 - Löten und Sintern Leistungs-HL
 - Dünndrahtbonden
 - Dickdrahtbonden, Bändchenbonden
 - Schweißen
 - Kaltkontaktiertechniken
 - mechanische Verbindungstechniken

- 5) Passivierung, Verpackung
 - Werkstoffe, Verfahren, technische Eigenschaften, Belastbarkeit, Alterungs- und Ausfallmechanismen, Einsatzgebiete
 - Lackieren
 - Vergießen
 - Molden

- 6) Wärmemanagement
 - Werkstoffe, Herstellung, technische Eigenschaften, Belastbarkeit, Einsatzgebiete
 - Entwärmungskonzepte für mittlere und hohe Leistungen

- 7) Aufbaukonzepte, Gehäuse
 - Materialien, Herstellung, technische Eigenschaften, Belastbarkeit, Einsatzgebiete
 - Beispiele automotiv Steuergeräte
 - Beispiele Mechatronik
 - Beispiele Leistungselektronik

- 8) Analyse aktueller Elektronikprodukte
 - Smartphone
 - Mechatronik
 - Leistungselektronik Fahrzeugantriebe

Skripte/Medien:

Vorlesungsskript

Literatur:

Scheel: Baugruppenttechnologie der Elektronik - Montage; Verlag Technik, 1999
Feldmann: Montage in der Leistungselektronik für globale Märkte; Springer Verlag, 2008

Modultitel: Design integrierter elektronischer Systeme

Modulnummer: LEM09

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig

Semester: 3

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden sind zum selbstständigen Entwurf und zur Optimierung von komplexen elektronischen Schaltungen in der Lage und können die Funktion komplexer Schaltungen erfassen. Die Studierenden verfügen über praktische Erfahrungen in der Anwendung der in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse und sind zur Entwicklung von Problemlösungen befähigt. Sie sind in der Lage, ihre Vorgehensweise selbständig zu dokumentieren.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Design integrierter elektronischer Systeme
Fachname II: Design integrierter elektronischer Systeme

Prüfung: KL90, PR

Voraussetzungen: LEM02

Voraussetzung für: LEM13

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Design integrierter elektronischer Systeme
Semester:	3
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Inhalte:	<p>1) Ladungspumpen</p> <p>2) Integration von Leistungsstufen/Leistungsschalter</p> <ul style="list-style-type: none">- Low Side- / High Side-Schalter, Halbbrücken/ Vollbrücke- Gate-Treiber- Freilaufkreise für induktive Lasten (tlw. Wdh.)- Verlustleistungsberechnung, thermische Auslegung (Rth, Zth)- Schutzfunktionen (Überstrom-/Übertemperatur)- Parasitäre Effekte (Inversstrom) <p>3) Lineare Spannungsregler</p> <ul style="list-style-type: none">- Schaltungsarchitekturen und -dimensionierung (tlw. Wdh.)- Stabilität und Kennwerte (PSRR, Lastausregelung, ?)- Weitere Regelschleifen wie Strombegrenzung <p>4) Integrierte Schaltregler</p> <ul style="list-style-type: none">- Arten: Buck, Boost, Buck-Boost- Regelprinzipien: Spannungs-/Stromregelung- Komponenten der Regelschleife, Kennwerte und Design- Parasitäre Effekte <p>5) Entwurf "System on Chip"</p> <ul style="list-style-type: none">- Schaltungsdesign in Hochvolt-BiCMOS Technologien (verfügbare Bauelemente, Kupferverdrahtung)- Spannungsversorgungen, Massekonzept, Floorplanning- Latch up, Isolation, ESD / EMV
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Tafel, Folien
Literatur:	Erickson: Fundamentals of Power Electronics Murari: Smart Power IC's

Lehrveranstaltung:	Design integrierter elektronischer Systeme
Semester:	3
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Entwurfspraktikum am Rechner, Messungen im Labor
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">- Analyse, Dimensionierung und Optimierung von in der Vorlesung behandelten Schaltungen- Überprüfung der Berechnungen durch Simulation- Absicherung von Schaltungsparametern durch "Worst case"-Betrachtungen (Variation von Temperatur, Technologie, Versorgungsspannung)- Themen:<ol style="list-style-type: none">1. Linearer Spannungsregler2. Ladungspumpe3. Levelshifter4. Gate-Treiber
Skripte/Medien:	Umdrucke
Literatur:	Vorlesungsskript

Modultitel: Projektpraktikum: Implementierung / Validierung eines leistungs-/mikroelektronischen Systems

Modulnummer: LEM10

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 3

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden sind in der Lage, die in vorangegangenen Modulen erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Rahmen einer industrienahen Elektronikentwicklung anzuwenden. Sie bewältigen den realen Entwicklungsprozess anhand einer konkreten und aktuellen Aufgabenstellung unter Wettbewerbsgesichtspunkten als Mitglieder eines Projektteams. Die Projektarbeit umfasst den Produktentstehungsprozess von der Implementierung, der Produktionsüberführung bis zur messtechnischen Evaluierung von Mustern im Labor.

Die Studierenden übernehmen die Verantwortung für alle technischen und organisatorischen Aufgaben innerhalb des Projektteams und tragen als Teammitglieder zum Gesamterfolg des Projektes bei. Sie sind mit den Methoden der Teamorganisation und den grundlegenden Prinzipien des Projektmanagements vertraut.

Insbesondere sind sie in der Lage, selbständig den zeitlichen Ablaufs und den Ressourceneinsatz zu planen und zu überwachen sowie Risiken zu bewerten. In regelmäßigen Projektbesprechungen wird die Fähigkeit zur Präsentation und Diskussion von Zwischen- oder Abschlussergebnissen in deutscher und englischer Sprache vor dem Kunden erworben.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Implementierung / Validierung eines leistungs-/mikroelektronischen Systems

Prüfung: PA

Voraussetzungen: LEM07

Voraussetzung für: LEM13

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Implementierung / Validierung eines leistungs-/mikroelektronischen Systems
Semester:	3
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Gruppenarbeit
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">- Implementierung in Form eines IC-Layouts und / oder Plantinen- bzw. Modulaufbaus- Planung und Durchführung der messtechnischen Evaluierung eines Prototypen ausgehend von einer zu erfüllenden Kundenspezifikation- Entwurf von geeigneter Testhardware und -software- Messung von Parametern in Abhängigkeit von Temperatur und Versorgungsspannung, gegebenenfalls statistische Auswertung- Arten der Evaluierung: Funktion und Parameter von Teilblöcken, Evaluierung der Gesamtfunktion in einer anwendungsnahen Applikation- Erstellung eines Messberichtes- Grundlagen des Projektmanagements. Die Methoden des Projektmanagements werden durch deren Anwendung auf eine konkrete Aufgabe unter berufstypischen Bedingungen eingeübt.- Präsentationstechniken und Dokumentation
Skripte/Medien:	<ul style="list-style-type: none">- Kundenspezifikation- Unterlagen zu Projektablauf und -aufgaben- Labor
Literatur:	In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung

Modultitel: Leistungselektronik und Antriebsregelung

Modulnummer: LEM11

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus (ME)

Semester: 3

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden kennen die Regel- und Steuerverfahren für Antriebs- und Netzstromrichter. Sie können das für eine Aufgabe am besten geeignete Verfahren auswählen, die leistungselektronische Ansteuerung spezifizieren und die regelungstechnischen Aufgaben lösen. Sie können Aufgaben der Antriebstechnik sowohl von der elektromechanischen Seite her, als auch von der Leistungselektronik und der Regelung lösen.

Durch die in den Lehrveranstaltungen vermittelten Inhalte haben die Studierenden einen Einblick in die innerbetrieblichen Abläufe im Rahmen eines Entwicklungsprojekts, wozu u.a. Kundenorientierung, Arbeit in Projektgruppen, Kostenbewusstsein sowie Termineinhaltung gehören.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Leistungselektronik zur Ansteuerung elektrischer Maschinen

Fachname II: Regelung elektrischer Maschinen

Prüfung: MP20

Voraussetzungen: LEM05

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 60 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 120 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master) Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Leistungselektronik zur Ansteuerung elektrischer Maschinen
Semester:	3
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung mit integrierten Übungen und praktischen Vorführungen
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Selbstgeführte Stromrichter2) PFC Power Factor Correction3) Raumzeigermodulation4) Umrichter5) Brücken6) Treiberschaltungen für die Leistungsschalter7) Strommessung in der Leistungselektronik
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Folien
Literatur:	Hagmann, Gert: Leistungselektronik, Aula Verlag (ISBN: 978-3-89104-732-3), 2009 Schlienz, Ulrich: Schaltnetzteile und ihre Peripherie, (ISBN: 978-3-834-8-16467), 2012 Specovius, Joachim: Grundkurs Leistungselektronik, (ISBN 978-3-8348-0229-3), 2007

Lehrveranstaltung:	Regelung elektrischer Maschinen
Semester:	3
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Der elektrische Antrieb im Regelkreis2) Regelung von Gleichstrommaschinen3) Betragsorientiertes Steuerverfahren für Asynchronmaschinen4) Feldorientierte Steuer- und Regelverfahren für Asynchronmaschinen5) Feldorientierte Regelverfahren für Synchronmaschinen6) Praktische Aspekte beim Betrieb der Regelverfahren7) Regelung von Netzstromrichtern<ul style="list-style-type: none">- Blockförmiger Betrieb- Sinusförmiger Betrieb
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Folien
Literatur:	Nuss, Uwe: Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe. VDE Verlag, Berlin, 2010. Schröder, Dierk: Elektrische Antriebe ? Grundlagen. Springer Verlag, Berlin, 3. Auflage, 2009 Schröder, Dierk, Hrsg.: Elektrische Antriebe ? Regelung von Antriebs-systemen. Springer Verlag, Berlin, 3. Auflage, 2009.

Modultitel: Hochfrequenz-Schaltungstechnik

Modulnummer: LEM12

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Ingmar Kallfass

Semester: 3

SWS: 5

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden beherrschen die Theorie und den Entwurf von monolithisch integrierten Mikro- und Millimeterwellenschaltungen (MMIC). Typische Fragestellungen können von den Studierenden unter Anwendung der üblichen Methoden selbständig bearbeitet und gelöst werden. Sie sind in der Lage, die Hochfrequenzschaltungsgattungen der rauscharmen Vorverstärker, Breitbandverstärker und Leistungsverstärker mit Hilfe von Mikrowellennetzwerkanalyse, Theorie planarer Wellenleiter, Bauelementmodellierung, typischer Schaltungsentwurfsverfahren, linearer und nicht-linearer Analysemethoden und Layouttechniken zu entwerfen.

Die Studierenden sind in der Lage, englischsprachige Fachtexte zu verstehen. Die gebräuchlichen Fachtermini aus dem Bereich der Hochfrequenzschaltungstechnik sind ihnen in deutscher sowie in englischer Sprache bekannt.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Hochfrequenz-Schaltungstechnik
Fachname II: Hochfrequenz-Schaltungstechnik Praktikum

Prüfung: MP30, PR

Voraussetzungen: LEM02

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Hochfrequenz-Schaltungstechnik
Semester:	3
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung mit integrierten Übungen und studentische Projekte mit Präsentation
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Ingmar Kallfass
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1. The Millimeterwave Spectrum: MMIC Applications and Technologies2. Microwave Network Analysis3. Planar Transmission Line Theory4. Building Elements of MMICs5. Linear Circuits I: Low-Noise Amplifiers6. Linear Circuits II: Broadband Amplifiers7. Nonlinear Circuits I: Microwave Power Amplifiers
Skripte/Medien:	Vorlesungsmanuskript, Folien
Literatur:	RF techniques: D. Pozar, Microwave Engineering. Wiley, 2004 Linear circuit design: G. Vendelin, A. Pavio, and U. Rohde, Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques. Wiley, 2005 Nonlinear circuit design: Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, ser. 2nd ed. Artech House, London, 2003

Lehrveranstaltung:	Hochfrequenz-Schaltungstechnik Praktikum
Semester:	3
SWS:	1
ECTS:	0
Lehrform:	Laborversuche
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Ingmar Kallfass und Doktoranden
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Messungen mit dem Netzwerkanalysator2) Dämpfungsmessung3) Messung des Wellenwiderstands4) Zeitbereichsreflektometrie5) Messung stehender Wellen6) Messung elektrischer und magnetischer Felder an Schaltkreisen
Skripte/Medien:	Versuchsbeschreibungen, Folien
Literatur:	RF techniques: D. Pozar, Microwave Engineering. Wiley, 2004 Linear circuit design: G. Vendelin, A. Pavio, and U. Rohde, Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques. Wiley, 2005 Nonlinear circuit design: Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, ser. 2nd ed. Artech House, London, 2003

Modultitel:	Master-Thesis
Modulnummer:	LEM13
Modulbeauftragter:	alle Professoren des Studiengangs
Semester:	4
SWS:	0
ECTS:	30

Lernziele:

Der Masterstudiengang Leistungs- und Mikroelektronik ist sowohl industrienah als auch forschungsorientiert konzipiert. (Der Abschluss ermöglicht beispielsweise den Zugang zu einer kooperativen Promotion an der Uni Stuttgart.) Die Heranführung an die Forschung ist insbesondere im Rahmen der Master-Thesis vorgesehen, bei der die Studierenden die Kompetenz zu selbstständiger wissenschaftlicher Arbeit erwerben. Die Studierenden bearbeiten hierzu erfolgreich eine umfangreiche ingenieurtechnische Aufgabenstellung in einem Forschungsprojekt an der Hochschule oder in einem forschungsnahen Entwicklungsprojekt in der Industrie mit wissenschaftlichen Methoden.

Die Studierenden sind in der Lage, technische Fragestellungen im Bereich der Leistungs- und Mikroelektronik oder der Entwurfsautomatisierung mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren und eigene Lösungsansätze zu entwickeln. Sie können aus dem Vergleich der eigenen Lösungsansätze mit vorhandenen Lösungen eine für die Aufgabenstellung optimale Lösung ableiten, die dem Stand der Technik entspricht oder diesen verbessert. Sie können die technischen und nicht-technischen Implikationen der erarbeiteten Lösung bewerten und diese nach wissenschaftlichen Standards sowohl schriftlich (in einer Thesis) als auch in einem Vortrag darstellen.

Durch die ganzheitliche Anwendung der im Studium erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Rahmen einer umfangreichen ingenieurwissenschaftlichen Arbeit erweitern die Studierenden ihr Profil um zusätzliche Kompetenzen:

- Selbstständiges und eigenverantwortliches Handeln,
- Arbeitsplanung, Selbstorganisation,
- systematisches Arbeiten,
- Zielorientierung und Umgang mit Zielkonflikten,
- Kundenorientierung,
- Präsentationstechnik.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I:	Master-Thesis
Fachname II:	Master-Thesis Kolloquium

Prüfung: MT, MP20

Voraussetzungen: -
Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung:	0 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung:	0 h
Gesamtzeit:	0 h

Sprache:

Deutsch/ mit Dozenten zu vereinbaren

Zuordnung zum Curriculum:

Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Pflicht

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote:

Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Master-Thesis
Semester:	4
SWS:	0
ECTS:	0
Lehrform:	Praktische Arbeit in einer Abteilung der Hochschule oder eines zugelassenen Unternehmens
Dozent(en):	alle Professoren des Studiengangs
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">- Fragestellung erörtern- Existierende Lösungen analysieren- Neue Lösungen erarbeiten- Implikationen bewerten- Lösungen umsetzen- Dokumentation nach wissenschaftlichen Standards erstellen
Skripte/Medien:	<ul style="list-style-type: none">- Hinweise zur Erstellung einer Thesis in der Fakultät Technik (Homepage der Hochschule)- Hinweise zur Erstellung einer Thesis im Studiengang Leistungs- und Mikroelektronik (Lernplattform RELAX der Hochschule, Kurs "LEM-Studienberatung")
Literatur:	Themenabhängig

Lehrveranstaltung:	Master-Thesis Kolloquium
Semester:	4
SWS:	0
ECTS:	0
Lehrform:	-
Dozent(en):	alle Professoren des Studiengangs
Inhalte:	Präsentation der Inhalte der Master-Thesis mit geeigneten Medien und Methoden, z.B. - Vortrag - Folienpräsentation - Demonstration.
Skripte/Medien:	Präsentationsmedien
Literatur:	Themenabhängig

Modultitel:	Modellierung und Simulation leistungselektronischer und mikromechanischer Systeme
Modulnummer:	LEMW01
Modulbeauftragter:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible
Semester:	2/3
SWS:	5
ECTS:	6

Lernziele:

Die Studierenden verstehen die Struktur linearer und nicht linearer Systeme, auch in komplexen Zusammenhängen. Sie sind in der Lage, komplexe mechatronische Systeme zu entwerfen, zu modellieren und in einer Simulationsumgebung zu implementieren. Sie können die Steuerbarkeit und die Beobachtbarkeit von Systemen sicher ermitteln und einfache Beobachterstrukturen entwerfen. Sie kennen die Stabilitätskriterien und können diese anwenden, um eine Regelung mit Sensorsignal-rückführungen zu entwerfen und auszulegen. Sie sind in der Lage, einen kompletten Entwurfszyklus von der Spezifikation bis zur Erstellung und Erprobung eines HW-Prototypen durchzuführen.

Die Studierenden können industrieeübliche Werkzeuge für die Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese im Bereich der Leistungs- und Mikroelektronik und der Mechatronik sicher und effizient anwenden. Hierzu gehören insbesondere MATLAB / Simulink und SimScape sowie ausgewählte industrielle Toolboxes.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I:	Modellierung und Simulation leistungselektronischer und mikromechanischer Systeme
Fachname II:	Modellierung und Simulation leistungselektronischer und mikromechanischer Systeme Praktikum

Prüfung: KL120

Voraussetzungen: -
Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung:	75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung:	105 h
Gesamtzeit:	180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul
Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung: Modellierung und Simulation leistungselektronischer und mikromechanischer Systeme

Semester: 2
SWS: 3
ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung

Dozent(en): Dr.-Ing. Rolando Dölling

Inhalte: Systementwurf, Modellierung und Simulation

- Mechatronische und Mikromechanische Systeme
- Modellbildung linearer und nicht linearer Systeme
- * Mathematische Modellbildung physikalischer Systeme
- * Datenbasierte Ansätze: Neuronale Netze, Fuzzy Strukturen
- Zustandsgrößenmodelle
- System Entwurf von Regelungssystemen
- LTI-Modelle, Reglerauslegungen, Stabilitätskriterien
- Störgrößenaufschaltung
- Multi-Input-Multi-Output (MIMO) Systeme
- Mehrgrößenregelung
- Regelung gekoppelte Systeme mit externen Sensoren
- Steuerbarkeit linearer Systeme
- Beobachtbarkeit linearer Systeme und Beobachterentwurf
- Identifikation linearer dynamischer Systeme
- Kalman Filter
- Automatische datenbasierte elektrische Verhaltensmodellierung
- * Datenerfassung und ?Strukturierung zur automatischen Modellerstellung
- * Support Vector Maschine Ansatz
- Robuste Regelungssysteme
- Einführung in Model Based Design (MBD)
- Modellbasierte Simulation analoger und digitaler Systeme

Entwurfsbeispiele und Übungen anhand unterschiedlicher praktischer Anwendungen mit Matlab / Simulink / Stateflow (z.B. mikromechanischer Feder-Masse-Schwinger, Effekt-Schalter, elektrische Antriebe, Geschwindigkeitsregelung DC-Motoren).

Hierbei werden folgende Entwurfsaufgaben bearbeitet:

- Systemmodellierung
- Simulation
- Reglerauslegung
- Ermittlung von Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit von Systemen
- Identifikation von Systemen mittels Kalman Filter
- Datenbasierte Modellierung von linearen und nichtlinearen Systemen mittels Neuronaler Netze, Support Vector Maschine und Fuzzy-Strukturen

Skripte/Medien: Vorlesungsskript und Umdrucke

Literatur:

H. Unbehauen: Regelungstechnik I-III, Vieweg und Teubner

R. Isermann, M. Münchhof: Identification of Dynamical Systems, Springer

O. Nelles, Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models, Springer

A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau, U. Wohlfahrt: Matlab-Simulink-Stateflow, Oldenbourg

Lehrveranstaltung:	Modellierung und Simulation leistungselektronischer und mikromechanischer Systeme Praktikum
Semester:	2
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Praktikum
Dozent(en):	Dr.-Ing. Rolando Dölling
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Modellbildung und Simulation eines MIMO Mikro-Systems2) Modellbildung und Simulation eines mikromechanischen Voltmeters3) Entwicklung eines einfachen Fahrzeugs-Modells, Simulation4) Modell aus 3) mit Umgebungsinteraktion und Kollisionserkennung5) Stabilitätsanalyse mechatronischer Systeme6) Multisystem Co-Simulation mit Matlab/Simulink/SimScape7) Geschwindigkeitsregelung von Motoren ? MIMO-System<ul style="list-style-type: none">- Physikalische Modellierung- Simulation- Prototyp mit NXT von LEGO Mindstorms- Validierung8) Autonomes Selbst-balance System<ul style="list-style-type: none">- Design und Modellierung- Reglerentwurf- Simulation- Code Erstellung und Verifikation- Prototyp mit externen Sensoren und NXT von LEGO Mindstorms- Validierung
Skripte/Medien:	Matlab/Simulink/SimScape (The Mathworks), PC-Systeme und Hardware Baukastensystem NXT (LEGO Mindstorm)
Literatur:	H. Unbehauen: Regelungstechnik I-III, Vieweg und Teubner R. Isermann, M. Münchhof: Identification of Dynamical Systems, Springer O. Nelles, Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models, Springer A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau, U. Wohlfahrt: Matlab-Simulink-Stateflow, Oldenbourg

Modultitel: Elektromagnetische Verträglichkeit und ESD

Modulnummer: LEMW02

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 2/3

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden verstehen grundlegende und allgemeine Aspekte der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und kennen typische parasitäre Effekte in Systemen, Schaltungen und Halbleiterbauelementen sowie deren Auswirkung in der Anwendung. Sie können passende Ersatzschaltbilder für die parasitären Effekte erstellen und in Schaltungsauslegungen berücksichtigen.

Die Studierenden kennen typische Schutzstrukturen auf dem Halbleiter gegen Zerstörung durch Entladung statischer Überspannungen (electro statical discharge - ESD) und deren Wirkungsweise sowie Maßnahmen zur Erhöhung der EMV bei Systemen und Komponenten.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Elektromagnetische Verträglichkeit und ESD

Prüfung: KL120

Voraussetzungen: LEM01, LEM05

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 60 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 120 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Elektromagnetische Verträglichkeit und ESD
Semester:	2
SWS:	4
ECTS:	6
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Dr. Wolfgang Kürner, Dr. Wolfgang Wilkening
Inhalte:	<p>1) Grundlagen der EMV: - Ursachen und Auswirkungen von EMV-Störungen - Störquellen und Störsignale - Gesetzliche und Normative Vorschriften</p> <p>2) Kopplungsmechanismen und Parasitäre Effekte in der Leistungselektronik: - Induktivitäten/ Kapazitäten in elektronischen Schaltungen - Parasitäre Effekte in den Leistungsbau-elementen - Aufgespannte Flächen - Galvanische, Induktive, kapazitive und strahlungsgebundene Verkopplung von Systemen</p> <p>3) Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen und Verbesserung der Störfestigkeit von Systemen, Komponenten und Halbleitern: - Bauelemente - Layout, Systemauslegung, Verkabelung - Massekonzepte - Filterung - Schirmung</p> <p>4) Mess- und Prüftechnik in der EMV</p> <p>5) EMV in der Fahrzeugtechnik</p> <p>6) ESD auf dem Halbleiter: - Zerstörungsmechanismen durch statische Entladung - Modelle - Schutzstrukturen</p>
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Folien
Literatur:	A. J. Schwab, W. Kürner: Elektromagnetische Verträglichkeit, Springer

Modultitel: Herstellung und Eigenschaften Moderner Leistungshalbleiter

Modulnummer: LEMW03

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Ulf Schwalbe

Semester: 2/3

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Dieses Wahlpflichtmodul gibt eine Einführung in die Halbleitertechnologie unter besonderer Berücksichtigung der speziellen Prozesse bei Leistungshalbleitern, sowie in wichtige Fragestellungen, die beim Betrieb von Leistungshalbleiterbauelementen auftreten. Mit der Halbleitertechnologie werden die physikalischen, chemischen und technologischen Grundlagen aufgezeigt, die zur Herstellung von modernen Leistungshalbleitern aus Silizium notwendig sind. Bei den ausgewählten Problemen und Fragestellungen stehen Themen wie hohe Sperrspannung, Betrieb unter Hochinjektion, Schaltverhalten und Zerstörungsmechanismen im Vordergrund. Ihr Einfluss auf das Design von Bauelementen und deren Technologie werden aufgezeigt. Es werden Kenntnisse der Grundlagen der Halbleiterphysik, sowie der Funktion der wichtigsten Leistungshalbleiter vorausgesetzt.

Die Studierenden kennen die fundamentalen Herstellungsverfahren von Halbleiterkomponenten der Leistungselektronik. Sie sind mit den bei der Herstellung von Leistungshalbleitern eingesetzten Prozessschritten vertraut. Darauf basierend können die Studierenden die jeweiligen Herstellungsprozesse genau beschreiben, zielgerichtet modifizieren und an spezielle Anforderungen anpassen. Ferner sind sie mit modernen Konstruktionsprinzipien und den Besonderheiten beim elektrischen Betrieb der Bauelemente vertraut. Das statische und dynamische Verhalten der Ladungsträger in bipolaren Bauelementen, sowie die Physik der wichtigsten Zerstörungsmechanismen sind bekannt. Das tiefere Verständnis der Vorgänge innerhalb eines Halbleiters ermöglicht eine Bewertung der möglichen Belastung und erlaubt damit das Potential der Bauelemente bestmöglich auszuschöpfen

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Herstellung von Leistungshalbleitern
Fachname II: Ausgewählte Probleme bei Leistungshalbleiterbauelementen

Prüfung: KL120

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 60 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 120 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul
Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

**HS Reutlingen
Fakultät Technik
Leistungs- und
Mikroelektronik**

Modulkatalog LE Master

**Basierend auf der
StuPrO vom 29.01.2018**

**Wahlpflichtmodul: LEMW03
Herstellung von
Leistungshalbleitern**

Lehrveranstaltung: Herstellung von Leistungshalbleitern

Semester: 2

SWS: 2

ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung mit integrierten Übungen

Dozent(en): Dr. Alfred Görlach

Inhalte:

- 1) Kristallwachstum und Waferherstellung
 - * Kristallstruktur
 - * Herstellung von Einkristallen
 - * Scheibenbearbeitung
 - * Epitaxie

- 2) Thermische Oxidation
 - * Oxidation
 - * kinetisches Oxidationsmodell

- 3) Dotierung
 - * Diffusionsgesetze
 - * spezielle Diffusionseffekte
 - * Ionenimplantation
 - * Protonendotierung
 - * Neutronendotierung

- 4) Metall-Halbleiter-Kontakt
 - * Austrittsarbeit
 - * idealer und realer Kontakt
 - * Schottky-Kontakte
 - * Schottky-Effekt
 - * Technologie von Schottky-Dioden
 - * ohmsche Kontakte

- 5) Schichtabscheidung
 - * Dielektrische Schichten
 - * Polysilizium
 - * Atomic Layer Deposition
 - * Metalle
 - * Silizide

- 6) Lithographie
 - * Maskentechnik
 - * Belackung
 - * Auflösungsvermögen
 - * Belichtungsverfahren

- 7) Ätzverfahren
 - * Nasschemisches Ätzen
 - * Trockenätzen
 - * Scheibenreinigung

- 8) Lebensdauereinstellung
 - * Lebensdauer von Minoritätsladungsträger
 - * Rekombinationszentren
 - * Schwermetalle
 - * strahlungsinduzierte Zentren
 - * Oberflächenrekombination

- 9) Prozessbeispiele
 - * Spezielle Prozessabläufe
 - * Bipolarer Leistungstransistor
 - * Trench-MOSFET
 - * u.a.

Skripte/Medien:

Power-Point-Präsentation, Arbeitsblätter und ausgewählte Kapitel als Umdruck

Literatur:

- Widmann, D., Mader, H., and Friedrich, H. (1996). Technologie hochintegrierter Schaltungen. Springer.
- Franssila, S. (2010). Introduction to Micro Fabrication. Wiley.
- Görlach, A. (2017). Herstellung von Leistungshalbleitern. Vorlesungsskript.
- H. Yilmaz et al. (2010). US 2010/0258862. Patent Application.
- Hilleringmann, U. (2008). Silizium-Halbleitertechnologie. Vieweg+Teuber.
- I. Ruge, H. M. (1991). Halbleiter-Technologie. Springer
- ?Laven, J. G. (2014). Untersuchung und Modellierung protoneninduzierter Dotierungsprofile in Silizium. Springer.
- T. Gutt, H. S. (2010). Deep melt activation using laser thermal annealing for igbt thin wafer technology. International Symposium on Power Semiconductor Devices, ISPSD 2010.
- v. Zant, P. (2000). Microchip Fabrication. McGraw-Hill

Lehrveranstaltung: Ausgewählte Probleme bei Leistungshalbleiterbauelementen

Semester: 2

SWS: 2

ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung und Übungen

Dozent(en): Dr. Alfred Görlach

Inhalte:

- 1) Randstrukturen
 - * Randabschrägung
 - * Potentialringe
 - * Feldplatten
 - * Junction Termination Extension
 - * Ladungskompensation und RESURF
 - * SIPOS
 - * Deep Trench Termination
- 2) Theorie der pin-Dioden
 - * Sperrverhalten
 - * Durchlassverhalten in der Hall'schen Näherung
 - * Durchlassverhalten mit Injektion in die Randgebiete
 - * Schaltverhalten
- 3) Moderne Dioden mit optimiertem Schaltverhalten
 - * Einfache Dioden
 - * Dioden mit großer Basisweite
 - * Dioden mit reduzierter Emittiereffizienz
 - * Dioden mit Maßnahmen an der Kathode
 - * MOS gesteuerte Dioden
- 4) Zerstörungsmechanismen
 - * Thermischer Durchbruch
 - * Dynamischer Avalanche
 - * IGBT Kurzschluss
 - * Höhenstrahlung

Skripte/Medien: Vorlesungsskript und Umdrucke

Literatur:

- Baliga, B. J. (1995). Power Semiconductor Devices. PWS Publishing-Company.
- Baliga, B. J. (2009). Advanced Power Rectifier Concepts. Springer.
- Engström, O. (2014). The MOS System. Cambridge University Press.
- Görlach, A. (2014). Halbleiterbauelemente. Vorlesungsskript.
- Görlach, A. (2017). Ausgewählte Probleme bei Leistungshalbleiterbauelementen. Vorlesungsskript.
- H. J. Benda, E. S. (1967). Reverse recovery process in silicon power rectifiers. Proceedings of the IEEE, 55(8).
- H. Kabaza, e. a. (1994). Cosmic radiation as cause for power device failure and possible countermeasures. Proc. ISPSD'94, pages pp. 9-12.
- Kittel, C. (2013). Einführung in die Festkörperphysik. Oldenbourg Wissenschaftsverlag
- Lutz, J., Schlangenotto, H., Scheuermann, U., and Doncker, R. D. (2011). Semiconductor Power Devices. Springer.
- Paul, R. (1994). MOS-Feldeffekttransistoren. Springer
- Sze, S. M. (1981). Physics of Semiconductor Devices. Wiley.
- Sze, S. M. (2002). Semiconductor Devices: Physics and Technology. John Wiley.

Modultitel: Digital-Design in CMOS-Technologie

Modulnummer: LEMW04

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 2/3

SWS: 4

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden kennen den Aufbau der auf CMOS-Technologie basierenden digitalen Schaltungen und Systeme auf der Ebene der elektrischen Transistor- Schaltungen sowie der Logik-Schaltungen bis zur Mikro-Architektur.

Sie kennen und verstehen die Eigenschaften der Grundsaltungen und ihrer Verbindungen und können daraus Konzepte für digitale Schaltungen und Systeme ableiten. Sie kennen den Entwurfsfluss für den CMOS-Entwurfsprozess theoretisch und können ihn auf einfachere Schaltungsentwürfe anwenden. Sie können elektrische Schaltungen der Gatter und Treiber dimensionieren und hinsichtlich ihrer Spezifikationen optimieren.

Die Studierenden wissen, wie ein komplettes elektronisches System aufgebaut ist und können einschätzen, welche Aufgaben sich für Implementierung mit digitalen Lösungen in CMOS-Technologie eignen. Die Studierenden kennen die typischen Probleme, welche an den Schnittstellen zwischen Digital-ICs und anderen Schaltungsteilen auftreten und können hieraus schaltungstechnische Anforderungen an Treiber und Eingangsschaltungen ableiten.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Digital-Design in CMOS-Technologie

Prüfung: MP30

Voraussetzungen: LEM01, LEM02, LEM03, LEM04

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 60 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 120 h

Gesamtzeit: 180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung: Digital-Design in CMOS-Technologie

Semester: 2

SWS: 4

ECTS: 0

Lehrform: Vorlesung mit integrierten Übungen

Dozent(en): Dr.-Ing. Wolfram Glauert

Inhalte:

- 1) Digitale Architekturen
 - Mikroprozessor- Architekturen (von-Neumann / nicht-von-Neumann)
 - Module und Befehlsablauf, Steuerung
 - Speichertypen und ihre Eigenschaften
 - Technologische Möglichkeiten und deren Auswirkungen auf die Architektur

- 2) Grundsaltungen für kombinatorische Logik
 - Wiederholung der Schaltalgebra
 - Schaltungskonzepte
 - Transfercharakteristik, Noise Margins
 - Statisches und dynamisches Verhalten
 - Energieaufnahme
 - Optimierungen

- 3) Kombinatorische Logik
 - Entwurf von und mit Standardzellen
 - Laufzeit- und Verlustleistungsberechnung
 - Laufzeitoptimierung
 - Architektur von FPGAs

- 4) Synchrone Schaltwerke
 - Latch, Flipflop, Metastabilitätsproblem
 - Timing-Regeln
 - Synchronisationsproblem

- 5) Hardware-Beschreibungssprache VHDL
 - Auffrischung bzw. Kurzeinführung (Wdh.)
 - Übung: Synthese von Digitalschaltungen mit Standardzellen
 - Entwurfsbeispiel Rechenwerk

- 6) Speicherblöcke auf dem IC
 - ROM, PROM
 - (E)EPROM
 - SRAM, DRAM

- 7) Elektrische Eigenschaften der Verbindungstechnik
 - Signal-Leitungen, Laufzeiten, Kopplungen
 - Busse
 - Pad-Treiber (Störungen, EMV, Stoßströme, Level-Converter)
 - Floorplanning (interne Stromversorgung, Taktversorgung, I/O)
 - Aufbautechnik, externe Verbindungen, Stromversorgung

- 8) Ausblick
 - Weitere Verkleinerung der Geometrien, Grenzen
 - Neue Transistor-Architekturen
 - Neue Materialien
 - Neuartige Speichertechnologien
 - Mooresches Gesetz und Technology Roadmap (ITRS)
 - 2 1/2-D und 3D-Integration
 - Neue Herausforderungen für die IC-Entwicklung

Skripte/Medien:

Vorlesungsmanuskript oder Textbücher

Literatur:

- J. M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nolic: Digital Integrated Circuits - A Design Perspective, 2nd edition, Prentice Hall
- N. Weste: CMOS VLSI Design ? A Circuits and Systems Perspective, Addison Wesley
- T. Giebel: Grundlagen der CMOS-Technologie, Teubner
- C. Siemers: Taschenbuch Digitaltechnik, Carl Hanser
- P.Pirsch: Architekturen der digitalen Signalverarbeitung, Teubner

Modultitel: Entwurfsautomatisierung

Modulnummer: LEMW05

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 2/3

SWS: 5

ECTS: 6

Lernziele:

Die Studierenden erhalten einen Überblick über die beim Entwurf integrierter Schaltungen und Systeme verwendeten Entwurfsmethoden und rechnergestützten Werkzeuge (dt.: Entwurfsautomatisierung, engl.: Electronic Design Automation - EDA). Die Studierenden kennen die den Entwurfswerkzeugen zugrundeliegenden Prinzipien (Algorithmen).

Behandelt werden sowohl generierende als auch verifizierende Entwurfsverfahren, jeweils für den analogen und den digitalen Entwurfspfad. Mit der Kenntnis dieser methodischen Spezifika verstehen die Studierenden die Verschiedenartigkeit der beiden Entwurfspfade und Vielfalt heutiger Entwicklungswerkzeuge. Sie sind in der Lage, für die einzelnen Entwurfsschritte die richtigen Werkzeuge auszuwählen und können deren Nutzen und Grenzen einschätzen. Vertieft behandelt werden Verfahren zur Layoutsynthese und zur Simulation analoger Schaltungen.

Auf dem Gebiet der Layoutsynthese sind die Studierenden in der Lage, einfache Entwurfsprogramme selbst zu entwerfen. Dies wird praktischen Übungen durchgeführt. Zusätzliche Inhalte fließen aus Forschungsvorhaben des Dozenten auf dem Gebiet der Automatisierung des analogen IC-Entwurfs ein. Hieraus gewinnen die Studierenden Einblicke in aktuelle Forschungsthemen und die Vorgehensweise bei Forschungsprojekten.

Die Studierenden wissen, wie ein Analogsimulator im Detail aufgebaut ist. Sie kennen die typischen Probleme, welche sich in der Anwendung ergeben können und sind in der Lage, Simulationsergebnisse richtig einzuschätzen und Bauelemente-Modelle zu beurteilen.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Entwurfsautomatisierung
Fachname II: Entwurfsautomatisierung Praktikum

Prüfung: MP30, PR

Voraussetzungen: LEM02

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 75 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung: 105 h
Gesamtzeit: 180 h

Sprache: deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Entwurfsautomatisierung
Semester:	2
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung mit Übungen
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. J. Scheible
Inhalte:	<p>1) Einführung in die EDA (4 Std.)</p> <ul style="list-style-type: none">- Systementwurf, IC-Entwurf- Entwurfsprozess (Probleme, Klassifizierung, Y-Diagramm)- Entwurfsstile, Kostenbetrachtungen- Entwurfsschritte, Synthese vs. Analyse <p>2) Verfahren für den Entwurf digitaler Schaltungen (4 Std.)</p> <ul style="list-style-type: none">- Verfahren zur Schaltungssynthese (Übersicht)- Digitalsimulation (Ereignissteuerung am Beispiel VHDL) <p>3) Verfahren zur Layoutsynthese digitaler Schaltungen (30 Std.)</p> <ul style="list-style-type: none">- Einführung (Optimierungsziele, Randbedingungen, Graphentheorie)- Partitionierung (KL-, FM-, SA-Algorithmus)- Floorplanning (Sizing-, Cluster Growth-Algorithmus)- Platzierung (Mincut, Quadratic Placement, Kräfteverfahren)- Verdrahtung (Lee-, Steinerbaum-, Dijkstra-, Kanal-, Spezial-Router) <p>4) Verfahren für den Entwurf analoger Schaltungen (4 Std.)</p> <ul style="list-style-type: none">- Verfahren zur Topologiesynthese (Übersicht)- Verfahren zur Schaltungsdimensionierung (Übersicht) <p>5) Verfahren zur Simulation analoger Schaltungen (12 Std.)</p> <ul style="list-style-type: none">- Einführung (Aufgaben und genereller Ablauf der Simulation)- Erzeugen der Netzliste- Modifizierte Knotenspannungsanalyse- Linearisierung- Lösen des Differentialgleichungssystems- Analyse-Arten (AC, DC, Transienten, usw.)- Schwierigkeiten (Konvergenz, Laufzeit, Artefakte)- Nachgeschaltete Analysen unter Verwendung der Roh-Ergebnisse- Bauelemente-Modelle (insbes. Modelle für MOS-Transistoren)- Schaltungsoptimierung (z.B. mit Nelder-Mead)- Monte-Carlo-Analysen <p>6) Verfahren zur Layoutsynthese analoger Schaltungen (6 Std.)</p> <ul style="list-style-type: none">- Optimierungsbasierte Verfahren (Übersicht)- Prozedurale Verfahren (Generatoren, PCell-Designer)- Vergleich der beiden Ansätze
Skripte/Medien:	Folien, Tafelanschrieb, Übungs- und Lösungsblätter

Literatur:

Lienig, Jens: Layoutsynthese elektronischer Schaltungen; Springer-Verlag, ISBN 3-540-29627-1.
Najm, Farid N.: Circuit Simulation; John Wiley & Sons, 2010, ISBN 978-0-470-53871-5.

Lehrveranstaltung:	Entwurfsautomatisierung Praktikum
Semester:	2
SWS:	1
ECTS:	0
Lehrform:	Praktikum
Dozent(en):	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible und Assistenten
Inhalte:	<p>Die Studierenden implementieren einige einfache optimierungsbasierte und prozedurale Algorithmen zur Layoutsynthese. Die Algorithmen werden eingebettet in eine Entwurfsumgebung von Cadence und auf reale Beispiele angewendet.</p> <ul style="list-style-type: none">- Automatische Platzierung mit dem Mincutverfahren- Platzierungsoptimierung mit Simulated Annealing- Flächenverdrahtung mit dem Lee-Algorithmus- Erstellung eines Layoutgenerators mit dem PCell-Designer
Skripte/Medien:	Arbeitsblätter, E-Learning Plattform RELAX, Layout-Entwurfsumgebung Virtuoso von Cadence
Literatur:	Lienig, Jens: Layoutsynthese elektronischer Schaltungen; Springer-Verlag, ISBN 3-540-29627-1. Cadence: SKILL Manual

Modultitel:	Integrierte Sensoren
Modulnummer:	LEMW06
Modulbeauftragter:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible
Semester:	2/3
SWS:	2
ECTS:	3

Lernziele:

Die Studierenden wissen, wie ein typisches mikroelektromechanisches Sensorsystem (MEMS) aufgebaut ist. Sie kennen die fundamentalen Prinzipien und Herstellungsschritte von integrierbaren Sensoren sowie integrierte Auswerte- und Interface-Schaltungen, ihre Einsatzgebiete und ihr Fehlverhalten. Sie sind in der Lage, einfache Signalpfadblöcke für Sensorsysteme auszulegen.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I:	Integrierte Sensoren
Prüfung:	KL60
Voraussetzungen:	-
Voraussetzung für:	-

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung:	30 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung:	60 h
Gesamtzeit:	90 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul
Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Integrierte Sensoren
Semester:	2
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung und Übungen
Dozent(en):	Markus Brockmann, Dr. Richard Fix, Dr. Tobias Frey, M.Sc. Ante Trutin, Dr. Axel Wenzler, Dipl.-Ing. (FH) Ümit Yalaz
Inhalte:	<ol style="list-style-type: none">1) Einführung2) Integrierte Sensoren: Beschleunigung (nieder- und hoch-g), Drehrate, Druck, (nieder, mittel und hoch), Magnetfeld3) Grundlagen der MEMS-Herstellung, Beispiele4) Sensierprinzipien - Umwandlung einer phys. Größe in eine elektr. Größe (tlw. Wdh.)<ul style="list-style-type: none">- Kapazitiv (Beschleunigung und Drehrate)- Piezoresistiv (Druck)- Halleffekt (Magnetfeld)5) Grundlagen der Sensorsignalverarbeitung<ul style="list-style-type: none">- Der Signalpfad und seine Bestandteile (Tiefpass, Delta-Sigma-Wandler, PSI5-Interface) (tlw. Wdh.)- Systemauslegung (Auflösung, Genauigkeit, Schnelligkeit, Messbereich)- Auswerteschaltungen für das Sensorsignal (tlw. Wdh.)- Dimensionierung einzelner Signalpfadblöcke- Selbsttestkonzepte (BITE): Funktionsweise, schaltungstechnische Realisierung6) Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT)<ul style="list-style-type: none">- 1st- und 2nd-level AVT, Anforderungen an das AVT-Design7) Sensorschnittstelle - PSI5<ul style="list-style-type: none">- Manchestercode, Kommunikationsvarianten, Datendekodierung
Skripte/Medien:	Vorlesungsskript, Folien, praktische Übungen und Vorführungen in der Vorlesung
Literatur:	Korvink, Jan G. / Oliver, Paul: MEMS: A Practical Guide to Design, Analysis and Applications, Springer e-books, 2006 Reif, Konrad: Bosch Autoelektrik und Autoelektronik - Bordnetze, Sensoren und elektronische Systeme, Springer e-books/Vieweg+Teubner, 2011

Modultitel: Testverfahren für integrierte Schaltkreise

Modulnummer: LEMW07

Modulbeauftragter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible

Semester: 2/3

SWS: 2

ECTS: 3

Lernziele:

Die Studierenden kennen die Testverfahren für integrierte Schaltkreise mit analogen und digitalen Inhalten. Sie können Tests definieren, durchführen und auswerten. Sie kennen die Probleme, welche sich an den Schnittstellen zwischen Digital- und Analogteilen ergeben und können hieraus schaltungstechnische Anforderungen ableiten. Ferner sind sie befähigt, auch komplexe Systeme bereits beim Entwurf so auszulegen, dass ihre Funktionalität in der Fertigung sicher und effizient verifiziert werden kann.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I: Testverfahren für integrierte Schaltkreise

Prüfung: KL60

Voraussetzungen: -

Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung: 30 h

Vorbereitung und Nachbearbeitung: 60 h

Gesamtzeit: 90 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul

Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Testverfahren für integrierte Schaltkreise
Semester:	2
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Dipl.-Ing. Ana-Paula Fonseca-Müller, M.Sc. Yang Zhong

Inhalte:

- 1) Einführung in den Test von Mixed-Signal Schaltkreisen
 - Was ist IC-Test und warum braucht man IC-Test?
 - Die Rolle des Testingenieurs im ASIC-Entwurfsprozess
 - Aspekte des concurrent engineering?
 - Testinhalte versus ASIC-Spezifikation
- 2) Teststrategien für Qualität und Kosten
- 3) Vom Design zur Testspezifikation
- 4) Analogtest und Analoge Testverfahren
 - Analog based testing
 - DC based testing
- 5) Grundlagen des Digitaltests (Fehlermodelle)
- 6) Der digitale Patterntest
 - Timing
 - Patternformat
 - Patterndebugging
- 7) Mixed-Signal Test
 - HW-Auslegung und Signalperformance
 - Genauigkeitsanforderungen im Mixed-Signal Test
- 8) Verfahren für den Built-in Self Test (BIST)
- 9) Design for Testability (DfT)
- 10) ADC- und DAC-Test
- 11) Der Industrielle Produktionstest
 - Testautomaten, Messgerätefähigkeit
 - Loadboardauslegung, Probing, DUT
 - Signalintegrität, Kalibrierung
 - Wafertest und Finaltest
 - Validierung Prüfprogramm
 - Kalibrierung, Messfehler
 - Binning, Wafermap, Datenaufnahme, Dataloging
 - Datenauswertung, Outlier, Chargenstreuungen, cpk, Sigma
- 12) Statistische Auswertung von Produktionstestdaten
- 13) Besichtigung Bosch-Testzentrum

Skripte/Medien:

Vorlesungsskript, Folien

Literatur:

M. Burns: An Introduction to Mixed-Signal IC Test and Measurement

Modultitel:	Alternative Energien
Modulnummer:	LEMW08
Modulbeauftragter:	Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig
Semester:	2/3
SWS:	2
ECTS:	3

Lernziele:

Die Studierenden kennen elektrodynamische und elektrotechnische Systeme zur Erzeugung elektrischer Energie aus alternativen Energiequellen. Sie sind in der Lage, Energiemaße und deren Energieinhalte im Vergleich zu bewerten und anzuwenden. Systemische Bausteine sowie die Möglichkeiten und Potentiale ausgewählter zukünftiger Innovationen sind ihnen bekannt.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I:	Alternative Energien
Prüfung:	KL60
Voraussetzungen:	-
Voraussetzung für:	-

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung:	30 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung:	60 h
Gesamtzeit:	90 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul
Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Alternative Energien
Semester:	2
SWS:	2
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Dipl.-Ing. (FH) Helmut Haf
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">- Geschichtliches: aus der (Energie-) Vergangenheit die Zukunft gestalten- Energie: Energiemaße und -inhalte, Konvertibilität verschiedener Energieformen- Elektrodynamische Wandler (Synchrongenerator, Transformator, Stromrichter)- Fotovoltaik, Parameter und Grenzen - ein Fallbeispiel- TEG - Thermoelektrischer Generator ("Strom aus dem Auspuffkrümmer")- Strom eine flüchtige Ware: Kraftwerke und Speicher- Übertragung und Verteilung (HGÜ und SmartGrid)- Innovationen.
Skripte/Medien:	Skript Videobeispiele Aufgaben mit Lösungen, Datenblätter Diskussion / Austausch
Literatur:	

Modultitel:	Numerische Mathematik
Modulnummer:	LEMW09
Modulbeauftragter:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Scheible
Semester:	2/3
SWS:	4
ECTS:	6

Lernziele:

Die Studierenden kennen die Verfahren der numerischen Mathematik, soweit sie in ingenieurmäßigen Anwendungen benötigt werden. Sie sind in der Lage, selbstständig Lösungsverfahren im Rechner zu implementieren und haben dies mit dem Mathematikprogramm MAPLE praktisch umgesetzt.

Zum Modul gehörende Lehrveranstaltungen:

Fachname I:	Numerische Mathematik
Fachname II:	Numerische Mathematik Übungen

Prüfung: KL120

Voraussetzungen: -
Voraussetzung für: -

Arbeitsaufwand:

Anwesenheit in Vorlesung, Labor, Übung:	60 h
Vorbereitung und Nachbearbeitung:	120 h
Gesamtzeit:	180 h

Sprache: Deutsch

Zuordnung zum Curriculum: Leistungs- und Mikroelektronik (Master)/ Wahlpflichtmodul
Bewertungsmodus / Erläuterung Gesamtnote: Note gemäß Studien- und Prüfungsordnung

Lehrveranstaltung:	Numerische Mathematik
Semester:	2
SWS:	4
ECTS:	0
Lehrform:	Vorlesung
Dozent(en):	Prof. Dr. rer. nat. Christian Höfert
Inhalte:	<ul style="list-style-type: none">- Grundlagen der numerischen Mathematik- Interpolationsverfahren mit Schwerpunkt auf Splines- Numerische Integrationsverfahren mit Schwerpunkt Rombergverfahren sowie Gaußintegration- Approximationsverfahren, Polynomapproximation, Fourierreihenentwicklung, Entwicklung nach orthogonalen Polynomen- Anfangswertprobleme numerisch- Randwertprobleme numerisch
Skripte/Medien:	Skript
Literatur:	Stoehr: Numerische Mathematik I. Springer Verlag. Burden, Faires: Numerische Mathematik. Spektrum Verlag. Schwetlick, Kretschmar: Numerische Mathematik für Naturwissenschaftler und Ingenieure. Fachbuch Leipzig. Engeln-Müllges, Reutter: Numerische Mathematik für Ingenieure. Mannheim, Bibl. Institut.

Lehrveranstaltung:	Numerische Mathematik Übungen
Semester:	2
SWS:	1
ECTS:	0
Lehrform:	MAPLE-Praktikum am Rechner
Dozent(en):	Prof. Dr. rer. nat. Christian Höfert
Inhalte:	Übungen zu den Vorlesungsthemen
Skripte/Medien:	Skript
Literatur:	Siehe Vorlesung