

## Modulhandbuch MEI, MEM

<b>Lehrveranstaltung</b>	
Anlog/Digital- und Digital-/Analog-Wandler (Analog/Digital and Digital/Analog Converter)	ADA
<b>Verantwortlicher</b>	
Prof. Dr. Martin Schubert	
<b>Verpflichtende Voraussetzungen</b>	
Technical Bachelor degree	
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	
Documents English, teaching language is German or English depending on students.	
<b>Lehrform</b>	
50% seminar teaching and 50% practical training	
<b>Zeitaufwand in Stunden für Präsenzstudium und für Eigenstudium (Aufgeteilt in Vor- und Nachbereitung sowie Prüfungsvorbereitung)</b>	
56h Präsenzstudium, 62h Vor- und Nachbereitung, 32h Prüfungsvorbereitung	
<b>Inhalte / Contents</b>	

## Part A: Seminaristic Classroom Teaching

### 1. Value-Discretization (Quantization)

- + Knowing common D/A and A/D conversion principles:
  - Nyquist samplers: (i) DAC: weighted sum, R-string, (ii) ADC: SAR, Flash, Pipeline
  - Oversamplers: PWM, delta and delta-sigma modulation / demodulation techniques
- + Selection of most appropriate architecture for a given application

### 2. Time-Discretization (Sampling)

- + Time domain considerations: mathematical model and technical realization
- + Frequency domain considerations
- + Criteria of Nyquist and Shannon
- + Aliasing
  - Designing analog anti-aliasing filters for Nyquist samplers
  - Designing combined analog/digital antialiasing filters for oversamplers
  - Changing sampling rates: up-sampling, down-sampling, sub-sampling
- + Spatial sampling and spatial aliasing

### 3. Characterization

- + Knowledge of commonly used quality criteria and skills to apply them:
  - ENOB, SNR, SFDR, SINAD, THD, INL, DNL, KSPS, monotonicity

### 4. Modelling

- + Modelling DACs and ADCs in value, time and frequency domains:
- + Modeling static linear and non-linear I/O characteristics
- + Modeling and simulation in value, transient and frequency domain with Spice
- + Characterization and modeling in value, transient and frequency domain with Matlab

### 5. Noise

- + Relating signal-to-noise ratio to resolution,
- + Noise budgeted computation
- + Knowing the most important noise sources and respective behavioral models
  - quantization, thermal, pink, aliasing, clock jitter, track & hold

## Part B: Practical Training in the Laboratory

### 1. Given exercises

### 2. Group oriented projects

**Lernziele: Fachkompetenz**  
**Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls...**

Deutsch:

- kennen die Studierenden die wichtigsten A/D- und D/A-Wandler-Architekturen (1) verstehen ihre prinzipielle Funktionalität (2) und können einer Design-Aufgabe die passende Architektur zuordnen (3).
- kennen die Studierenden den Vorgang der Zeitdiskretisierung (1), verstehen daraus folgende Effekte wie Aliasing (2) und können Antialiasing-Filter berechnen (3).
- kennen die Studierenden die üblichen Qualitätskriterien für A/D u. D/A-Wandler (1) und können Kriterien wie ENOB, SNR, SFDR, SINAD, THD, INL, DNL berechnen (3).
- können die Studierenden einfache Verhaltensmodelle für A/D- und D/A-Wandler erstellen und in Simulationsprogrammen verwenden (3).
- kennen die Studierenden mindestens 6 verschiedene Rauschquellen (1), können deren Rauschleistung berechnen (3), ein Gesamt-Rauschbudget erstellen und damit die Einhaltung geforderter Qualitätskriterien wie SNR oder SINAD überprüfen (3).

English: After successfully completing the module...

- the students know the most important A/D and D/A converter architectures (1), understand their basic functionality (2) and can assign the appropriate architecture to a design task (3).
- the students know the process of time-discretization (1), understand the effects following from it such as aliasing (2) and can calculate criteria such as ENOB, SNR, SFDR, SINAD, THD, INL, DNL, (3).
- the students can create and apply simple behavioral models for AD and D/A converters und use them in simulation programs (3).
- the students know at least 6 different noise source, can calculate their noise power (3), create an overall noise budget and thus check compliance with required quality criteria such as SNR or SINAD.

**Lernziele: Persönliche Kompetenz**

Siehe Präambel

**Angebotene Lehrunterlagen**

Skripten, Übungen, Praktikumsanleitungen, Literaturliste

**Lehrmedien**

Tafel, Beamer, Einrichtung des Elektroniklabors (S081)

**Literatur**

- [1] The Data Conversion Handbook, Analog Devices, 2004
- [2] R. Lerch, Elektrische Messtechnik: Analoge, digitale und computergestützte Verfahren, Springer Verfahren, 2007
- [3] K.-D. Kammeyer, K. Kroschel, Digitale Signalverarbeitung, Filterung und Spektralanalyse mit Matlab-Übungen, Vieweg + Teubner, 2009

- [4] J.C. Candy, G.C. Temes, 1st paper in "Oversampling Delta-Sigma Data Converters, Theory, Design and Simulations", IEEE Press, IEEE Order #PC02741-1, ISBN 0-87942-285-8, 1991
- [5] S.R. Norsworthy, R. Schreier, G.C. Temes, "Delta-Sigma Data Converters", IEEE Press, 1996, IEEE Order Number PC3954, ISBN 0-7803-1045-4
- [6] C.A. Leme, "Oversampling Interface for IC Sensors", Physical Electronics Laboratory, ETH Zurich, Diss. ETH Nr. 10416