

# Themenvorschlag Electronics & Drives Abschlussarbeit

## Vergleich von Modulatortopologien für schnell schaltende Leistungselektroniken

Stand: Juli 2023

---

Schlagwörter: Modulator, Delta-Sigma, PWM, Systemsimulation, Kennzahlen, quantitativer Vergleich, Altium

---

Zielgruppe: **Masterstudierende** des Studiengangs **Leistungs- und Mikroelektronik** und verwandte Studiengänge

---

### 1 Problemstellung

Hart-schaltende Halbleiter sind die Basis der Leistungselektronik und müssen für das Gelingen der Energiewende energieeffizienter, d.h. mit immer kleineren Verlustleistungen, betrieben werden. Zur Verringerung der Schaltverluste rückt neben dem Einsatz neuer Halbleitermaterialien wie Gallium-Nitrid (GaN) zur Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit auch die Wahl des Ansteuerverfahrens zunehmend in den Fokus der Leistungselektronik. Neben der traditionell verwendeten Pulsweitenmodulation sind verschiedene neue Modulator-Arten mit Delta-Sigma Verfahren denkbar.

Delta-Sigma Modulatoren sind in der Leistungselektronik ein vergleichsweise neues Interessensgebiet. Ihre Funktion beruht auf einem niedrigstufigen Quantisierer, dessen Quantisierungsfehler durch einer Regelschleife über viele Schaltzyklen hinweg stark reduziert wird. Dies erzeugt das Phänomen des Noise-Shapings, bei dem das Quantisierungsrauschen aus dem Nutzband herausgeschoben und so die Signalqualität erhöht werden kann. Zusätzlich besitzen Delta-Sigma Modulatoren aufgrund ihrer eingangssignalabhängigen Schaltfrequenz ein Spread-Spectrum-Verhalten, wodurch Anforderungen an ein Rekonstruktionsfilter geringer ausfallen können. Es existieren verschiedene Topologien für Delta-Sigma Modulatoren (zeitkontinuierlich, zeitdiskret, synchron, asynchron, etc.), für die keine optimale Zuordnung für eine gegebene Applikation bekannt ist.

In der vorliegenden Master-Thesis sollen verschiedene Modulator-Konzepte und -Topologien mit dem Schwerpunkt zeitkontinuierlicher Delta-Sigma-Modulatoren im Hinblick auf eine Anwendung für schaltende Leistungselektronik untersucht, aufgebaut und charakterisiert werden. Das Ziel ist es, durch die analytische und messtechnische Bestimmung von quantitativen Kenngrößen verschiedener vergleichbarer Modulatortopologien eine Aussage über deren Eignung zur Pulsmustererzeugung für schaltende Leistungselektronik treffen zu können. Auch die klassische PWM soll als Benchmark in die Untersuchung mit einbezogen werden. Die Arbeit wird am Lehr- und Forschungszentrum Electronics & Drives in Rommelsbach durchgeführt. Die Bearbeitungszeit beträgt 6 Monate.

Geplanter Betreuer und Ansprechpartner bei Interesse oder Fragen:

Jannik Maier, [jannik.maier@reutlingen-university.de](mailto:jannik.maier@reutlingen-university.de), R1-003

Prof. Dr.-Ing. Eckhard Hennig, [eckhard.hennig@reutlingen-university.de](mailto:eckhard.hennig@reutlingen-university.de), 4-213

Prof. Dr.-Ing. Gernot Schullerus, [gernot.schullerus@reutlingen-university.de](mailto:gernot.schullerus@reutlingen-university.de), 4-112

---

### 2 Mögliche Aufgaben

- Literaturrecherche zu zeitkontinuierlichen Delta-Sigma Modulatoren sowie alternativen Wegen der Pulsmustererzeugung für schaltende Leistungselektronik
- Erstellen eines Vergleichskonzeptes der Güte und Eignung von Modulatoren für Leistungselektronik mittels quantitativer Kennzahlen
- Analytische und simulative Untersuchung ausgewählter Modulatortopologien und Erhebung der gewählten Kennzahlen
- Design, Auslegung und Aufbau in Altium Designer oder Emulation ausgewählter Modulatortopologien in Hardware
- Messtechnische Analyse und Erhebung der gewählten Kennzahlen anhand der Hardwareimplementation der gewählten Modulatoren im Labor
- Dokumentation der Literaturrecherche, theoretischer und praktischer Analysen in Form einer Master-Thesis