

Block 00 — Leit-Schaltung und Kursüberblick

Student Group

First Name	Surname	Matrikel Nr.

Table of Contents

Block 00 — Leit-Schaltung und Kursüberblick	2
0.1 Die Leit-Schaltung	2
0.2 Funktionale Aufteilung der Leit-Schaltung	3
0.3 Vereinfachtes Modell	3
0.4 Lernpfad durch das Semester	4
0.5 Überblick über die Lehrblöcke	5
0.6 Ausblick	5

Block 00 — Leit-Schaltung und Kursüberblick

0.1 Die Leit-Schaltung

In diesem Semester wird die unten dargestellte Schaltung als durchgehendes Beispiel verwendet. Sie steuert einen Gleichstrommotor über eine MOSFET-Vollbrücke, erfasst den Motorstrom über einen Shunt und kann bei Überstrom selbstständig abschalten.

Auf den ersten Blick wirkt die Schaltung komplex. Tatsächlich bestehen ihre Teilfunktionen überwiegend aus Bauelementen und Konzepten, die bereits in vorherigen Veranstaltungen behandelt wurden.

- Die grundlegenden Schaltungen mit **Widerständen** und **Leitern** wurden bereits in [EEE1](#) eingeführt. Insbesondere Ohmsches Gesetz, spezifischer Widerstand und die lineare Temperaturabhängigkeit werden in diesem Kurs vorausgesetzt. Siehe [EEE1: Resistance and Conductance](#).
- **Operationsverstärker**, **Rückkopplung** und einfache **Verstärkerschaltungen** wurden ebenfalls bereits behandelt. Komparator und Schmitt-Trigger werden später in diesem Kurs in einer konkreten Schutzschaltung detaillierter betrachtet. Siehe [EEE1: Comparator and Schmitt Trigger](#).
- Halbleiterbauelemente wie **Diode**, **Bipolartransistor** und **MOSFET** wurden in [EEE2](#) eingeführt. In diesem Kurs wird daher nicht erneut hergeleitet, wie ein MOSFET physikalisch funktioniert. Stattdessen interessiert, wie sich ein realer MOSFET in einer konkreten Leistungsschaltung verhält und wie er angesteuert werden muss. Siehe [EEE2: Electrical Engineering and Electronics 2](#), insbesondere Block 11-14.
- Auch die digitale Logik auf der linken Seite der Schaltung ist grundsätzlich bekannt. Boolesche Algebra und Wahrheitstabellen wurden bereits in Digitaltechnik bzw. Informatik behandelt. Siehe [Boolean Algebra and Logic Gates](#).

Damit stellt sich eine berechtigte Frage:



Wenn die einzelnen Bauteile und Grundprinzipien bereits bekannt sind - warum beschäftigen wir uns in Elektronischer Schaltungstechnik noch einmal damit?

Die bisherigen Veranstaltungen haben hauptsächlich die **Modelle und Grundfunktionen einzelner Bauelemente** vermittelt. In einer realen Schaltung müssen diese Bauteile jedoch gemeinsam funktionieren.

- Ein **Widerstand** besitzt nicht nur einen Widerstandswert. Zusätzlich werden beispielsweise Toleranz, Temperaturkoeffizient, Verlustleistung, Bauform und thermisches Verhalten relevant.
- Ein **Kondensator** besitzt nicht nur eine Kapazität. Bauart, Gleichspannung und Frequenz beeinflussen sein reales Verhalten.
- Ein **MOSFET** ist nicht einfach nur ein idealer Schalter. Auch im leitenden Zustand besitzt er einen endlichen Widerstand; sein Gate muss geladen und entladen werden und seine zulässigen

Spannungen und Ströme sind begrenzt.

- Ein **Operationsverstärker** besitzt keine unendliche Verstärkung bei jeder Frequenz. Eingangs- und Ausgangsspannungen, Bandbreite und Versorgung begrenzen sein Verhalten.
- Auch eine **digitale logische Funktion** wird letztlich durch reale elektronische Schalter mit endlichen Widerständen und Schaltzeiten realisiert.

Der Schwerpunkt dieses Kurses liegt daher nicht mehr primär auf der Frage

„Wie funktioniert dieses Bauteil grundsätzlich?“



sondern auf den Fragen

- „Wie verhält sich dieses Bauteil in einer realen Schaltung?“
- „Welche Angaben im Datenblatt sind dafür relevant?“
- „Welche Grenzen des idealen Modells werden wichtig?“
- „Wie beeinflussen sich mehrere Bauteile gegenseitig?“

0.2 Funktionale Aufteilung der Leit-Schaltung

Die vollständige Schaltung lässt sich in mehrere funktionale Bereiche zerlegen:

- **Nutzereingabe und Hauptschalter:** Aktivierung des Motortreibers und Vorgabe des PWM-Signals.
- **Gate-Treiber-Logik mit Totzeit:** Erzeugung der Steuersignale für die vier Leistungstransistoren und Vermeidung unzulässiger gleichzeitiger Einschaltzustände.
- **Gate-Treiber:** Anpassung der Logiksignale an die Anforderungen der MOSFET-Gates.
- **MOSFET-Vollbrücke:** Steuerung von Stromrichtung und Motorleistung.
- **Spannungsversorgung:** Versorgung des Leistungsteils und Erzeugung einer zusätzlichen Treiberspannung.
- **Strommessung und Überstromdetektion:** Erfassung des Motorstroms über einen Shunt, Signalaufbereitung, Vergleich mit einer Referenzspannung und Abschaltung bei zu großem Strom.

Nicht jede Teilfunktion kann bereits am Anfang vollständig verstanden werden. So wird beispielsweise der Bootstrap-Kondensator erst sinnvoll, nachdem die High-Side-Ansteuerung eines N-Kanal-MOSFETs untersucht wurde. Ebenso lässt sich die LC-Struktur der Hilfsversorgung erst später vollständig einordnen.

Die Schaltung wird daher im Laufe des Semesters schrittweise geöffnet: In jedem Block wird ein weiterer Teil genauer betrachtet und mit bereits bekannten Konzepten verknüpft.

0.3 Vereinfachtes Modell

Für den Einstieg wird die reale Schaltung stark vereinfacht.

Die Vollbrücke wird zunächst durch ideale Schalter dargestellt. Die Gate-Treiber werden ausgeblendet

und die Steuersignale durch einen abstrakten Logikblock erzeugt.

Damit bleiben drei wesentliche Funktionen sichtbar:

- **Steuern:** Die Logik entscheidet, welche Schalter geöffnet oder geschlossen sind.
- **Leistung übertragen:** Die Vollbrücke bestimmt Stromrichtung und Spannung am Motor.
- **Messen und schützen:** Der Shunt erfasst den Motorstrom; die Schutzschaltung kann die Leistungsstufe abschalten.

Diese vereinfachte Darstellung ist kein alternatives Schaltungsdesign, sondern ein **Modell der vollständigen Schaltung**.

Im Verlauf des Semesters werden die idealisierten Blöcke schrittweise durch reale Schaltungen ersetzt:

- aus dem idealen Schalter wird später MOSFET + Gate-Widerstand + Gate-Treiber,
- aus der Strommessung wird später RSENSE + Operationsverstärker + Filter + Komparator.

Auch in der vereinfachten Schaltung werden Bezeichnungen verwendet, die in vielen elektronischen Schaltungen wiederkehren:

Abkürzung	Begriff	Erklärung
CLK	Clock	Signal des Taktgebers. Im Beispiel wird damit die PWM mit einer Frequenz von $30\sim\mathrm{kHz}$ erzeugt.
EN	Enable	Freigabesignal der Schaltung. Nur bei aktivem EN darf der Motortreiber den Motor ansteuern.
HS	High Side	Bezeichnet einen Schalter auf der Seite der positiven Versorgungsspannung einer Halbbrücke. HS1 und HS2 sind die beiden High-Side-Schalter der Vollbrücke.
LS	Low Side	Bezeichnet einen Schalter auf der Seite des Bezugspotentials bzw. der Masse. LS1 und LS2 sind die beiden Low-Side-Schalter der Vollbrücke.
VM	Motor Voltage / Motor Supply Voltage	Versorgungsspannung des Leistungsteils bzw. der Vollbrücke. Im Beispiel beträgt sie $20\sim\mathrm{V}$.
RSENSE	Sense Resistor / Shunt	Niederohmiger Messwiderstand zur Erfassung des Motorstroms.
OCP	Over-Current Protection	Überstromschutz. Das Signal zeigt an, dass der festgelegte maximale Motorstrom überschritten wurde und dient zur Abschaltung der Leistungsstufe.
ROM	Read Only Memory	Nichtflüchtiger Festwertspeicher. Im vereinfachten Modell bildet er die Eingangssignale auf die Schaltzustände der Vollbrücke ab.

0.4 Lernpfad durch das Semester

Die Leit-Schaltung wird nicht in einem Schritt vollständig analysiert. Stattdessen werden ihre Teilfunktionen in einer Reihenfolge betrachtet, bei der jeweils möglichst viele notwendige Grundlagen bereits bekannt sind.

Die Leitidee ist:



Bekanntes Modell → reale Abweichung → Datenblatt → konkrete Schaltungsfunktion

Einige Beispiele:

- Der reale Widerstand wird zunächst am Shunt untersucht.
- Frequenzgang, Dezibel und Bode-Diagramm werden anschließend als Werkzeuge eingeführt.
- Mit diesen Werkzeugen kann danach das reale Verhalten von Kondensatoren und Filtern besser verstanden werden.
- Operationsverstärker und Komparatoren werden nicht erneut grundsätzlich eingeführt, sondern in konkreten Signalverarbeitungs- und Schutzschaltungen verwendet.
- Der MOSFET wird zunächst als realer Low-Side-Schalter betrachtet; danach folgen Halbbrücke, High-Side-Ansteuerung und schließlich die vollständige H-Brücke.
- Die Hilfsversorgung wird erst betrachtet, wenn Schalter, Diode, Induktivität und Kondensator im notwendigen Kontext bekannt sind.

Damit wächst die vollständige Leit-Schaltung im Laufe des Semesters aus bereits verstandenen Teilfunktionen zusammen.

0.5 Überblick über die Lehrblöcke

Block	Thema	Bezug zur Leit-Schaltung
01	Vom Schaltplansymbol zum realen Bauteil	Shunt, Bauformen, thermisches Verhalten, reale Schalter
02	Frequenzgang, Dezibel und Bode-Diagramm	grundlegendes Werkzeug für frequenzabhängige Schaltungen
03	Der reale Kondensator	Versorgungskondensatoren, parasitäre Eigenschaften, DC-Bias
04	Passive Filter und Filterentwurf	Filterung von Mess- und Störsignalen
05	Operationsverstärker und aktive Filter	Signalverstärkung und aktive Filterstrukturen
06	Komparator und Schmitt-Trigger	Umwandlung eines analogen Messsignals in eine robuste Schaltentscheidung
07	Referenzspannung und Überstromschutz	VREF, OCP und Abschaltung der Leistungsstufe
08	MOSFET als realer Schalter	

m DS(on)}\$, Gate-Ladung und Schaltverluste |

09	Halbbrücke und induktive Last	Strompfade, Freilauf und Motorinduktivität
10	High-Side-Ansteuerung	Gate-Treiber, Floating Supply und Bootstrap
11	H-Brücke, PWM und Totzeit	vollständige Vollbrücke, Drehrichtung, PWM und Shoot-through
12	Hilfsversorgung und Gesamtsystem	VDRV-Erzeugung und Zusammenführung der Teilsysteme

0.6 Ausblick

Block 00 dient als Orientierung und Referenz für das gesamte Semester. Die hier gezeigte

vollständige Schaltung muss zu diesem Zeitpunkt noch nicht im Detail verstanden werden.

Ab Block 01 wird jeweils ein begrenzter Teil der Schaltung genauer untersucht. Ziel ist, dass am Ende des Semesters die anfangs komplex wirkende Leit-Schaltung aus bekannten und begründbaren Teilfunktionen besteht.

From:

<https://wiki.mexle.org/> - **MEXLE Wiki**

Permanent link:

https://wiki.mexle.org/elektronische_schaltungstechnik/block00?rev=1790520133

Last update: **2026/09/27 16:42**

