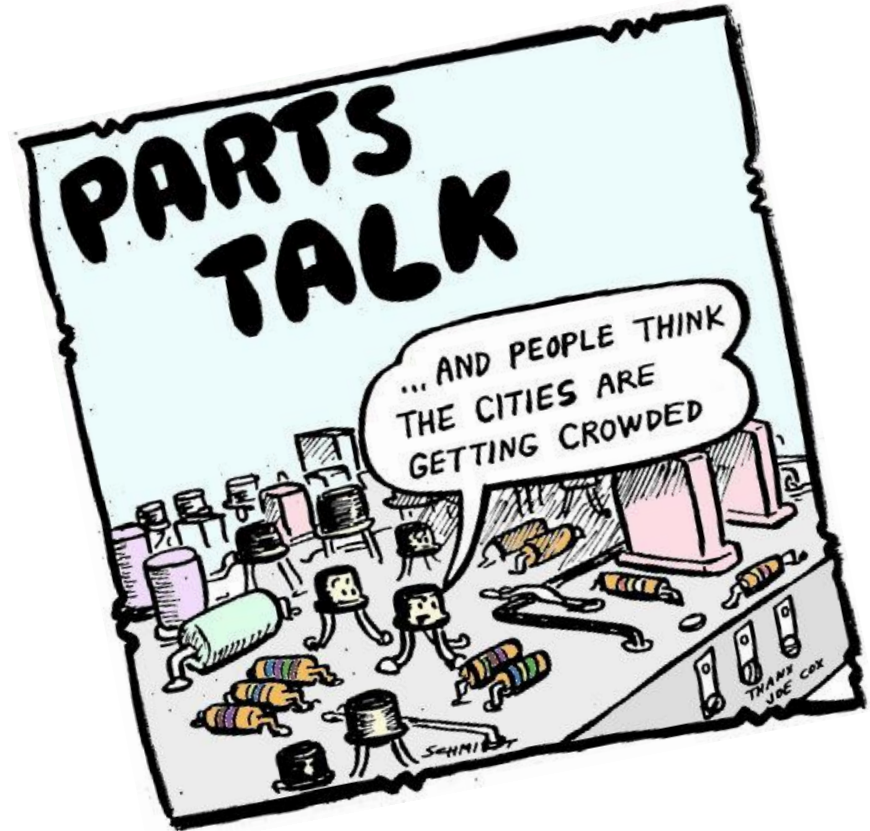


Experiment 12: Parameterstudie DC-DC-Wandler

30.06.2020, Timo Stelter, Patrice Bönig, Jan Dröst ©HSB



Inhalt

- 1 Motivation
- 2 Grundlegender Schaltungsaufbau
- 3 Untersuchte Parameter:
 - 3.1 Verschiedene Spannungen bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und konstanter ohmscher Last
 - 3.2 Ausgangsspannung bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last
 - 3.3 Die Tastverhältnisse der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}
 - 3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last
- 4 Fazit

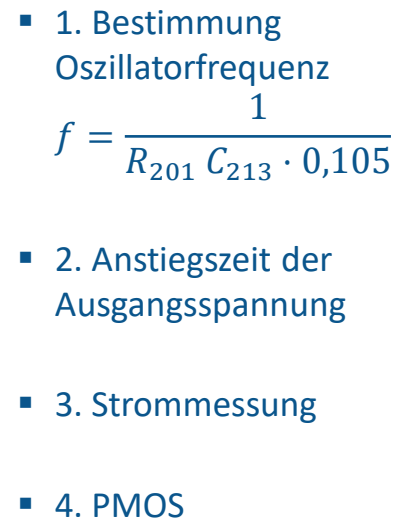
1. Motivation

- Was ist ein DC-DC-Wandler ?
- Anwendungsbeispiele
- Vor - und Nachteile

1. Motivation

- Was ist ein DC-DC-Wandler ?
 - Wandlung einer DC Spannung in eine andere DC Spannung
 - durch Ein-/Ausschalten der Eingangsspannung
- Anwendungen:
 - leistungseffiziente Schaltnetzteile, Konstantspannungsquellen
 - Zwischenkreisstabilisierung
- Vorteile:
 - hoher Wirkungsgrad teils bis 98-99%
 - geringe Wärmeentwicklung
- Nachteile:
 - hohe Schaltfrequenzen → Entstörung unvermeidbar, um EMV zu gewährleisten

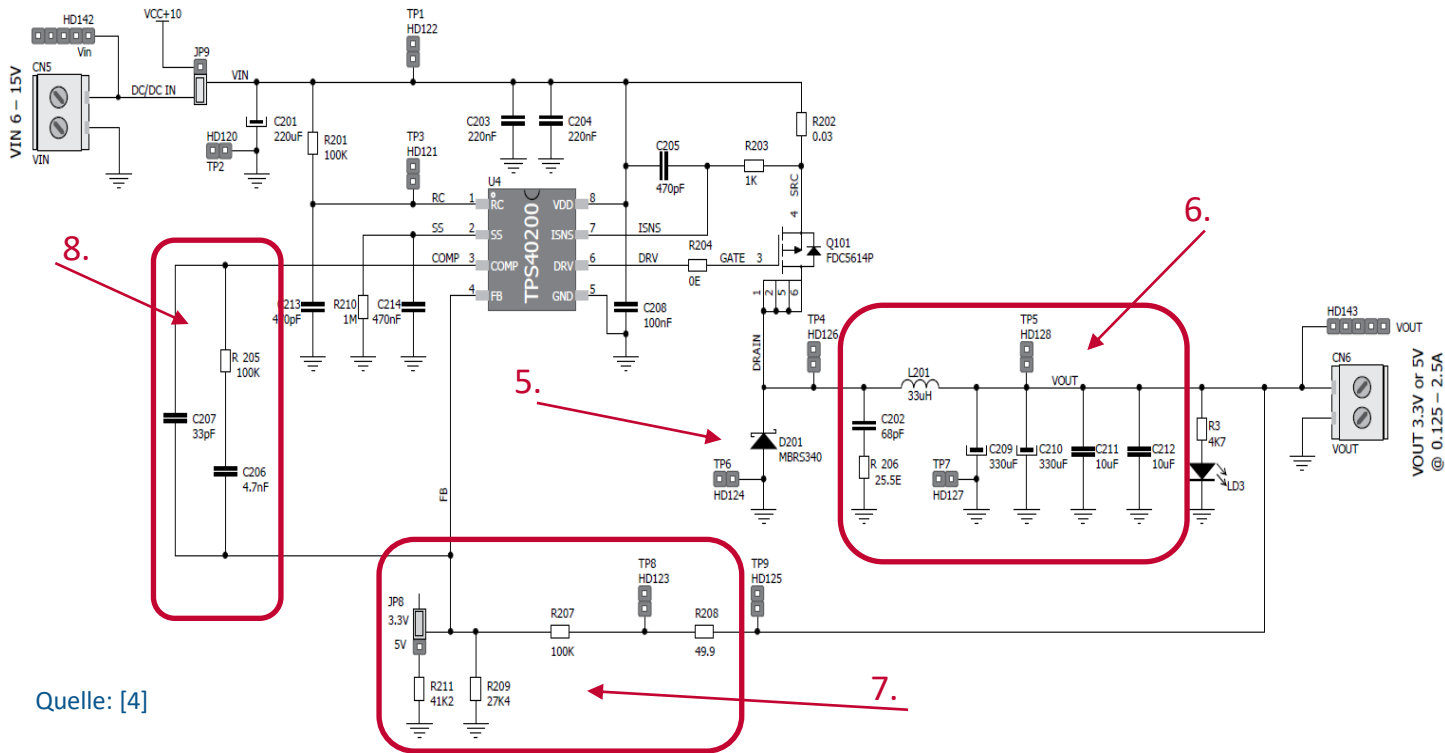
2. Grundlegender Schaltungsaufbau



Exp.12 DC-DC-Wandler, Timo Stelter, Patrice Bönig, Jan Dröst ©HSB

2. Grundlegender Schaltungsaufbau

- 5. Schottky-Diode
- 6. Energiespeicherung und Filterung des PWM Signals
- 7. Spannungsteiler für die Referenzspannung
- 8. Kompensationsfilter der Rückkopplung



Quelle: [4]

3. Untersuchte Parameter

- 3.1 Verschiedene Spannungen bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und konstanter ohmscher Last
- 3.2 Ausgangsspannung bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last
- 3.3 Die Tastverhältnisse der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}
- 3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last

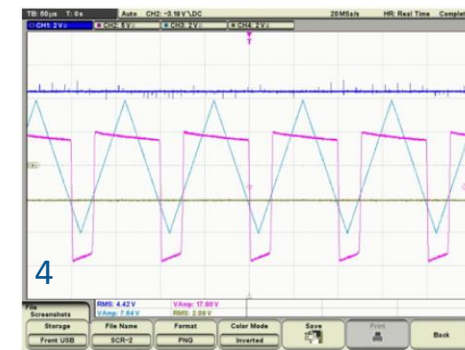
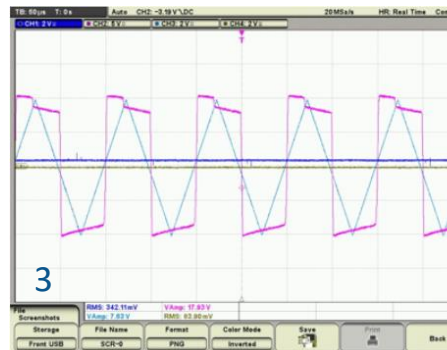
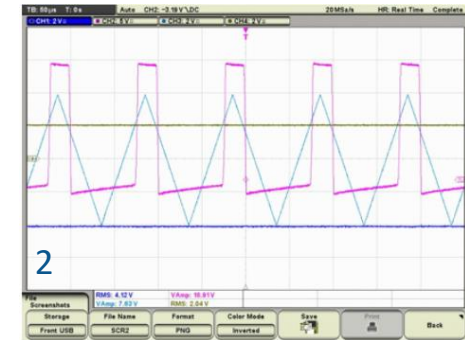
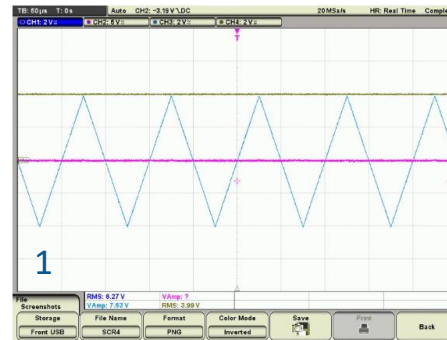
3.1 Bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und ohmscher Last



3.1 Bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und ohmscher Last

Kurze Wiederholung zu PWM

- PWM = Pulsweitenmodulation
- aus PWM Signal wird Ausgangsspannung erzeugt
- Grundlage für PWM-Signal ist Oszillatorspannung
- durch Überlagerung mit Referenzspannung ergibt sich PWM Signal



Quelle: [8]

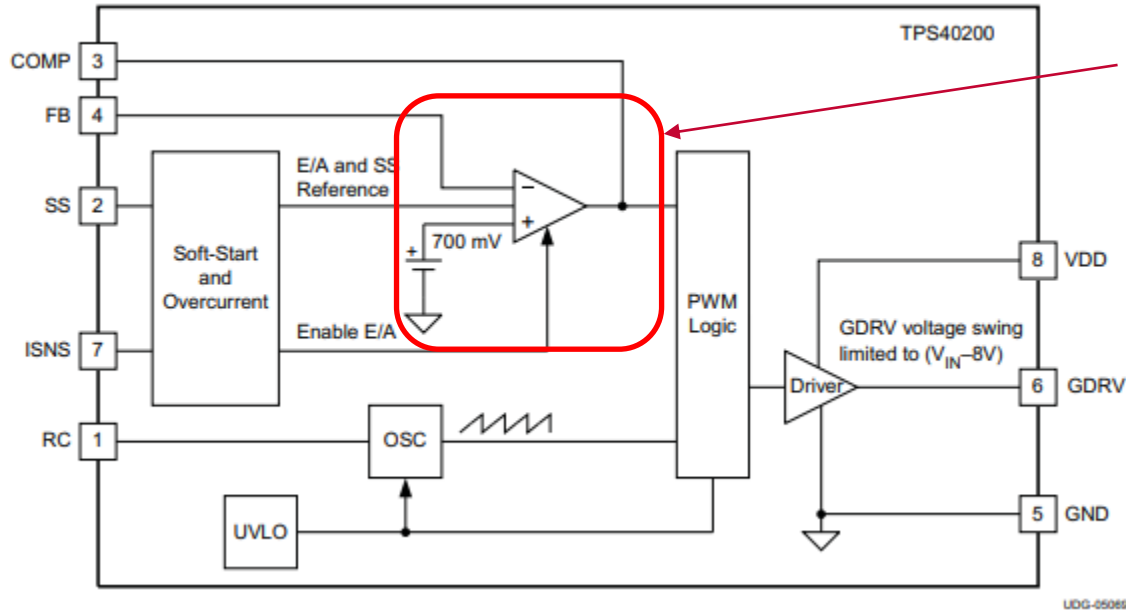
PWM-Signal

| Oszillatorspannung

Referenzspannung

| Ausgangsspannung

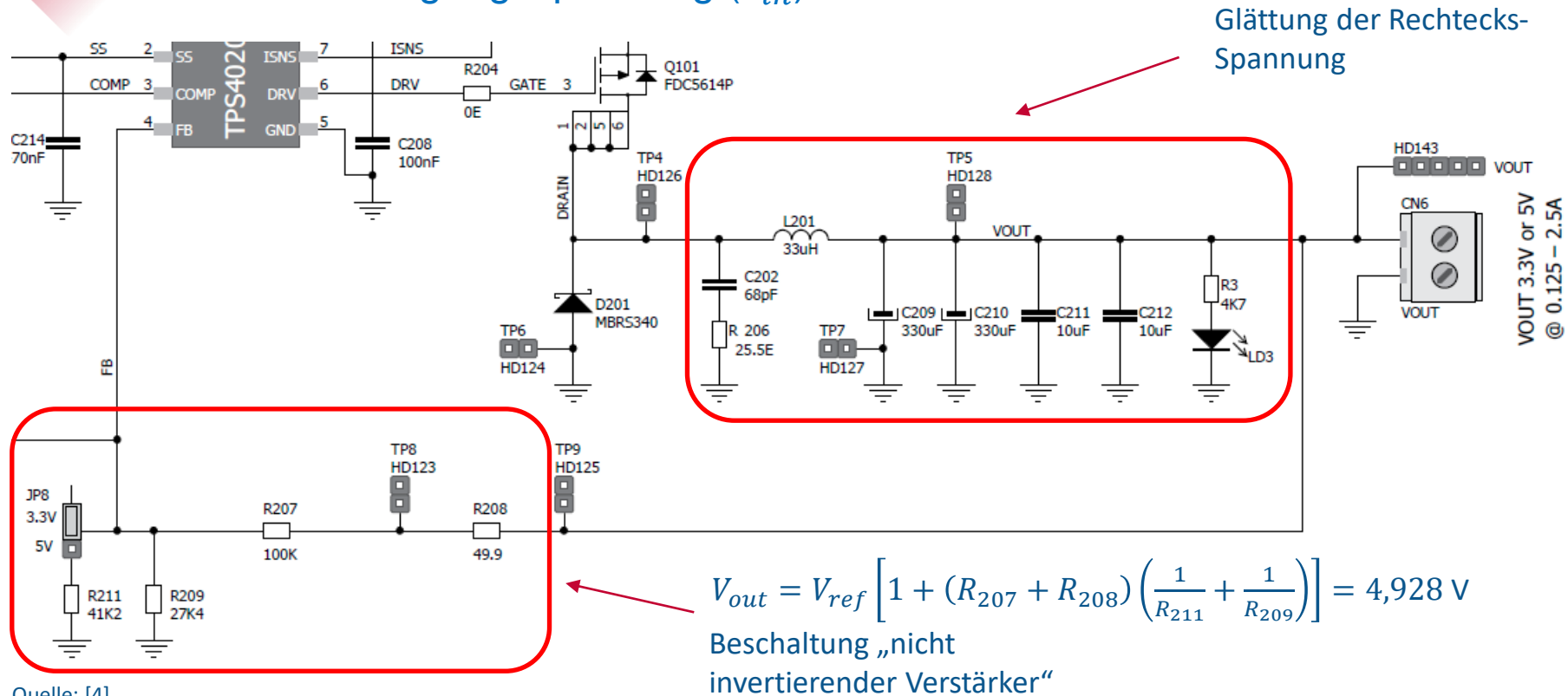
3.1 Bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und ohmscher Last



Festlegen der Referenzspannung für das PWM-Signal

Quelle: [5]

3.1 Bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und ohmscher Last



Quelle: [4]

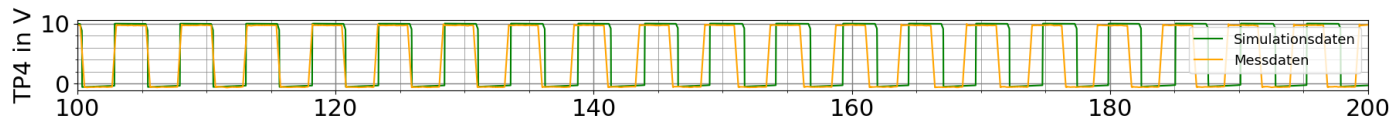
3.1 Bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und ohmscher Last

Messung und Simulation

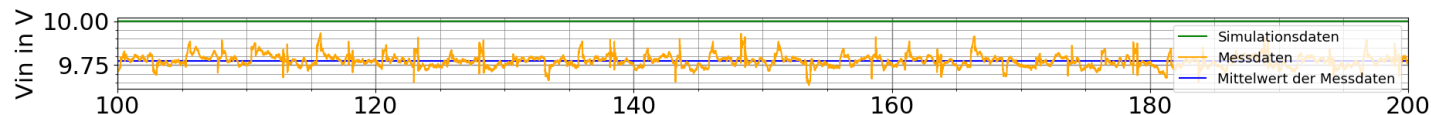
Oszillatorspannung ➡



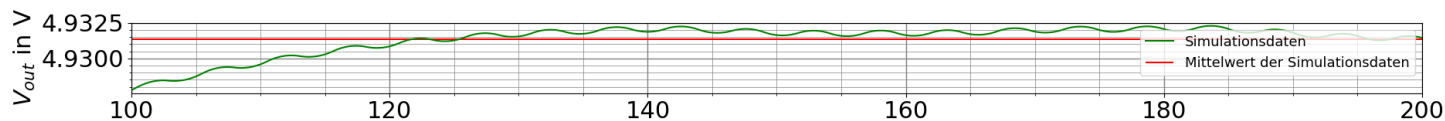
PWM-Signal ➡



Eingangsspannung ➡



Ausgangsspannung



3.1 Bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und ohmscher Last

Bewertung: Abweichung simulierter und gemittelter gemessener V_{in} : 0,25 V -> 2,5 %

Abweichung zwischen theoretisch errechneter und gemittelter simulierter V_{out} :
3,4 mV -> 0,069 %

Abweichung zwischen gemittelter simulierter und gemessener V_{out} :
33,4 mV -> 0,69 %

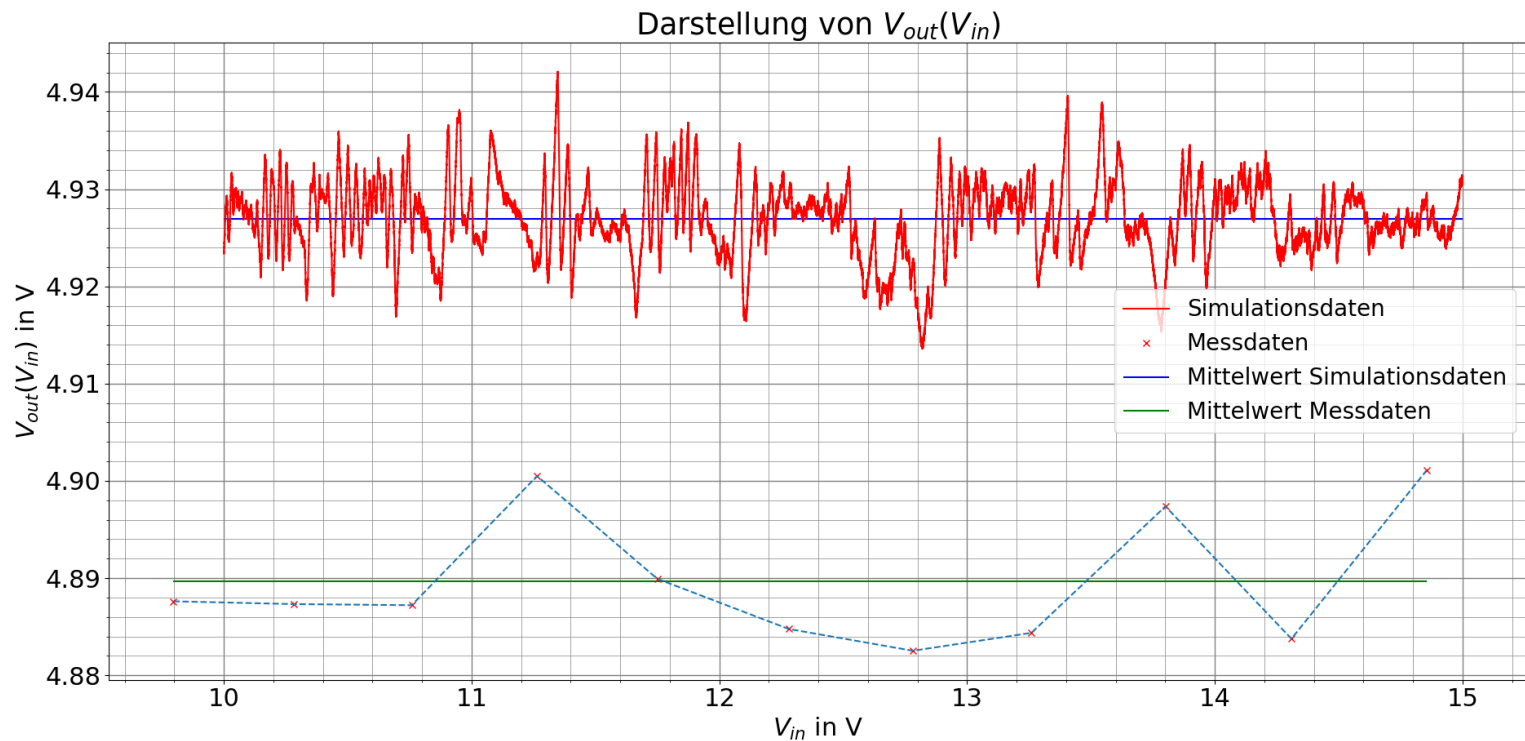
Spannungsspitzen verursacht durch die Messung -> Induzierung von Spannung durch die hochfrequenten Spannungen in die Masseleitung der Oszilloskopmessspitze

Abweichungen gering. Vermutung liegt nahe, dass dies an Bauteiltoleranzen und Messungenauigkeiten liegt

3. Untersuchte Parameter

- 3.1 Verschiedene Spannungen bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und konstanter ohmscher Last
- 3.2 Ausgangsspannung bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last
- 3.3 Die Tastverhältnisse der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}
- 3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last

3.2 Ausgangsspannung bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last



3.2 Bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last

Bewertung:

Abweichung zwischen theoretisch errechneter Spannung und gemittelter simulierter Spannung -0,01 %

Abweichung zwischen Simulation und Messung im Mittel -0,73%

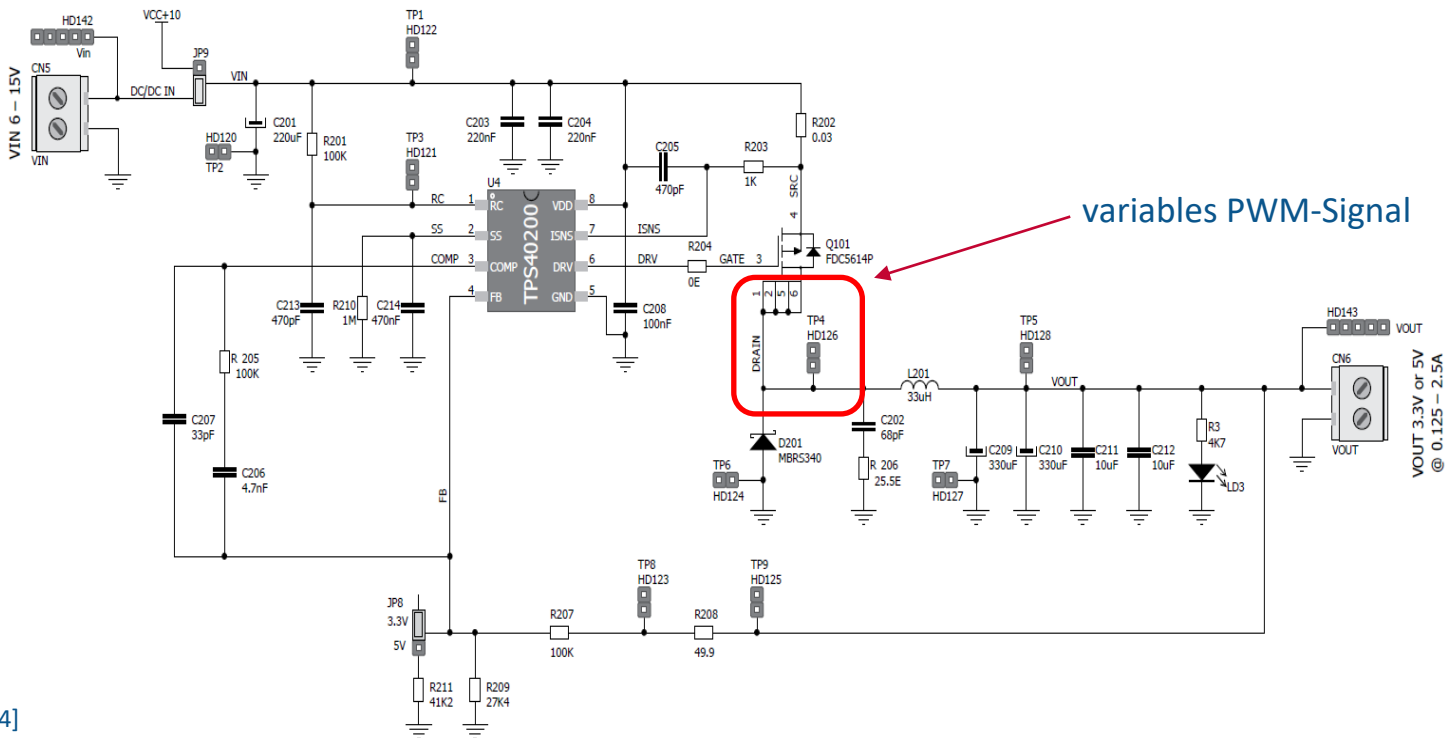
Abweichungen lassen kein Muster erkennen. Daher wird es sich vermutlich um Rauschen handeln

Abweichungen gering. Vermutung liegt nahe, dass dies an Bauteiltoleranzen und Messungenauigkeiten liegt

3. Untersuchte Parameter

- 3.1 Verschiedene Spannungen bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und konstanter ohmscher Last
- 3.2 Ausgangsspannung bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last
- 3.3 Die Tastverhältnisse der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}
- 3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last

3.3 Der Tastgrad der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}



Quelle: [4]

3.3 Der Tastgrad der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}

Variabler Tastgrad (duty cycle)

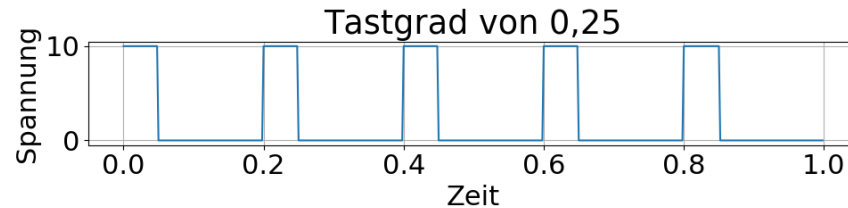
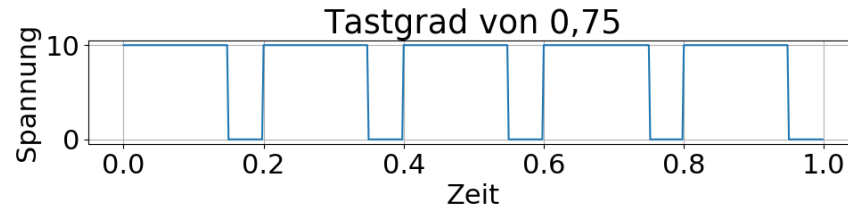
$$V_{out} = V_{in} \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

$$= V_{in} \cdot \text{Tastgrad}$$

Parameter: 10 V bis 15 V Eingangsspannung

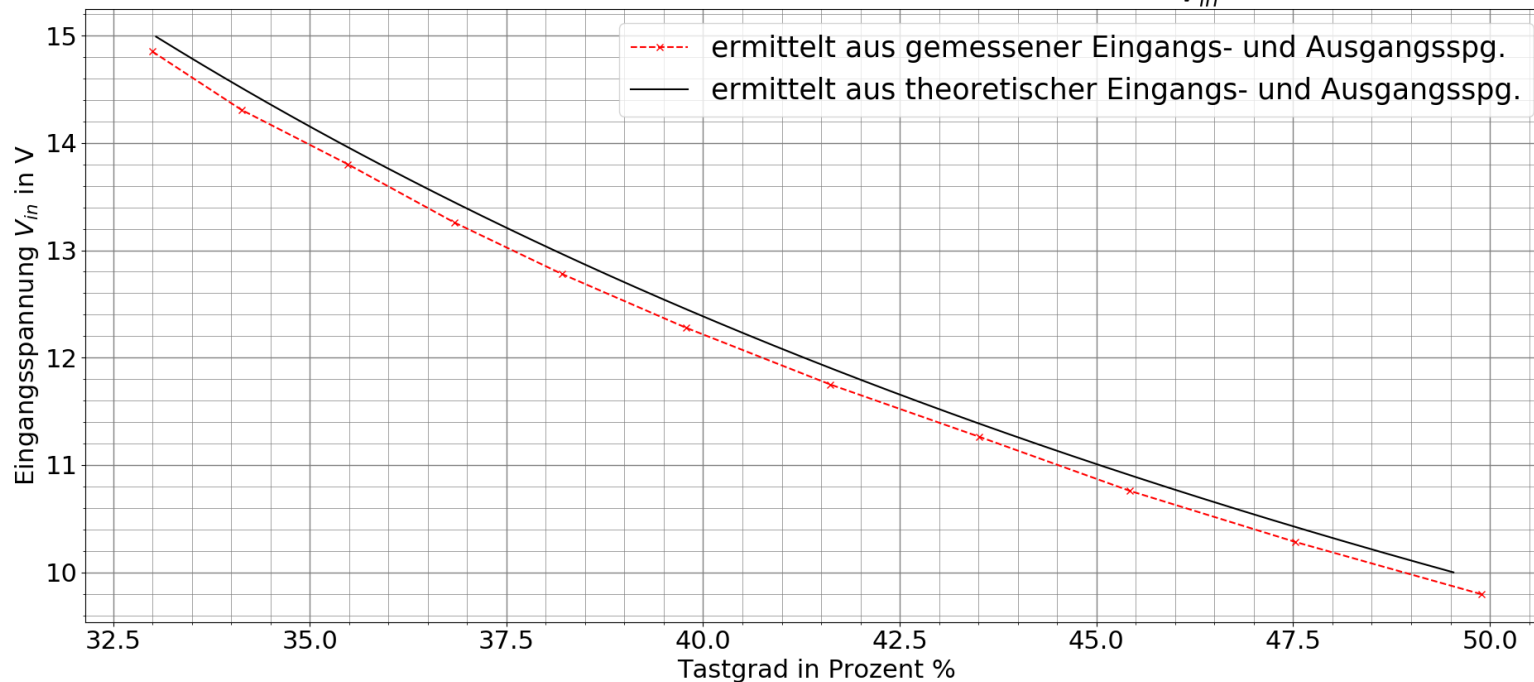
ca. 5 V Ausgangsspannung

Tastgrad von 0,33 bis 0,5



3.3 Der Tastgrad der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}

Eingangsspannung im Verhältnis zum Tastgrad $= \frac{V_{out}}{V_{in}}$



3.3 Der Tastgrad der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}

Verlauf zeigt keine Gerade

Erwartet, da $V_{in} = \frac{V_{out}}{\text{Tastgrad}}$ (*Hyperbel*)

Verlauf zwischen Simulation und Messung sehr ähnlich

Versatz lässt sich durch Differenz der Ausgangsspannung erklären.

3. Untersuchte Parameter

- 3.1 Verschiedene Spannungen bei konstanter Eingangsspannung (V_{in}) und konstanter ohmscher Last
- 3.2 Ausgangsspannung bei variabler V_{in} und konstanter ohmscher Last
- 3.3 Die Tastverhältnisse der PWM-Wellenform bei variierender V_{in}
- 3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last

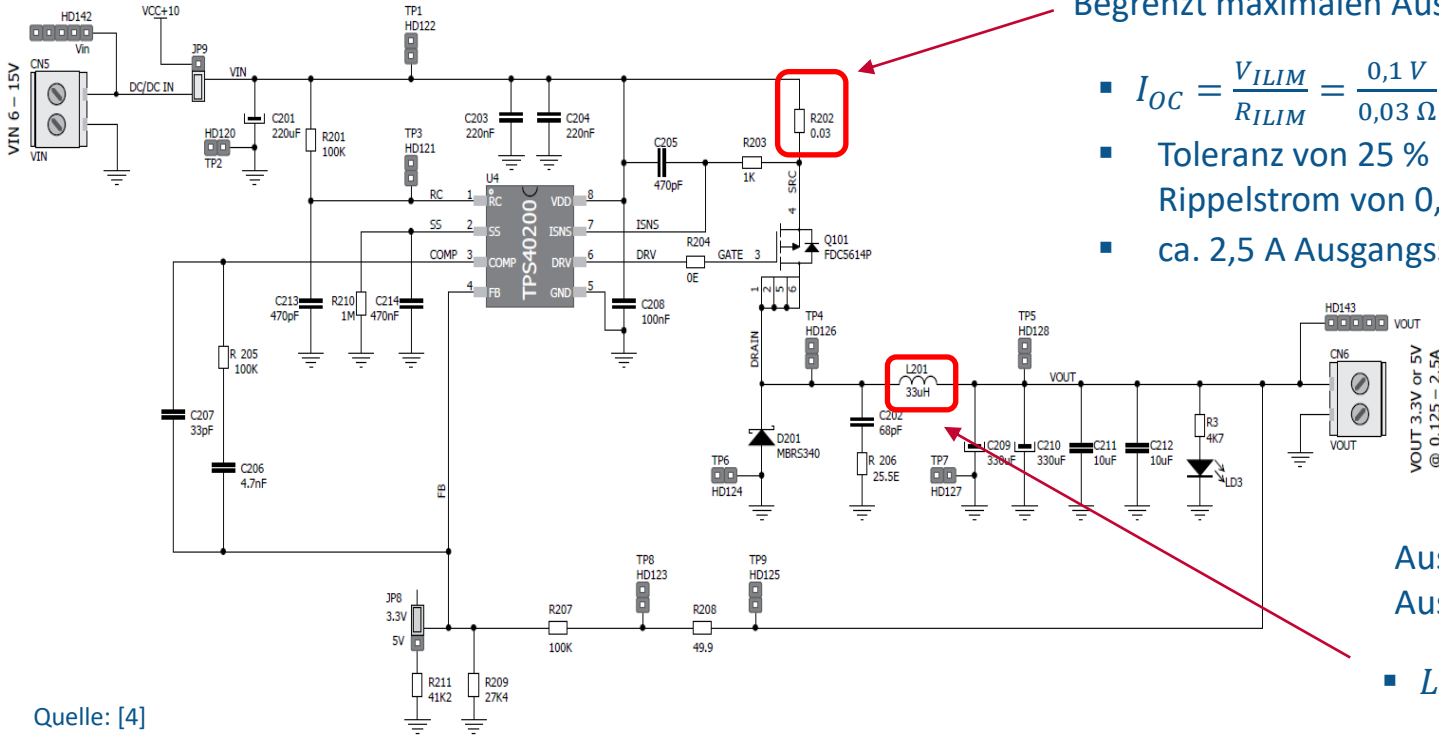
3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last

Begrenzt maximalen Ausgangsstrom (100 mV)

- $I_{OC} = \frac{V_{ILIM}}{R_{ILIM}} = \frac{0,1 \text{ V}}{0,03 \Omega} = 3,33 \text{ A}$
- Toleranz von 25 % beachten sowie Rippelstrom von 0,125 A
- ca. 2,5 A Ausgangsstrom

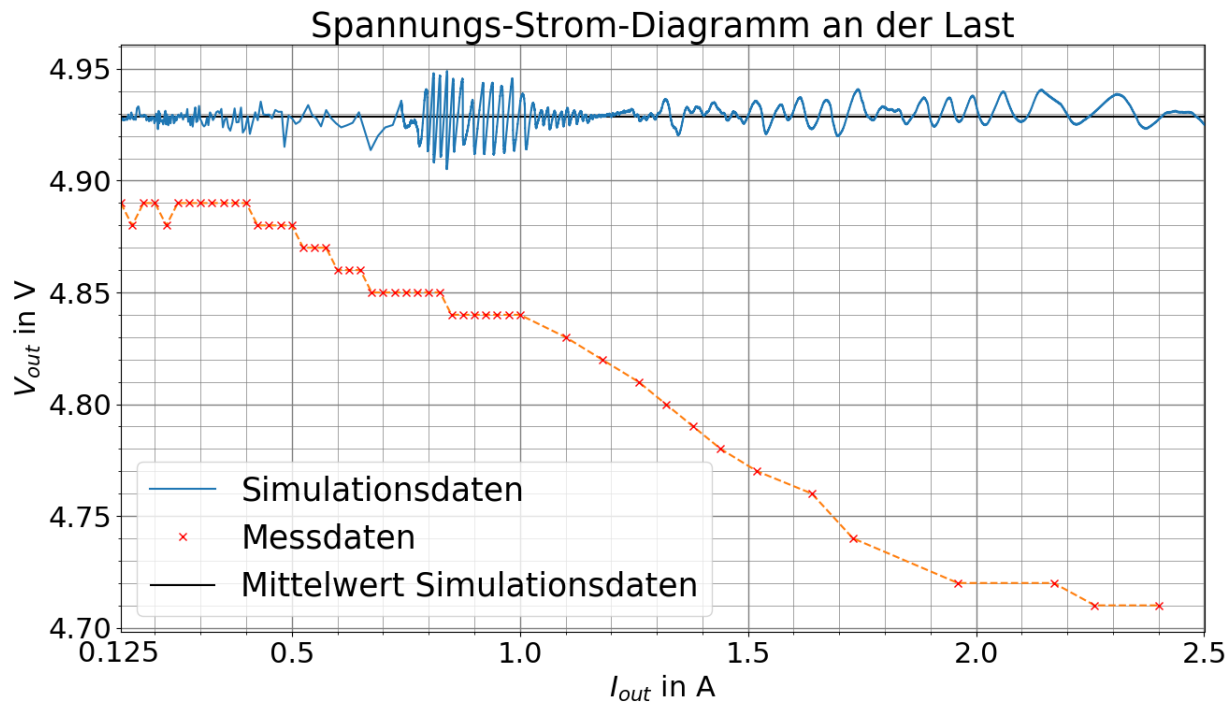
Auslegung auf minimalen Ausgangsstrom

$$L = \frac{1}{f} \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \frac{V_{out}}{2 I_{out,min}}$$



Quelle: [4]

3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last



3.4 Ausgangsspannung bei konstanter V_{in} und variabler ohmscher Last

Ausgangsstrom verringert sich bei steigendem Laststrom

Grund: ansteigende Verlustleistungen von parasitären Widerständen und den PN-Elementen

Messung erreicht nicht die angegebenen 2,5 A, sondern nur 2,4 A

Im Datenblatt angegebene 25 % Toleranz zu klein

4. Fazit

4. Fazit

Ausgangsspannungen
bei konstanter
ohmscher Last:

Simulation wird durch Messung bestätigt

V_{out} zu I_{out} bei
dynamischer
ohmscher Last:

Simulation: I_{out} bis zu 2,5 A ohne Auswirkungen auf V_{out}

Messung: I_{out} nur bis 2,4 A und V_{out} ab 0,5 A nicht mehr konstant

Mit steigendem I_{out} sinkt V_{out}

Tastgrade:

die Simulations- und Messdaten ergeben ähnliche Tastgrade

Simulation durch die Messung bestätigt

Literaturverzeichnis

- [1] T. Instruments und Incorporated, „Understanding the Terms and Definitions of LDO Voltage Regulators“, 1999. [Online]. Verfügbar unter: https://www.ti.com/lit/an/slva079/slva079.pdf?ts=1591961137391&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F. Zugriff am: 12. Juni 2020.
- [2] Joachim Herz Stiftung, *Energie des magnetischen Feldes / LEIFIphysik*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/grundwissen/energie-des-magnetischen-feldes>. Zugriff am: 11. Juni 2020.
- [3] Prof. Dr.-Ing. Thorsten Völker, „Skript: Leistungselektronik: Hochschule Bremen, Elektrische Energietechnik“. Am Neustadtswall 30, 28199 Bremen, 1. Okt. 2014.
- [4] TEXAS INSTRUMENTS, *Analog System Lab Kit PRO Manual*. [Online]. Verfügbar unter: <https://download.mikroe.com/documents/specials/educational/aslk-pro/aslk-pro-manual-v103.pdf>.
- [5] TEXAS INSTRUMENTS, *TPS40200: Wide Input Range Non-Synchronous Voltage Mode Controller*. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps40200.pdf>.
- [6] TEXAS INSTRUMENTS, *Understanding output voltage limitations of DC/DC buck converters*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ti.com/lit/an/slyt293/slyt293.pdf>.
- [7] U. Tietze, C. Schenk und E. Gamm, *Halbleiter-Schaltungstechnik: Neuer Teil: nachrichtentechnische Schaltungen*, 12. Aufl. Berlin: Springer, 2002.
- [8] Experiment 9: DC-DC Konverter [Online]. Verfügbar unter: https://aslk-pro.readthedocs.io/de/latest/Experiment_09.html

Hochschule Bremen
City University of Applied Sciences



Vielen Dank!

Neustadtswall 30
D-28199 Bremen
T +49 421 59050
F +49 421 5905 2292
info@hs-bremen.de
hs-bremen.de