

Handout zum Referat: Spannungsregelung¹

Lutz Schüle

16. November 2015



Das Konzept der Spannungsregelung ermöglicht es, unabhängig von der Eingangsspannung eine stabile Ausgangsspannung zu modulieren. Demnach ist es möglich unabhängig von der Versorgung einen beliebigen Verbraucher zu betreiben.

Dieses Handout wird das zugehörige Referat grob zusammenfassen und elementare Inhalte umfassen.

Lineare Spannungsregler

Lineare Spannungsregler sind sehr einfach aufgebaut. Sie bestehen im Prinzip nur aus einem Comparator und einem Bipolartransistor siehe Abbildung 1. Zur Vereinfachung kann man sie sich wie einen Variablen Widerstand vorstellen, der permanent Analog über den Ausgang geregelt wird.

Das hat zum Vorteil, dass die Ausgangsspannung sehr stabil ist. Aufgrund des simplen Aufbaus lassen sich lineare Spannungsregler sehr leicht beschalten und dimensionieren. Auch sind sie sehr günstig in der Anschaffung.

Problematisch ist allerdings die Energieeffizienz eines solchen Reglers. Da die Spannung über dem 'variablen Widerstand' abfällt, wird permanent Wärmeleistung umgesetzt, die mithilfe von Kühlern abgeführt werden muss.

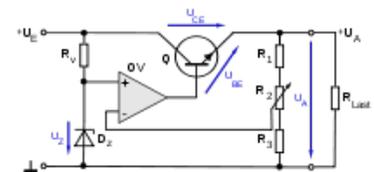


Abbildung 1: Aufbau eines linearen Spannungsreglers (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/14/Stab_ov.svg/220px-Stab_ov.svg.png)

Schaltregler

Schaltregler setzen nicht, wie lineare Spannungsregler permanent Leistung um, sondern schalten periodisch, um die Spannung zu manipulieren. Das macht sie sehr energieeffizient.

Man unterscheidet beim Umschalten zwischen den zwei Phasen **ON** (Schalter geschlossen) und **OFF** (Schalter geöffnet). Das Konzept des periodischen Schaltens birgt allerdings auch Probleme. Es steigt der Aufwand eine solche Schaltung zu entwerfen und dimensionieren siehe Abbildung 2. Weiterhin können Schaltregler ICs 5-50 mal so viel, wie ein linearer Spannungsregler kosten.

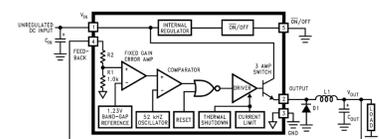


Abbildung 2: Blockschaltbild eines Schaltreglers (<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf>)

Step-Down Regler (Buck Converter)

Buck Converter sind Schaltregler, deren Ausgangsspannung U_{out} kleiner der Eingangsspannung U_{in} ist.

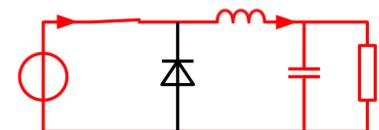


Abbildung 3: Buck Converter in ON Phase (https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter#/media/File:Buck_operating.svg)

In Abbildung 3 lässt sich eine exemplarische Schaltung eines Step-Down Wandlers erkennen, der sich im **ON** Betrieb befindet. Ist der Schalter geschlossen, fließt ein Strom über die Drossel zur Last. Zunächst drosselt die Spule die Spannung vor der Last. Das Magnetfeld der Drossel steigt mit fließendem Strom, ihr Widerstand sinkt. Das führt dazu, dass die Ausgangsspannung steigt.

Steigt diese über einen Punkt, wird der Schalter geöffnet und es beginnt der **OFF** Betrieb. Siehe Abbildung 4. Im **OFF** Betrieb, baut sich das Magnetfeld der Drossel ab und treibt einen Strom durch den Verbraucher. Unterschreitet die Spannung U_{out} erneut einen Schwellenwert, wird der Schalter wieder geschlossen.

Step-Up regler (Boost Converter)

Boost Converter sind Schaltregler, deren Ausgangsspannung U_{out} grösser als die des Eingangs U_{in} ist. In Abbildung 5 lässt sich eine exemplarische Schaltung eines Step-Up Wandlers erkennen, der sich im **ON** Betrieb befindet.

In der **ON** Phase wird der Verbraucher ueber den geladenen Kondensator gespeist. Davon abgesondert fließt ein Strom über die Drossel und induziert ein Magnetfeld. Ist die im Magnetfeld der Spule gespeicherte Energie auf einen gewissen Wert gewachsen, wird der Schalter geöffnet und es beginnt die **OFF** Phase: Abbildung 6.

Sowohl das in der Drossel gespeicherte Magnetfeld, als auch die weiterhin aktive Versorgungsspannung führen nun zu einer Ausgangsspannung, grösser U_{in} . Mit der Zeit baut sich das Magnetfeld der Spule ab, wodurch die Ausgangsspannung sinkt und der Schalter wieder geschlossen wird.

Ladungspumpe (Charge Pump)

Ladungspumpen sind keine reinen Gleichspannungswandler, da sie u.a. eine Wechselfspannung benötigen um eine Ausgangsspannung umzusetzen, die grösser der Eingangsspannung ist.

Dafür kann man sie allerdings ohne jegliche Spulen umsetzen. Dies senkt die Kosten und erlaubt spezielle Anwendungsgebiete, da keine Magnetfelder induziert werden. In Abbildung 7 ist eine Beispielschaltung fuer eine Ladungspumpe in **OFF** Betrieb dargestellt. Die Rechteckspannung hat einen Pegel von 0V. Beide Kondensatoren werden durch die normale Versorgungsspannung geladen.

Wechselt nun der Pegel der Rechteckspannung auf 5V, so befindet sich die Schaltung im **ON** Betrieb. Durch die Rechteckspannung wird das Potential zwischen den beiden Dioden auf über U_{out} angehoben. Diode D_2 leitet. Die Kondensatoren entladen sich und die Teilspannungen addieren sich zu einem Wert grösser U_{in} .

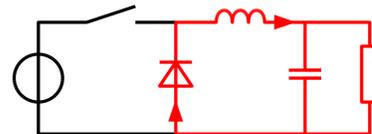


Abbildung 4: Buck Converter in OFF Phase (https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter#/media/File:Buck_operating.svg)

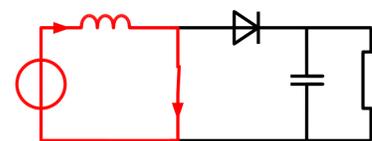


Abbildung 5: Boost Converter in ON Phase (https://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter#/media/File:Boost_operating.svg)

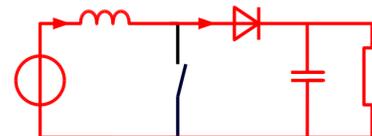
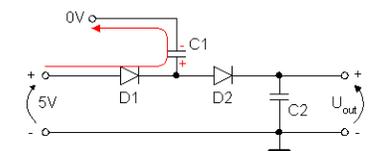
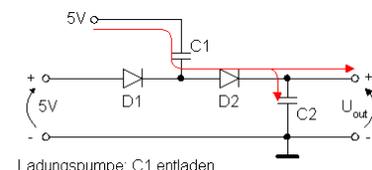


Abbildung 6: Boost Converter in OFF Phase (https://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter#/media/File:Boost_operating.svg)



Ladungspumpe: C1 laden

Abbildung 7: Charge Pump in OFF Phase (<http://sprut.de/electronic/switch/schalt.html#pumpe>)



Ladungspumpe: C1 entladen

Abbildung 8: Charge Pump in ON Phase (<http://sprut.de/electronic/switch/schalt.html#pumpe>)