

Übersicht Netzteilschaltungen

Ungeregelte Netzteile

Gleichrichtung /Glättung

Geregelte Netzteile

- Ungeregelte Eingangsstufe mit nachfolgender Spannungsstabilisierung

Schaltnetzteile

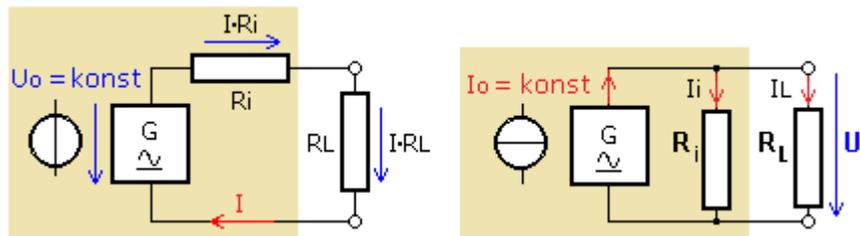
- Primär getaktete Schaltregler
- Sperrwandler mit und ohne Netztrennung
 - Flusswandler

Schaltspannungsregler

- Aufwärtswandler
- Abwärtswandler
- Inverswandler

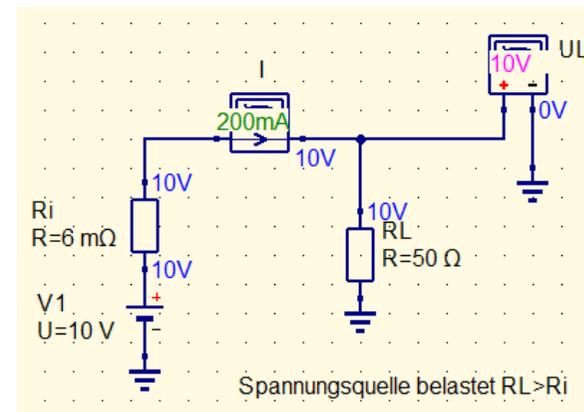
Spannungs- und Stromquelle:

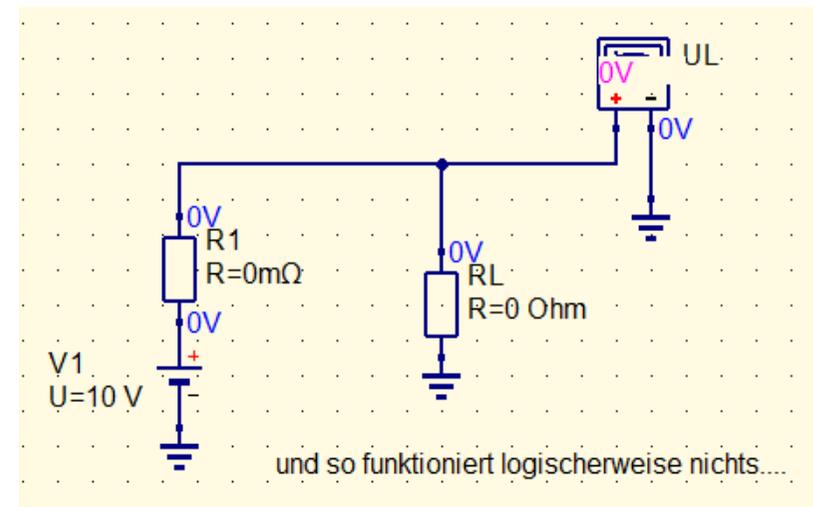
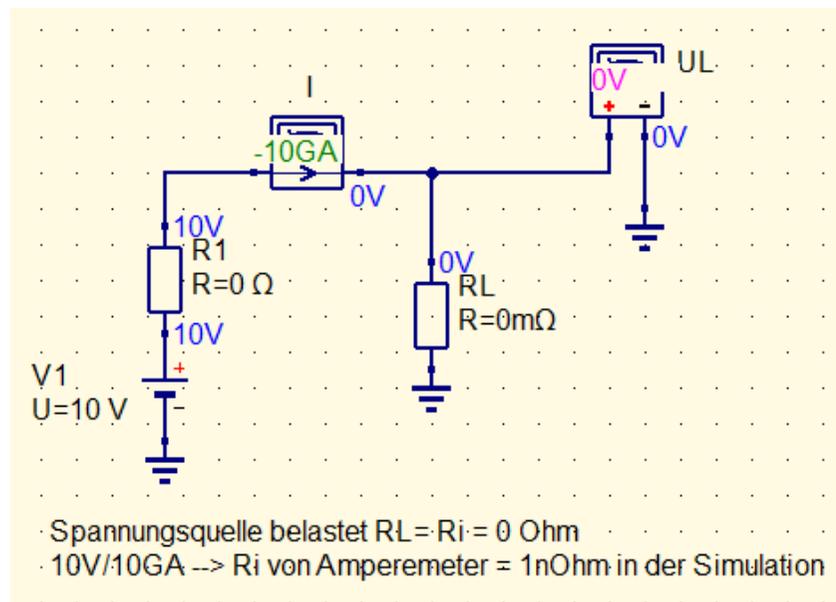
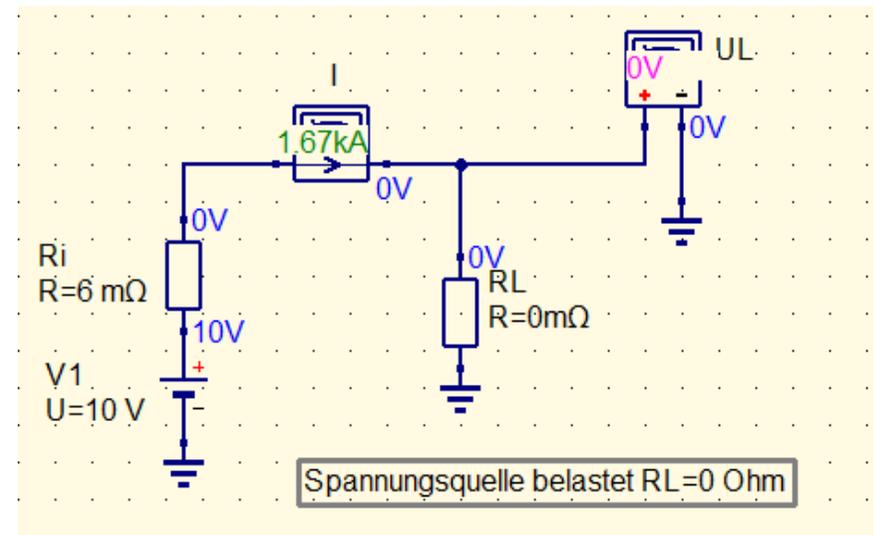
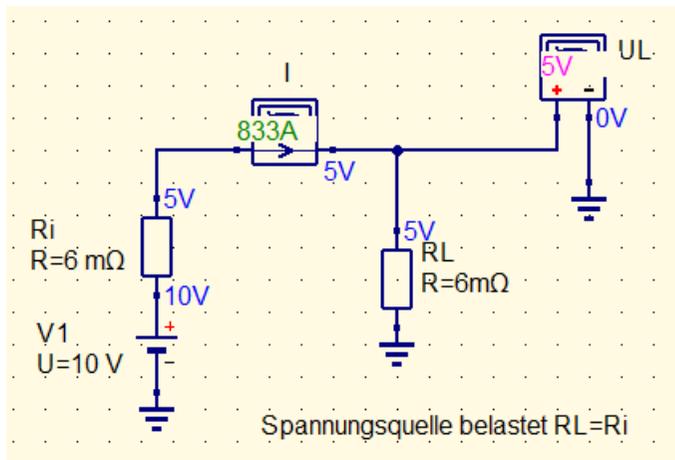
Jede Signalquelle besitzt einen Innenwiderstand. Er bildet mit der angeschlossenen Lastimpedanz (Lastwiderstand) eine Reihenschaltung. Die Eigenschaft der **Quelle** wird als **ideal** definiert und ihr Wert bleibt stets konstant. Bei geschlossenem Stromkreis wird die Quelle belastet und im Vergleich zum Leerlauf verringert sich ihre Klemmenspannung. Die Spannungsdifferenz erklärt sich durch den am **Innenwiderstand R_i** durch den Laststrom erzeugten Spannungsfall.



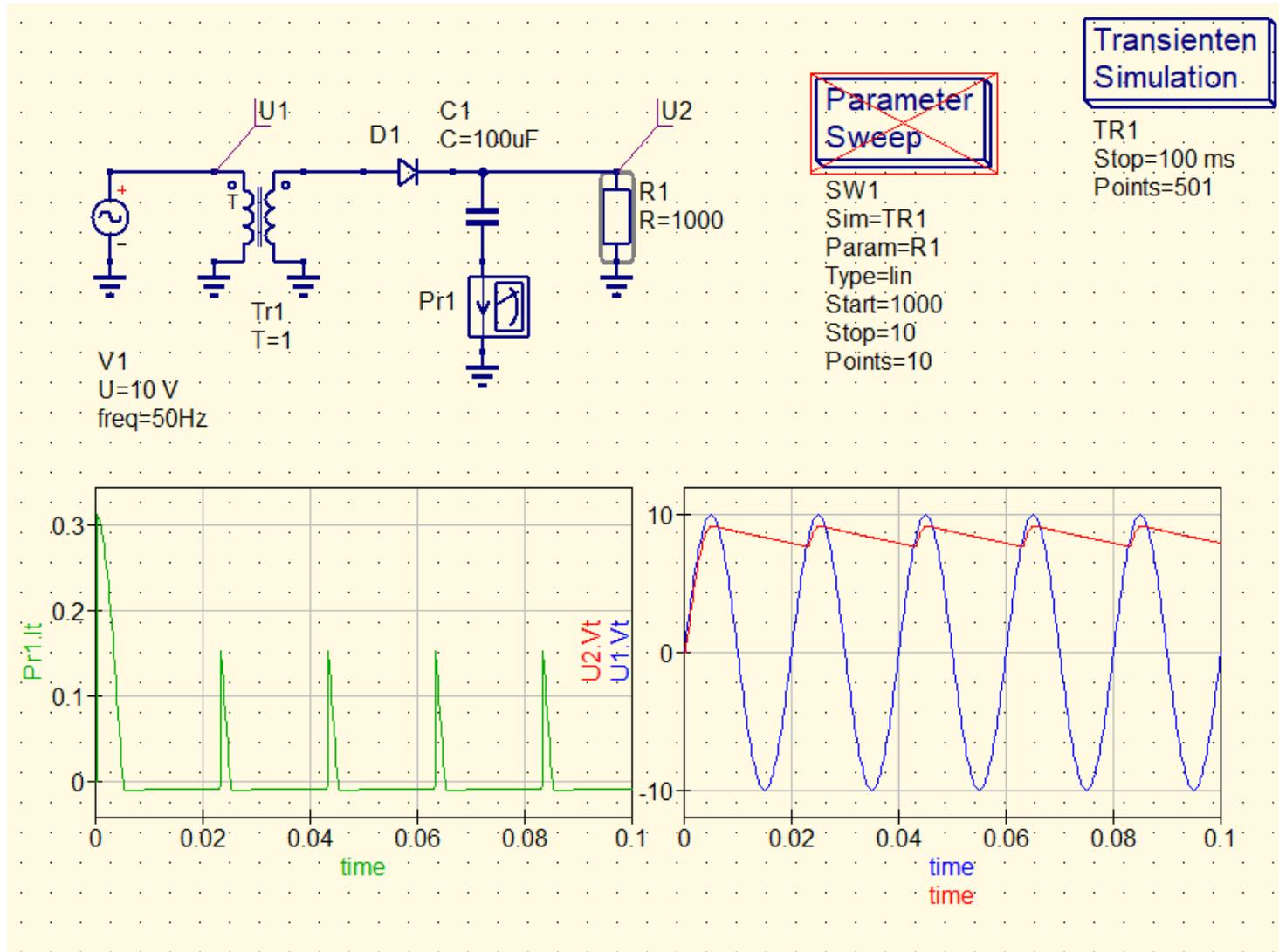
Ist der Innenwiderstand der Spannungsquelle im Vergleich zum Lastwiderstand R_L sehr groß, dann bestimmt der Innenwiderstand R_i den maximal fließenden Strom. Die Quelle wirkt eher als Konstantstromquelle und im Ersatzschaltbild liegt der Innenwiderstand parallel zum Lastwiderstand. Die Schaltbilder für die Ersatzstromquelle und Ersatzspannungsquelle sind einander gleichwertig.

Die Spannungsquelle in der QucsStudio-Simulation:

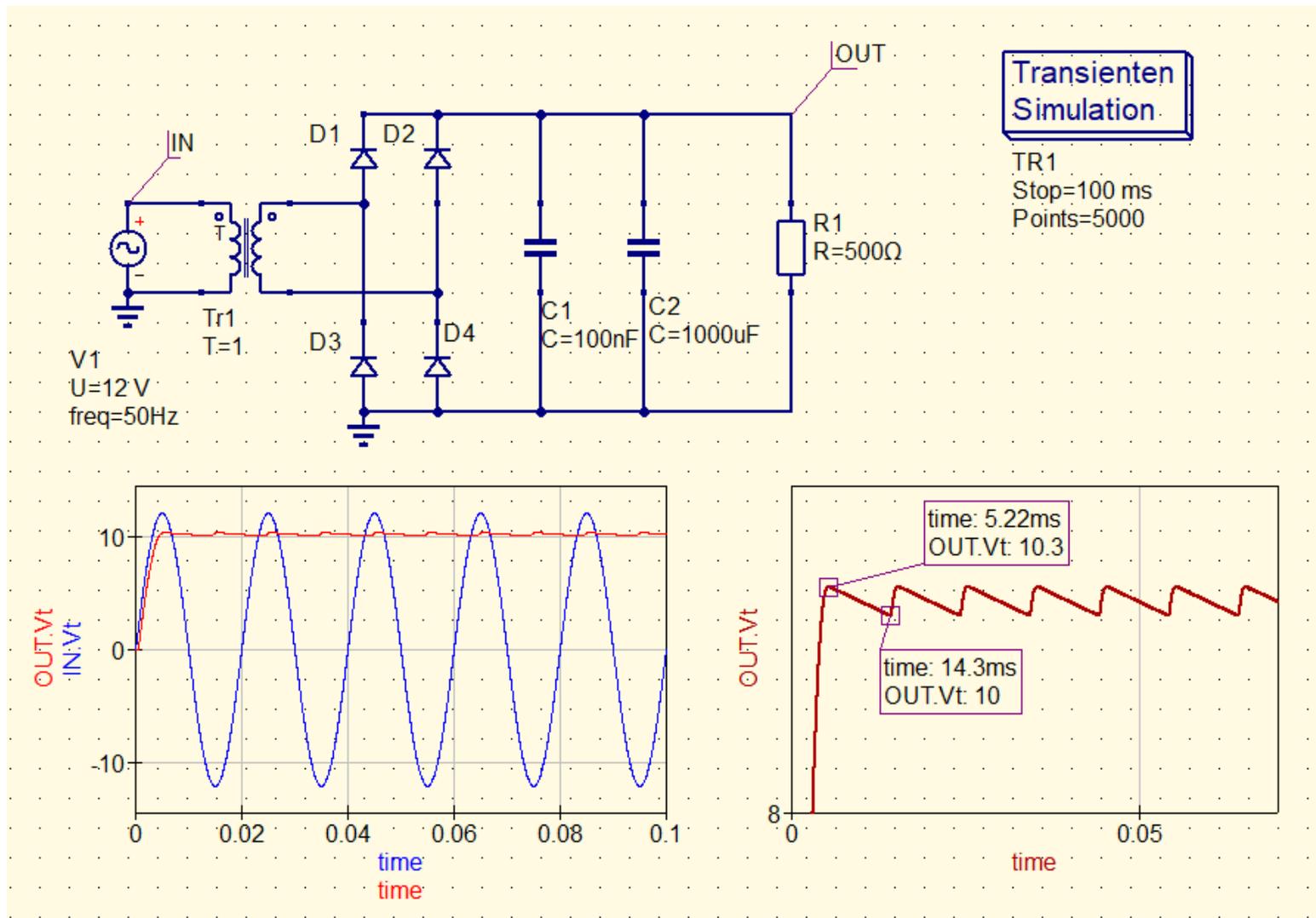




Beispiel: Netzteil mit Einweggleichrichtung und Glättung:



Netzteil mit Graetzgleichrichter:



Der Shunt-Regler

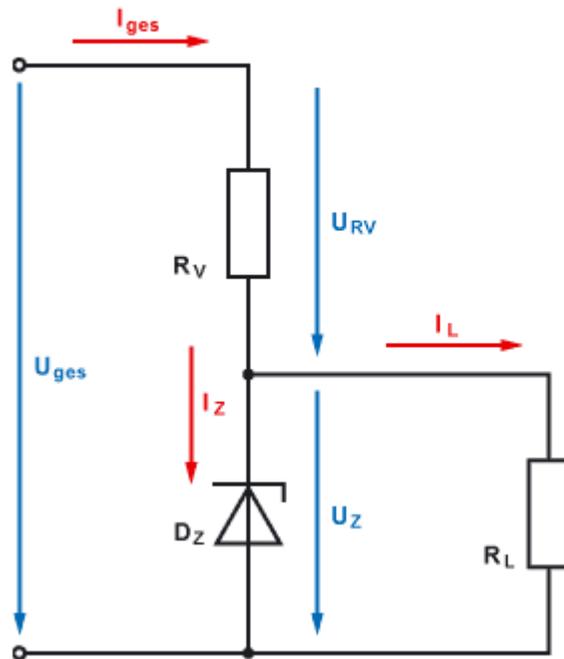
Der Shunt-Regler (auch Querregler) ist der einfachste aber auch unwirtschaftlichste Spannungsregler. Der Name kommt aus dem Englischen und bedeutet etwa **Nebenschlussregler**. Das Grundprinzip besteht darin, dass eine vorhandene Spannung soweit belastet wird, dass die erwünschte Spannung stabil anliegt. Falls die vorgeschaltete Spannungsquelle zu niederohmig ist, wird ihr Innenwiderstand durch einen zusätzlichen Widerstand erhöht. Das bekannteste Shunt-Element dürfte wohl die **Zenerdiode** sein, deren zweites Haupteinsatzgebiet der Überspannungsschutz ist. Zenerdioden werden, zumindest bei Spannungen über 2 Volt, in Sperrrichtung betrieben und benutzen ein kontrolliertes Durchbruchverhalten der Sperrschicht (4).

Anmerkung:

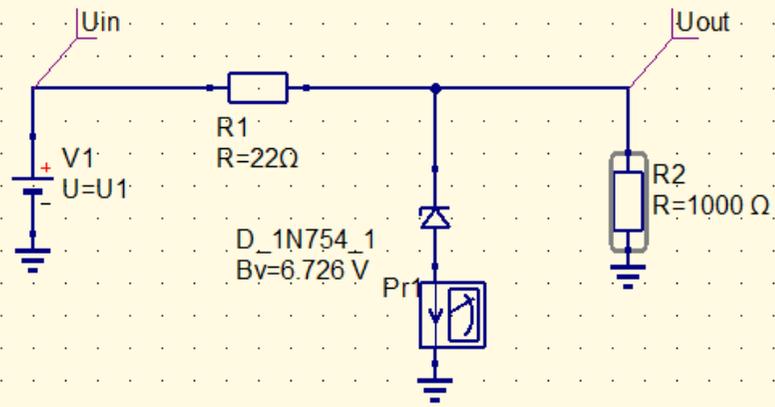
Eine Spannungsstabilisierung mit einer Zenerdiode ist kein Längs-, sondern ein Querregler. Regelungstechnisch betrachtet ist es allerdings ein **Steller**, weil hier kein Regelkreis besteht. (*Parallelregler*)(10)

Spannungsstabilisierung mit einer Z-Diode:

Stabilisierungsschaltung mit einer Z-Diode



Die Z-Diode liegt parallel zur Last. Der Strom durch den Vorwiderstand teilt sich auf Last und die Z-Diode auf. Vergrößert die Last ihren Widerstand, dann würde in einer normalen Spannungsteiler-Schaltung die Spannung an der Last steigen, die Z-Diode begrenzt jedoch die Spannung an der Last und muss dabei mehr Strom ziehen. Die Z-Diode setzt diese zusätzliche Leistung in Wärme um (2).

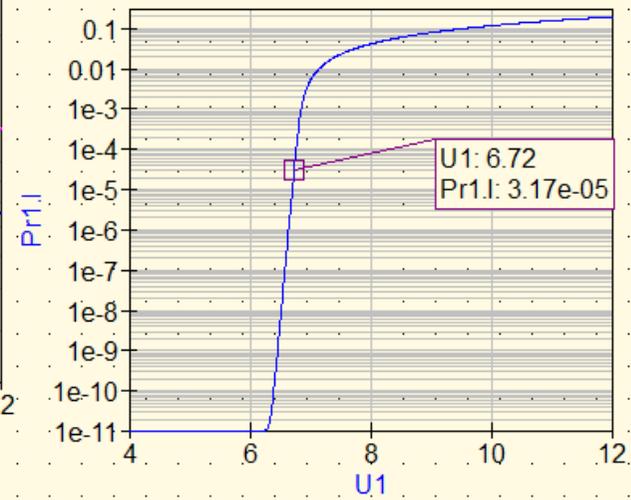
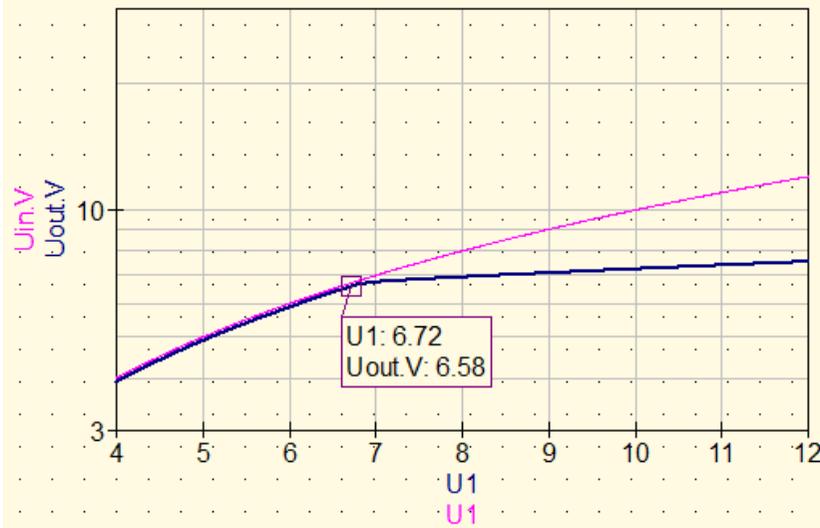


DC-Simulation

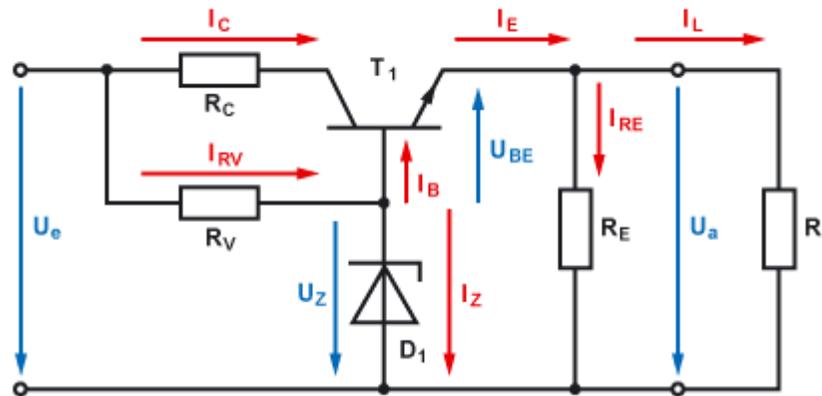
DC1

Parameter Sweep

SW1
 Sim=DC1
 Param=U1
 Type=lin
 Start=4
 Stop=12
 Points=1000



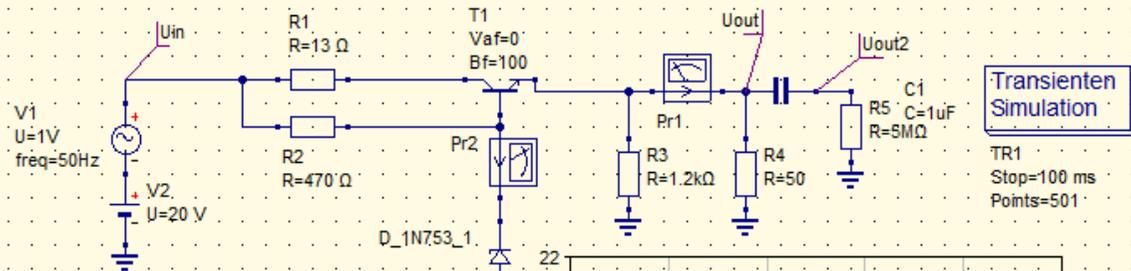
Shunt-Regler mit Längstransistor:



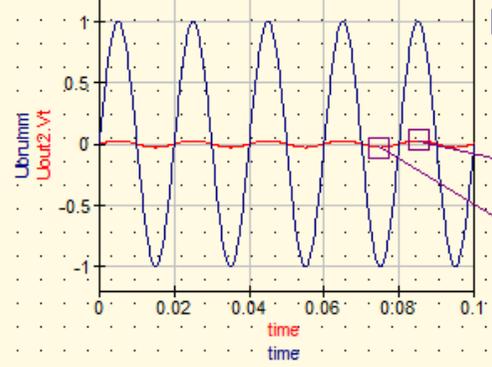
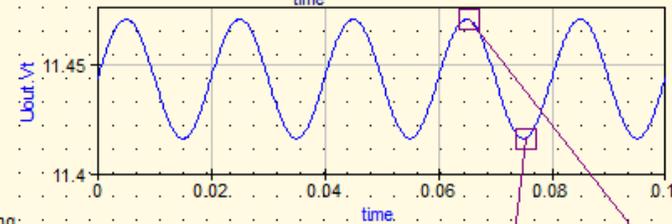
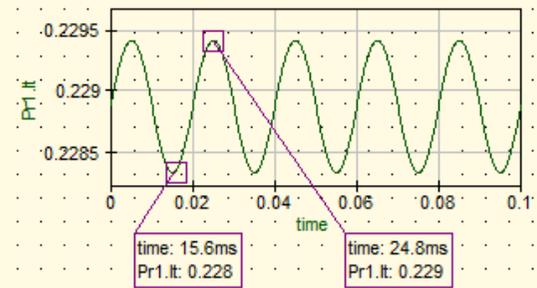
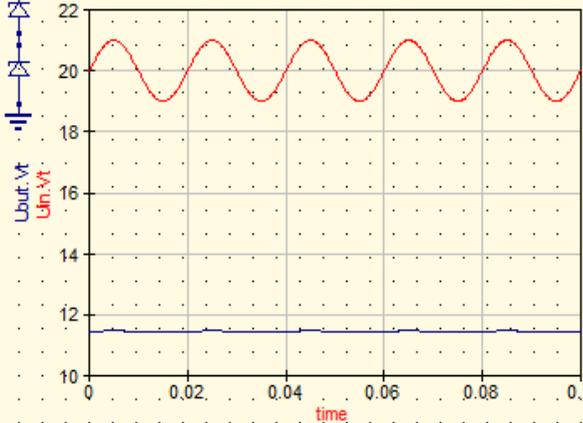
Zum einfachen Stabilisieren von Spannungen verwendet man in der Regel Z-Dioden. Doch Z-Dioden können nur mit einem geringen Strom belastet werden. Vor allem dann, wenn man eine Z-Diode mit hoher Zener-Spannung wählen muss.

Um dieses Problem zu vermeiden, wird ein Transistor in Kollektorschaltung (Emitterfolger) als Stromverstärker eingesetzt. Weil dabei die Spannung selbst nicht verstärkt wird, bezeichnet man diese Methode als Impedanzwandler (Widerstandswandler): Der Ausgangswiderstand zwischen Emitter und Masse (GND) ist um den Faktor der Stromverstärkung des Transistor niedriger, als der Eingangswiderstand an der Basis bezogen auf die Masse (GND)(3).

Der Shunt-Regler besteht aus dem Vorwiderstand R und der Zenerdiode ZD . Der Längstransistor T arbeitet als Emitterfolger und dient nur der Erhöhung der Belastbarkeit des Shunt-Reglers. Je nach Stromverstärkung des verwendeten Transistors kann die Ausgangsspannung U_a um das mehrmals hundertfache der Spannung an ZD belastet werden, während ohne Belastung nur ein relativ schwacher Strom durch R fließt (4)



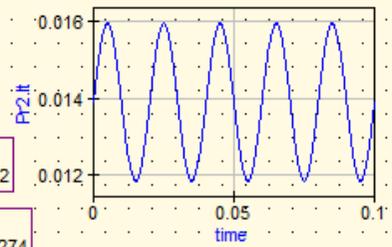
time	Uin.Vt	Uout.Vt	Pr1.It	D_1N753_2
0	20	11.4	0.229	
0.0002	20.1	11.4	0.229	
0.0004	20.1	11.4	0.229	
0.0006	20.2	11.4	0.229	
0.0008	20.2	11.5	0.229	
0.001	20.3	11.5	0.229	
0.0012	20.4	11.5	0.229	
0.0014	20.4	11.5	0.229	
0.0016	20.5	11.5	0.229	
0.0018	20.5	11.5	0.229	
0.002	20.6	11.5	0.229	



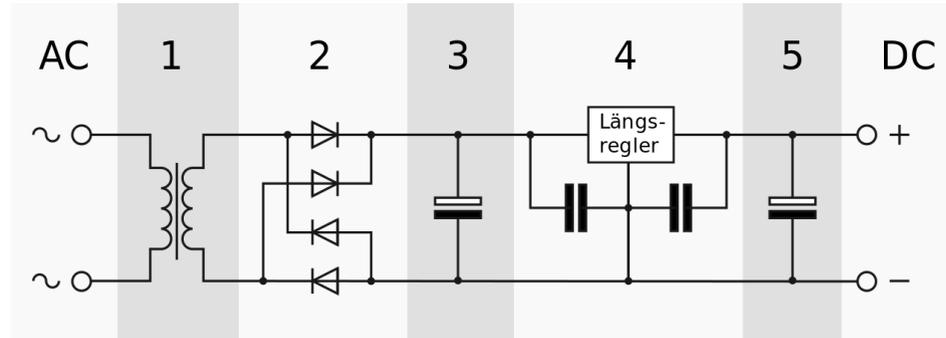
Gleichung:
Eqn1
 $U_{brumm} = U_{in} - 20$

time: 85.4ms
Uout2.Vt: 0.0262

time: 74.6ms
Uout2.Vt: -0.0274

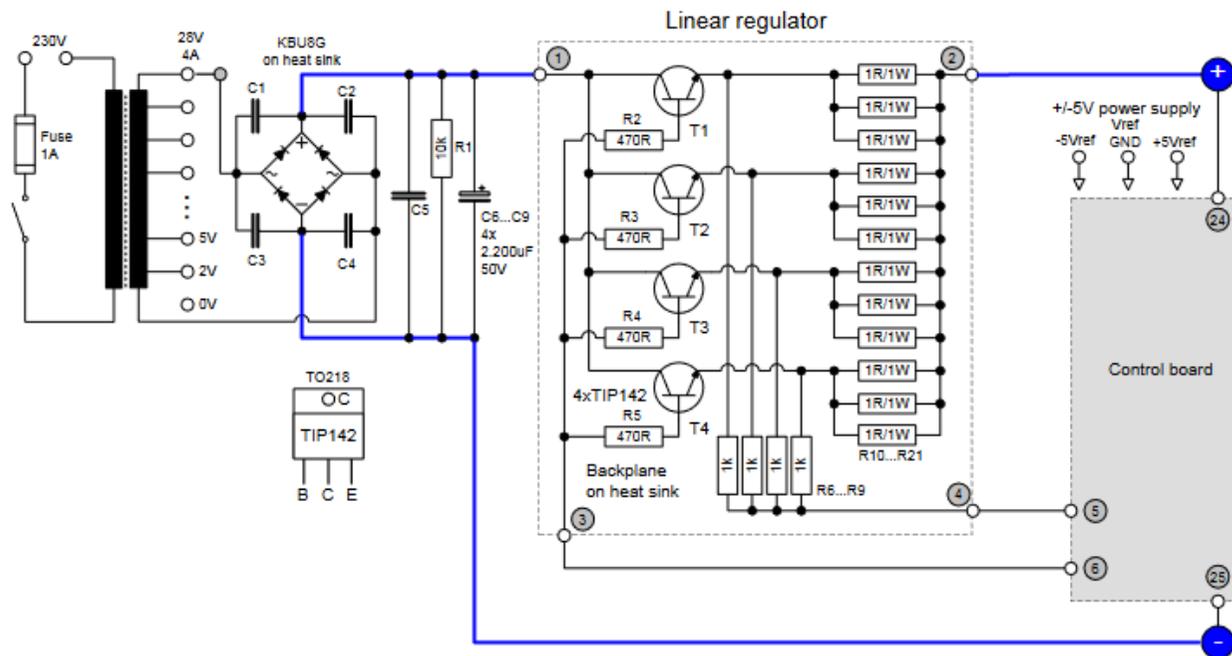


Transienten Simulation
TR1
Stop=100 ms
Points=501



28V/4A Power supply

DL6GL 17.01.2015

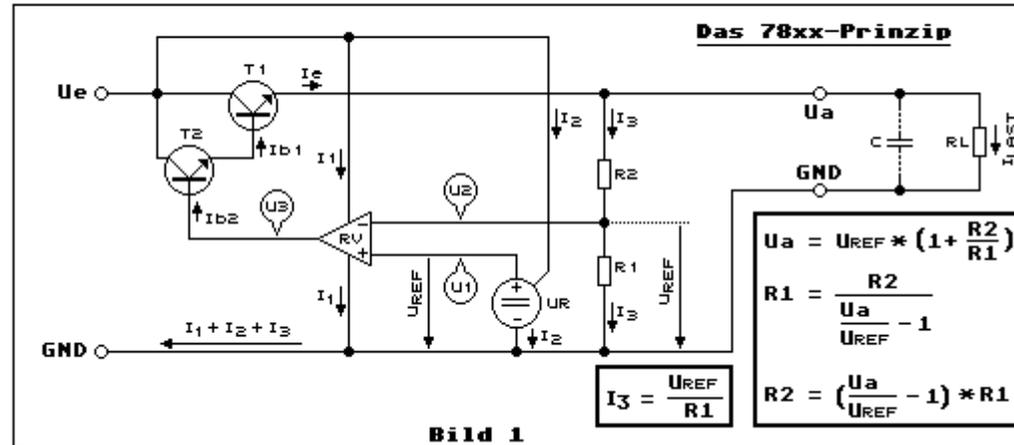


Festspannungsregler der 78xx-Serie:

Die bekanntesten Festspannungsregler sind die 78xx-Serie für positive und die 79xx-Serie für negative Spannungen. Die Ausgangsspannungen dieser Serien können 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18 oder 24 V betragen. Damit die Spannungsregler arbeiten muss die Eingangsspannung mindestens zwischen 2 bis 3 V über der Ausgangsspannung liegen. Bei diesen Reglern sollte die Eingangsspannung nicht mehr als 36 V betragen. Die Differenz der Eingangsspannung zur Ausgangsspannung sollte nicht viel höher sein als 3 V, sonst ist die Verlustleistung am Festspannungsregler zu groß. Die Verlustleistung macht sich als Wärmeentwicklung bemerkbar. Das erfordert eine Kühlung durch ein Kühlblech (5).



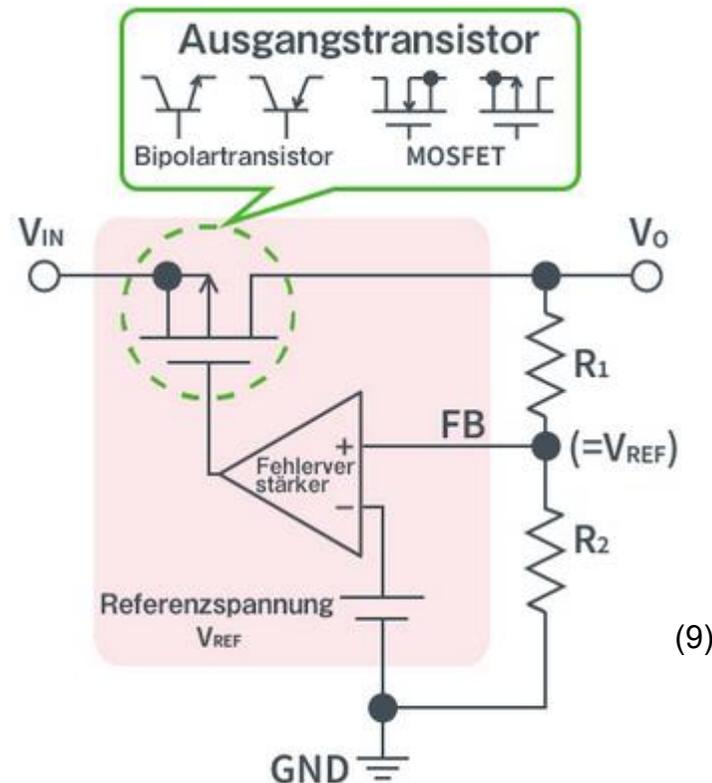
Die Funktionsweise der 78xx-Familie



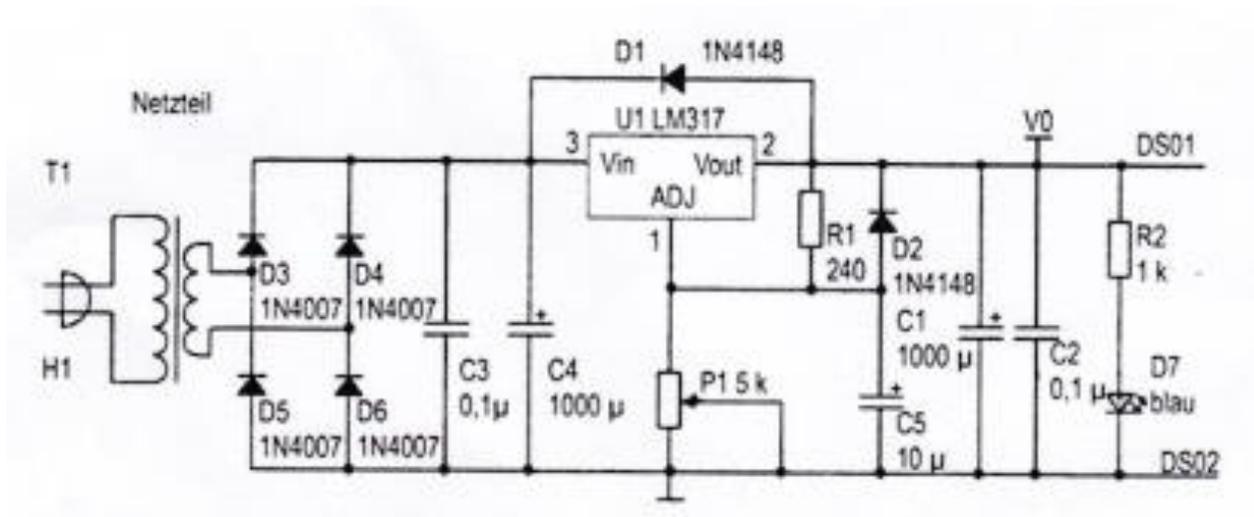
Die hochstabile Referenzspannungsquelle U_R liegt zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des Regelverstärkers R_V und GND . Der Ausgang von R_V steuert die Basis der Darlingtonstufe, bestehend aus den beiden NPN-Transistoren T_1 und T_2 . Diese Darlingtonstufe arbeitet als Emitterfolger. Der Emitter von T_1 erzeugt die Ausgangsspannung U_a . Mit dem Spannungsteiler, bestehend aus R_1 und R_2 , wird ein Teil der Ausgangsspannung über den invertierenden Eingang von R_V gegengekoppelt. Im geregelten Zustand (nach einer Änderung des Laststromes I_{LAST} oder der Eingangsspannung U_e) beträgt die Differenzspannung $U_2 - U_1$ zwischen den beiden Eingängen von R_V erneut 0 VDC(7).

LDO: Low Dropout Regulators

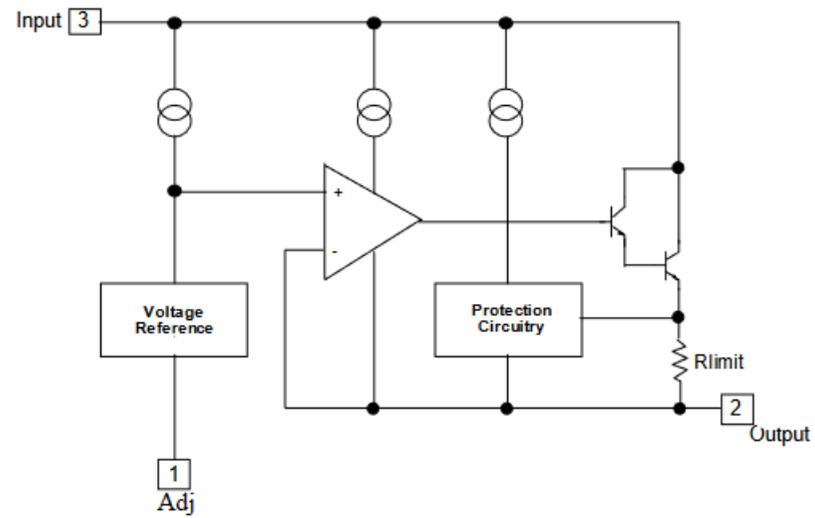
Dropout-Spannung: Die Dropout-Spannung wird definiert als die Differenz zwischen den Eingangs- und den Ausgangsspannungen zu dem Punkt, zu dem ein weiterer Abfall der Eingangsspannung dazu führt, dass die Regelung der Ausgangsspannung fehlschlägt. In der Dropout-Bedingung arbeitet das Durchgangselement im linearen Bereich und verhält sich wie ein Widerstand. Beim modernen LDO wird das Durchgangselement normalerweise mit PMOS- oder NMOS-FETs implementiert, wodurch sich eine Dropout-Spannung von geringen 30 mV bis 500 mV erzielen lässt (8).



Regelbares Kleinnetzteil (5)(6)



Internal Block Diagram

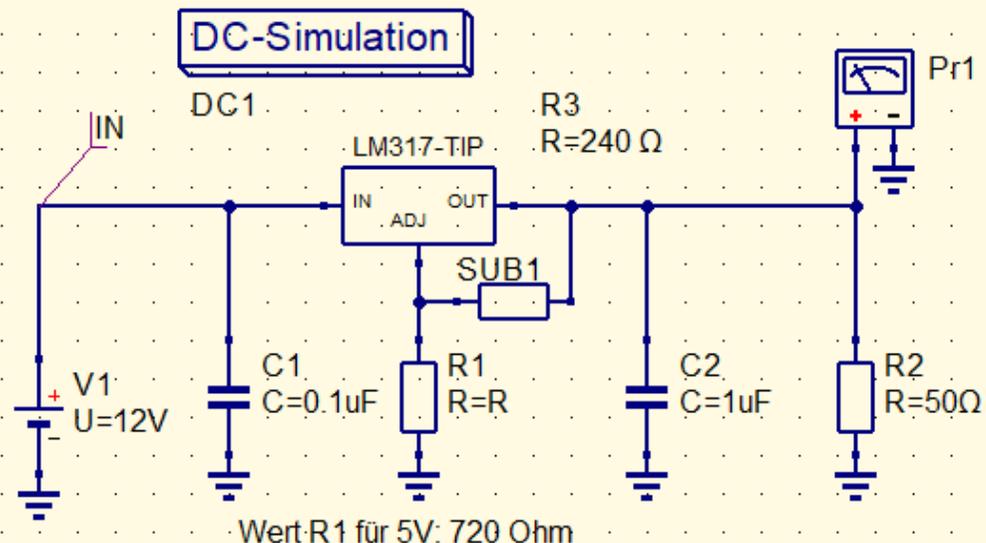


Der LM317 in der Simulation:

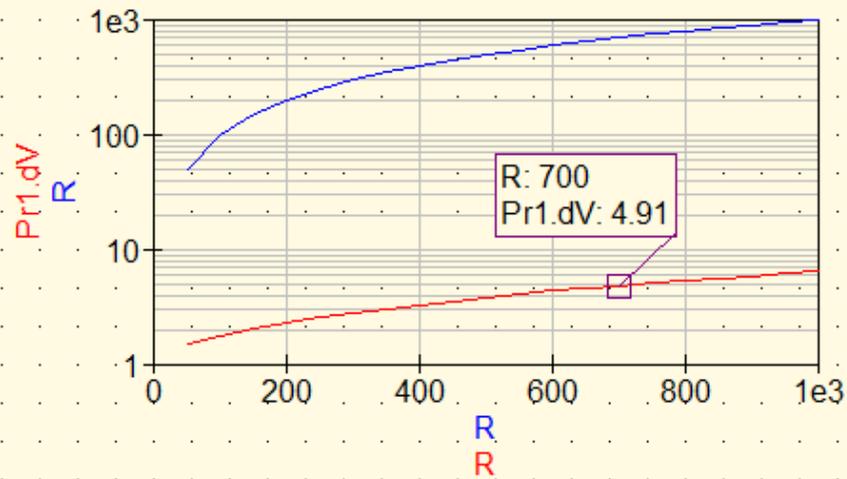
DC-Simulation

Parameter Sweep

SW1
 Sim=DC1
 Param=R
 Type=lin
 Start=1000
 Stop=50
 Points=20



R	IN.V	Pr1.dV
1e3	12	6.46
950	12	6.21
900	12	5.95
850	12	5.69
800	12	5.43
750	12	5.17
700	12	4.91
650	12	4.65
600	12	4.39
550	12	4.13
500	12	3.87
450	12	3.61
400	12	3.35
350	12	3.09
300	12	2.83
250	12	2.57
200	12	2.3
150	12	2.04
100	12	1.78
50	12	1.52



Thema Schaltnetzteile

Wird fortgesetzt....

Quellen

- (1) https://www.joretronik.de/Web_NT_Buch/Kap3/Kapitel3.html
- (2) <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/slt/1012151.htm>
- (3) <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/slt/0204131.htm>
- (4) <https://www.elektroniktutor.de/analogverstaerker/regelvst.html>
- (5) <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0204301.htm>
- (6) <https://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/LM317.pdf>
- (7) <https://www.elektronik-kompendium.de/public/schaerer/uregspec.htm>
- (8) <https://www.elektronikpraxis.de/ldo-linearregler-verstehen-a-bbd3b4e26d62d2684d9f2f903e127726/>
- (9) <https://www.rohm.de/electronics-basics/dc-dc-converters/operating-principles-linear-regulators>
- (10) <https://de.wikipedia.org/wiki/Spannungsregler>