# Spannungsregler

Diese Bauteile dienen meist dazu, die Versorgung von ICs mit einer konstanten Spannung sicher zu stellen. Nebenbei wirken sie dabei als Filter, der Fluktuationen der externen Versorgung abpuffert.

Die übliche Bezeichnung für diese Klasse von Bauteilen ist “Spannungsregler”. Das Wort “Spannungskonstanter” ist zwar keine Hannoveraner Erfindung. Aber es ist so ungewöhnlich, dass es in den Katalogen, von Reichelt, TME, Farnell, Bürklin, oder Conrad nicht zu finden ist.

## Positive Spannungsregler 78xx und MCP1825S-xx

Belegung der Anschlüsse im TO220-Gehäuse, wenn man auf die Beschriftung schaut:

```
  _________
 /   ||    |--- out
| O  ||    |--- ground
 \   ||    |--- in
  ---------
```

Das Kühlblech ist elektrisch mit dem mittleren Pin, also “Ground” verbunden. Datenblatt von

78xx

und

MCP1825E

Der Regler braucht etwa 1.7 V mehr Spannung am Eingang als er am Ausgang erzeugt. Aus ihm kann man immerhin 1A ziehen. Dann ist ein Kühlkörper Pflicht.

## Kleine, positive Spannungsregler 78Lxx

Den gleichen Chip wie den 78xx gibt es auch in kleiner (TO92), noch kleiner (SO8) und ganz klein (SOT89) unter der Bezeichnung 78L**. Wobei je nach Hersteller noch eine Vorsilbe aus ein bis drei Buchstaben davor gesetzt wird. (Texas Instruments=“UA”, National=“LM”, ST Microelectronics=“L”, ON=“MC”, Taiwan Semiconductor=“TS”, Fairchild=“KA”). Die kleine Version kann 100 mA austeilen. Dabei muss man beachten, dass nicht mehr als 800 mW Abwärme entsteht.

```
   _______
out|1    8|in      78Lxx, SO8
GND|2    7|GND     Ansicht von oben
GND|3    6|GND
 NC|4____5|NC
```

Die Bauform TO92, sieht aus, wie ein kleiner bedrahteter Transistor. Bei der Beschaltung ist die Reihenfolge gespiegelt zu der bei TO220:

```
 _____  1 = in      78Lxx, TO92,
|1 2 3| 2 = GND     Ansicht von oben
\_____/ 3 = out
```

In der ganz kleinen Bauform SOT89 gibt es ärgerlicherweise zwei unterschiedliche Beschaltungen. Eine ist gleich, wie bei TO220, also out-GND-in:

```
  _
 _/_\_  1 = out     78Lxx, SOT89, z.B  L78L05ABUTR, TS78L05ACY, KA78L05AMTF
|1 2 3| 2 = GND     Ansicht von oben
 | | |  3 = in
```

Bei der anderen SOT89-Beschaltung sind Eingang und Ausgang vertauscht, also in-GND-out:

```
  _
 _/_\_  1 = in     78Lxx, SOT89, alternative Beschaltung. Z.B UA78L05CPK,
TS78L05CY
|1 2 3| 2 = GND    Ansicht von oben
 | | |  3 = out
```

Diese Variante ist in den letzten Jahren eher selten geworden.

## Spannungsregler für 3.3V

Für Spannungen kleiner als 5V gibt es keine Regler aus der 78er Reihe. Für 3.3V, mit viel Strom eignet sich der

LF33

von ST. Wenn wenig Strom gebraucht wird, kommt der

LE33C

in Frage. Die Belegung ist gleich, wie die der Regler aus der 78er-Serie.

## Negativer Spannungsregler 79xx

Belegung der Anschlüsse im TO220-Gehäuse, wenn man auf die Beschriftung schaut:

```
  __________
 /   ||    |--- out
| O  ||    |--- in
 \   ||    |--- ground
  ---------
```

Achtung: Das Kühlblech ist wie beim 78xx elektrisch mit dem mittleren Pin verbunden – Hier also “in”.

Datenblatt

von ST Microelectronics

# Negative Spannungsregler 79Lxx

Die

79Lxx

bieten die gleiche Schaltung, wie beim 79xx, im deutlich kleineren TO92, SO8, oder SOT89-Gehäuse. Beim Einsatz muss man die maximale Abwärme von etwa 800 mW beachten.

```
   ______
out|1    8|NC    79Lxx
 in|2    7|in     Ansicht  von oben
 in|3    6|in
 NC|4____5|GND
```

```
 _____  1 = out     79Lxx, TO92,
|1 2 3| 2 = in      Ansicht von oben
\_____/ 3 = GND
```

```
  _                 79Lxx, SOT89
 _/_\_  1 =
```

GND Ansicht von oben

```
|1 2 3| 2 = in
 | | |  3 = out
```

# Besonders genügsame Regler

Lineare Spannungsregler funktionieren ähnlich wie ein Wasserhahn. Um am die gewünschte Spannung zu erhalten, öffnen sie mehr oder weniger stark die elektrische Verbindung zwischen Eingang und Ausgang. Daher kann die Spannung am Ausgang nie die Spannung am Eingang übersteigen. Tatsächlich fällt am Regler selbst immer ein wenig Spannung ab, die dann am Ausgang fehlt. Diese Spannung wird *Dropout Voltage* oder auch kurz *Drop* genannt. Die maximale Spannung die der Regler am Ausgang erreichen kann, ist also gleich der Eingangsspannung abzüglich der Drop Voltage.

Bei Standard-Reglern liegt die Ursache für den Spannungsabfall in zwei PN-Übergänge in Silizium, die zwischen Eingang und Ausgang liegen. Daraus ergibt sich eine Drop von etwa 1.5 V. Um den Ausgang auf 12 V zu regeln zu können, müssen am Eingang also mindestens 13.5 V anliegen. Um Schwankungen ausgleichen zu können, sollte die mittlere Eingangsspannung noch einmal um die Amplitude der Schwankungen größer ausfallen.

Nicht immer hat man den Luxus einer Energiequelle, die problemlos diese höhere Spannung aufbringen kann. Das ist zum Beispiel regelmäßig der Fall, wenn das Gerät mit Batterie versorgt wird. Für diese Anwendungen sind eventuell Spannungsregler besser geeignet, die sich durch eine besonders geringe Dropout-Voltage auszeichnen. Die entsprechende Eigenschaft wird als *Low Dropout Operation* (LDO), bezeichnet. Die Techniken, die dabei zum Einsatz kommen, lassen den Regler in unerwünschte Schwingungen geraten. Beim Einsatz sollte man daher beachten, was die

Datenblätter empfehlen, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Der

LP2950

ist ein LDO-Regler, mit Modellen speziell für die in der Digitaltechnik häufig vorkommenden Ausgangsspannungen von 5.0 V, 3.3 V und 3.0 V. Ohne nennenswerte Belastung beträgt die Dropout-Spannung nur 30 mV. Bei 100 mA Ausgangsstrom verspricht das Datenblatt maximal 450 mV.

# Variable positive Spannung

Mit der variablen Spannungsregler LM317 lassen sich durch passende Beschaltung beliebige Spannungswerte zwischen 1.25 V und 37 V einstellen. Statt einer Verbindung zu Masse hat diese Spannungsregler einen “Adjust”-Eingang. Der Regler versucht seinen Ausgang immer um 1.25 V unter der Spannung am Adjust-Eingang zu halten.

Belegung der Anschlüsse im TO220-Gehäuse, wenn man auf die Beschriftung schaut:

```
  __________
 /   ||    |--- in
| O  ||    |--- out
 \   ||    |--- adj
  ---------
```

Auch bei diesem Regler ist das Kühlblech elektrisch mit dem mittleren Pin verbunden – Hier also zur Abwechselung “out”. Für die Bauform TO92 gibt es ein

eigenes Datenblatt

. Weil dieses Gehäuse kein Kühlblech hat, liegt der maximal erlaubte Strom bei 100 mA. Die Pinbelegung ist die gleiche wie bei der Bauform TO220:

```
 _____  1 = in     LM317L, TO92,
|1 2 3| 2 = out    Ansicht von oben
\_____/ 3 = adjust
```

Fig. 1: Einfache Beschaltung des LM317

In figure 1 bilden die Widerstände $R_1$ und $R_2$ einen Spannungsteiler vom Ausgang nach Masse. An die geteilte Spannung ist der adj-Eingang des LM317 angeschlossen. Der Spannungsregler sorgt nun dafür, dass zwischen seinem Ausgang und dem adj-Anschluss eine Spannung von 1.25 V anliegt.

Dadorch stellt sich die folgende Ausgangsspannung $U_{out}$ ein:

$$ U_\text{out} \,=\, 1.25V \left( 1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 \,I_{\mathrm{adj}} $$

Dabei ist $I_{adj}$ ein Strom in Höhe von etwa 50 µA.

Mit diesem Bauteil und nur einem weiteren Widerstand kann man eine effektive Strombegrenzung bauen. (Siehe Seite 23 des

Datenblatts

von Texas Instruments.)

Ein potentielles Ärgernis sind die etwa 2 V, die der LM317 sich selbst zwischen Eingang und Ausgang gönnt. Eine Alternative mit halb so großem Spannungsabfall ist der

TS1085CZ

.

Die Nummerierung der Pins ist in den Datenblättern verschiedener Hersteller unterschiedlich dargestellt – mal von oben nach unten und mal von unten nach oben. Das ändert aber nichts an der immer gleichen funktionalen Zuordnung.

## Mehr Strom: LM350

Für mehr als 1A Strom bietet sich der

LM350

an. Laut Datenblatt kann dieser Regler bis zu 3A liefern. Ansonsten ist er kompatibel zum LM317.

## Noch mehr Strom: LM338, oder LT1084

Der variable positive Spannungsregler

LM338

kann bis zu 5 A liefern. Dieses Bauteil kommt in der gleichen Bauform TO220 wie der LM317. Es ist ist bei den meisten Elektronik-Distributoren für etwa 1.5 €/Stück erhältlich. Bei vollem Strom fallen an ihm immerhin 3 V Spannung ab.

Wenn der Spannungsabfall des LM338 in einer speziellen Anwendung zu groß ist, ist der

LT1084

eine Alternative sein. Bei diesem Bauteil fallen unter voller Last maximal 1.5 V Spannung ab. Diesen Vorteil bezahlt man mit einem deutlich höheren Preis von etwa 10 €/Stck.

## Am meisten Strom LT1083

Bei 7.5 Ampere markiert der

LT1083

das Ende der Reglerfahnenstange. Für die 50% mehr Strom bezahlt man 15€ bis 20€ pro Stück. Außerdem gibt es diese Regler nur un der Bauform TO3. Wenn es noch mehr sein soll, hilft eventuell eine paralleler Betrieb von zwei, oder mehr Reglern. Im Datenblatt gibt es einen Schaltungsvorschlag dazu.

### Mehr Spannung: TL783

Für besonders hohe Spannungen, bis zu 125 V, eignet sich der

TL783

. Dabei muss je nach fließendem Strom mit 5 V bis 15 V Spannungsabfall gerechnet werden.

### Klein: TL431

Wenn es ein wenig kleiner sein soll, eignet sich der Klassiker

TL431

. Den gibt es in diversen SMD-Bauformen von SO8, über SOT89 bis SOT23. Obwohl das auch ein integrierter Regler ist, ist es doch nicht eins-zu-eins ein LM317. Die Schaltungen zur Anwendung unterscheiden sich. Es muss mindestens ein 1mA fließen, damit verlässlich die erwartete Spannung erzeugt wird. Außerdem kann die Ausgangsspannung nicht kleiner als 2.5 V groß sein.

### Variable negative Spannung

Zum LM317 gibt ist der

LM337

das negative Gegenstück. Bis auf die Polarität und unterschiedliche Pinbelegung haben die Bauteile die gleichen Eigenschaften. Belegung der Anschlüsse im TO220-Gehäuse, wenn man auf die Beschriftung schaut:

```
  _________
 /   ||    |--- out
| O  ||    |--- in
 \   ||    |--- adj
  ---------
```

Auch hier ist das Kühlblech elektrisch mit dem mittleren Pin verbunden – Hier also “in”.

Analog zum LM317 lässt sich mit diesem Bauteil eine Strombegrenzung bauen.

## Regeln (fast) ohne Rauschen

Die meisten Spannungsregler sind hauptsächlich für hohe Ströme, geringe Drift, geringe Droout-Spannung und niedrigen Preis optimiert, Niedriges Rauschen als ebenfalls wünschenswerte Eigenschaft bleibt dabei etwas im Schatten. Konkret hat der Ausgang des L7805C etwa 900 µV Spannungsrauschen im Frequenzbereich zwischen 10 Hz und 10 kHz. Das ist für die Versorgung von Operationsverstärkern meist kein Problem. Denn Schwankungen in der Versorgung gehen nur sehr

schwach in das Ausgangssignal ein. Digital-Schaltungen werden von Spannungsschwankungen im Bereich von mV ebenfalls nicht wesentlich beeinflusst.

Manche Anwendungen sind allerdings sehr empfindlich für Spannungsschwankungen der Versorgung. Dafür kann es sich der Einsatz von Spannungsreglern lohnen, die speziell für niedriges Rauschen optimiert sind, Natürlich muss man dabei Abstriche bei anderen erwünschten Eigenschaften machen. Unter anderem sind rauscharme Spannungsregler meist deutlich teurer.

## LT3045

Der positive Spannungsregler

LT3045

zeigt lediglich 0.8 µV Spannungsrauschen im Bereich zwischen 10 Hz und 100 kHz. Das ist weniger als die meisten mit dem Attribut “low noise” beworbenen Operationsverstärker.

- Ausgangsspannung: zwischen 0 V und 15 V
- Ausgangsstrom: maximal 500 mA
- Dropout-Spannung: 0.25 V
- Bauform: MSOP12, DFN12

Nachteile:

- exotische Bauform
- teuer: etwa 6 € + MwSt bei Mouser, Digikey oder RS

## LT3094

Der

LT3094

ist so etwas wie das negative Gegenstück zum LT3045. Auch bei diesem Regler beschränkt sich das Spannungsrauschen auf wenige µV.

- Ausgangsspannung: zwischen 0 V und -19 V
- Ausgangsstrom: maximal 500 mA
- Dropout-Spannung: 0.25 V
- Bauform: MSOP12, DFN12

Nachteile:

- exotische Bauform
- teuer – etwa 6 € + MwSt bei Mouser oder Digikey

# Genaue Spannungsreferenzen

Für genaue Messungen wird häufig eine besonders genau bekannte Spannung benötigt. Für diesen Zweck gibt es Bauteile mt besonders geringen Temperaturkoeffizienten.

## Spannungsreferenzen mit integriertem Vorverstärker

Bei diesen Spannungsreferenzen ist eine Zenerdiode mit einem kleinen Operationsverstärker integriert. Dadurch wird ein runder Spannungswert erreicht. Außerdem kann der Ausgang eine Last mit bis zu 10 mA treiben. Die Referenzen sind in unterschiedlichen Güteklassen erhältlich, die sich um eine Größenordnung im Temperaturkoeffizienten unterscheiden:

- REF01

oder

REF102

(10.00 V)

- REF02

(5.00 V)

- ADR445BRZ

(5.00 V). Genauer, rauschärmer und teurer als REF02.

- LT1236A-10 und LT1236A-5

eignen sich als Upgrade für REF01 bzw. REF02. Bei gleicher Bauform ist bei ihnen Rauschen und Drift jeweils etwa eine Größenordnung besser. Wobei der Variante für 5 V im Vergleich zum REF02 die Temperaturmessung und die Möglichkeit zum Trimmen der Ausgangsspannung fehlt.

- AD780

(2.50 V, oder 3.00 V)

- LTC6655

(1.25 V, 2.048 V, 2.5 V, 3.0 V, 3.3 V, 4.096, oder 5.0 V). Wird als das stabilste und rauschärmste auf dem allgemeinen Markt empfohlen. Kostet etwa 10 €. Nur in der Bauform MSOP

Manche Referenzen führen einen Ausgang nach außen, dessen Spannung proportional zur Temperatur der Bandlücke ist. Das kann zur Kalibration der restlichen Schaltung, oder zur Temperierung der Referenz genutzt werden. Pinkompatible Beispiele für solche Referenzen sind REF02 und AD780. Beim REF01 und dem REF102 gibt es diesen Ausgang nicht.

## LM399

Die Referenz LM399 wurde ab etwa 2002 nicht mehr hergestellt. Anschließend waren über Distributoren sind nur noch Restmengen erhältlich – zu interessanten Preisen. Das hat den Hersteller Analog Devices dazu bewogen, die Produktion noch einmal aufzunehmen. Der Preis liegt im Moment (2019) bei etwa 14 €/Stück.

In neuen Schaltungen sind die Referenzen mit integriertem Impedanzwandler die bessere Wahl.

Der LM399 besteht aus einer als Spannungsreferenz dienenden Zenerdiode, die auf einer konstanten Temperatur von 90 °C gehalten wird. Dazu ist eine kleine, geregelte Heizung integriert. Direkt nach dem Einschalten zieht diese Heizung etwa 150 mA Strom, der nach etwa 10 Sekunden, wenn die Betriebstemperatur erreicht Ist, auf wenige mA zurückgeht.

- Spannungswert: 6.95 V
- Die Temperaturkoeffizient der Ausgangsspannung ist kleiner als 0.5 ppm/K, bzw.
- Langzeitdrift der Ausgangsspannung < 20 ppm / 1000 h.
- Rauschen: 50 nV/sqrt(Hz) oberhalb von 100 Hz.
- Das 1/F -Knie des Rauschens liegt bei etwa 50 Hz
- Bauform: TO46 mit thermisch isolierender Plastik-Abdeckung

Datenblatt

von Linear Technoloy.

## Spannungsreferenzen LT1009 und LT1029

Diese Bauteile sind vergleichsweise leicht erhältliche Alternativen zum LM399. Wegen fehlender Heizung ist der Temperaturkoeffizient abseits von Raumtemperatur höher. Außerdem ist das Rauschen ein Stück stärker.

- Spannung: 5 V ( LT10929) oder 2.50 V (LT1009)
- Rauschen: 125 nV/sqrt(Hz) oberhalb von 100 Hz mit 1/F -Knie bei etwa 50 Hz
- Bauform: SO8 und TO92
- Erhältlich bei Bürklin, oder Farnell

Datenblätter

LT1009

und

LT1029

von Linear Technologies

## Spannungsreferenz ADR5040

Der

ADR5040

ist eine besonders kleine Spannnungsreferenz, bei der ein einzelner Halbleiter als Shunt wirkt.

- Bauform: SOT23
- Spannung: 2.048 V
- Rauschen: 1800 nV/sqrt(Hz) oberhalb von 100 Hz mit 1/F -Knie bei etwa 20 Hz
- Erhältlich bei Farnell, BestNr. 149 8669, oder 149 8668 für ca. 1.50 EUR/Stck

Nachteil: Recht viel Rauschen. Der Temperaturkoeffizient ist mit 100 ppm/K deutlich größer als bei der Präzisionsreferenz RE02.

# Schaltregler

Schaltregler schaffen das scheinbar Unmögliche: Viel Spannung aus wenig Spannung erzeugen. Beim Erzeugen von niedrigeren Spannungen haben sie die angenehme Eigenschaft sehr effizient zu sein. Sie brauchen also erst bei viel höheren Strömen einen Kühlkörper als die analogen Regler.

Diese positiven Eigenschaften haben leider einen Pferdefuß: Der Schaltvorgang erzeugt elektromagnetische Störungen in der weiteren Umgebung des Bauteils. Sie sind berüchtigte Störquellen für Messungen am Rande der Auflösungsvermögens. Normalerweise vermeiden wir deshalb Schaltregler, wo es nur geht. Aber es gibt Ausnahmen, bei denen der Zweck die Mittel heiligt.

## LT1615

Der

LT1615

kommt mit minimal 1 V am Eingang aus. Er ist in der Lage daraus je nach Beschaltung zwischen 2 und 15 Volt zu erzeugen. Um vernünftig zu funktionieren, werden einige weitere externe Bauteile gebraucht. Eine Simulation mit LTSPICE ist empfehlenswert.

- Bauform: SOT23-5
- Beschaffung: 2.35 € bei Reichelt

## NMA0515

Der NMA0515 von Murata erzeugt mit ±15 V gleich zwei Spannungen aus einer 5V-Quelle. Das ist praktisch, um Operationsverstärker bipolar mit Energie zu versorgen.

- Bauform: stehend (NMA0515SC) oder liegend (NMA0515SD)
- Beschaffung: etwa 6 € + MwSt bei den üblichen verdächtigen Distributoren

From:
https://elektroniq.iqo.uni-hannover.de/ - **ElektronIQ**

Permanent link:
**https://elektroniq.iqo.uni-hannover.de/doku.php?id=bauteil:spannungsregler&rev=1743022276**

Last update: **2025/03/26 20:51**