

# Betr.: Leuchtdioden

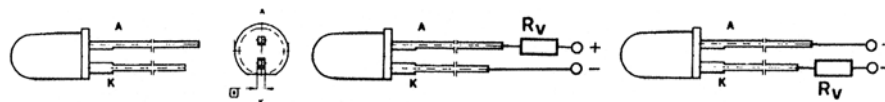
Elektrisch ist eine LED einer normalen Halbleiterdiode gleichzusetzen, da Strom auch hier nur in einer Richtung fließen kann.

Die **Durchlaßspannung**  $U_{LED}$  einer LED ist von deren Leuchtfarbe abhängig. Sie beträgt als typischer

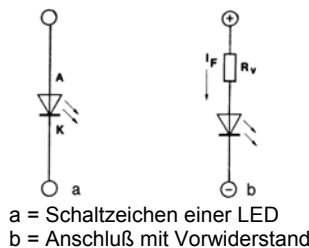
Wert	bei	roten LEDs	ca.	1,6 ... 2,0 V
		orangefarbenen		2,2 ... 3,0 V
		gelben		2,4 ... 3,2 V
		grünen		2,7 ... 3,2 V
		(ultra-)violetten		3,6 V
		blauen		3,0 ... 5,0 V
		weißen		3,6 ... 4,0 V

Der **Durchlaßstrom**  $I_{LED}$  liegt typisch bei ca. 20 ... 25 mA. Der Wert, der in Berechnungen mit Nutzen angesetzt wird, bewegt sich zwischen 10 und 20 mA. - **15 mA** dürfte ein 'idealer Mittelwert' sein. - Es gibt Niedrigstromvarianten von Leuchtdioden ("low-current light emitting diodes"), die bereits bei 2 mA Durchlaßstrom die volle Lichtleistung liefern.

**Wichtig ist, daß eine LED niemals ohne strombegrenzende Schaltmittel betrieben werden darf.** In der Praxis heißt das: *Entweder "Vorwiderstand verwenden" oder "Speisung aus Konstantstromquelle"*. - Es ist gleichgültig, ob das strombegrenzende Schaltmittel in der Anoden- oder der Katodenzuleitung der LED angeschlossen wird:



Die abgeflachte Seite des Gehäuses bzw. der kurze Anschluß kennzeichnen die Kathode.



Wird mit Vorwiderstand gearbeitet, richtet sich dessen Wert  $R_V$  nach der vorhandenen Betriebsspannung  $U_B$ . Der Wert errechnet sich aus

$$R_V = \frac{U_B - U_{LED}}{I_F}$$

mit  $R_V$  = gesuchter Vorwiderstand  
 $U_B$  = vorhandene Betriebsspannung  
 $U_{LED}$  = Durchlaßspannung der LED (nach Farbe)  
 $I_F$  = Durchlaßstrom max. 20 mA (eher weniger)

Als **Beispiel** soll eine rotleuchtende LED an einer Betriebsspannung von 12 V<sub>=</sub> betrieben werden. - Für  $R_V$  heißt das:

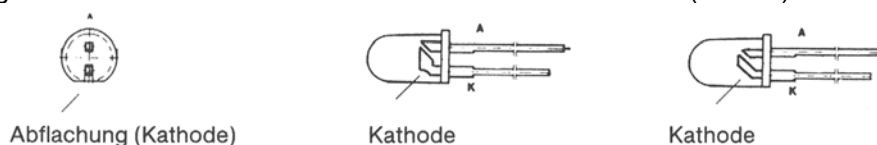
$$R_V = \frac{12 \text{ V} - 1,6 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 693,33 \text{ Ohm (d.h. 680 Ohm als der nächstniedrigere Normwert).}$$

Bevor jedoch eine LED an eine Gleichspannung (mit entsprechendem Vorwiderstand) angeschlossen wird, muß zuerst noch die **Polarität** festgestellt werden.

Zur leichteren Identifizierung der Polarität versehen die meisten Hersteller die LEDs mit unterschiedlichen Anschlußdrähten. Der kurze Draht kennzeichnet meist die Kathode (-), bzw. der lange Anschlußdraht die Anode (+).

Außerdem wird überwiegend der Katodenanschluß zusätzlich durch Abflachung des Gehäuses gekennzeichnet.

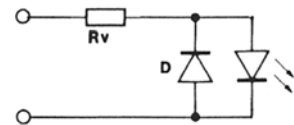
Hält man die LED gegen das Licht, sind meist unterschiedlich große Elektroden im Inneren der LED vorhanden. Die größere Elektrode kennzeichnet in diesem Fall die Kathode (s. Abb.).



Fehlt eine eindeutige Katoden-Kennzeichnung bei LEDs, ist die richtige Polung durch Probieren zu ermitteln. - Dazu geht man folgendermaßen vor:

Man schließt die LED über einen Vorwiderstand von ca. 270 Ohm an eine Betriebsspannung von ca. 5 V (z.B. 4,5-V-Batterie) an. Leuchtet dabei die LED, liegt die 'Kathode' der LED an Minus. Leuchtet die LED nicht, ist sie in Sperrichtung angeschlossen (d.h. Kathode an Plus) und muß umgepolt werden.

Die **Sperrspannung** einer LED beträgt meist nur einige, wenige Volt (ca. 3 ... 5 V). Wichtig ist dieser Wert nur bei Betrieb mit Wechselfspannung, denn dann muß eine LED vor Überlastungen in Sperrichtung geschützt werden. Dies wird durch Antiparallelschalten einer normalen Siliziumdiode (1 N 4148 o.ä.) gemäß nebenstehender Abb. erreicht.

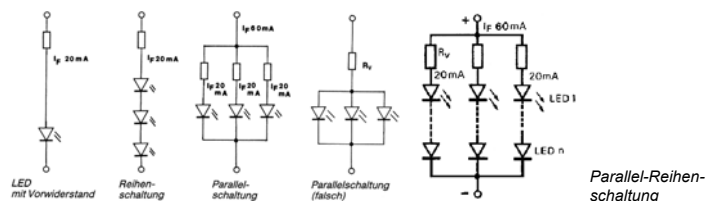


## Praktische Schaltungstips für den Einsatz von LEDs

Leuchtdioden lassen sich einzeln, in Parallel- und auch in Reihenschaltung einsetzen (obwohl die Hersteller i.a. von letzterer abraten).

Bei **Parallelschaltung** muß jede LED ihren eigenen Vorwiderstand erhalten, da Exemplarstreuungen immer für ungleiche Stromverteilung sorgen. Auch wenn sich das nicht unbedingt auf die Helligkeit auswirken muß, kann doch der Strom durch (mindestens) eine LED derart ansteigen, daß sie überfordert wird. Die Spannungsquelle sollte hinreichend stromergiebig ausgelegt sein (die Einzelströme addieren sich).

Wird bei der **Reihenschaltung** auf gleichmäßige Helligkeitsverteilung Wert gelegt, sollten die verwendeten LED-Exemplare zuvor auf gleiche Helligkeit bei gegebenem Durchlaßstrom ausgesucht worden sein.



Bei der Berechnung des Vorwiderstandes für die Reihenschaltung ist zu beachten, daß sich die Durchlaßspannungen der einzelnen Leuchtdioden addieren:

$$R_V = \frac{U_B - (\text{Durchlaßspannung von LED 1} + \text{LED 2} + \text{LED 3} + \dots \text{LEDn})}{I_F}$$

**Beispiel** für 3 rote LEDs in Reihe geschaltet; die Betriebsspannung beträgt 12 V<sub>±</sub>:

Parameter:  $U_B = 12 \text{ V}$

$U_{\text{Led rot}} = 1,5 \text{ V}$

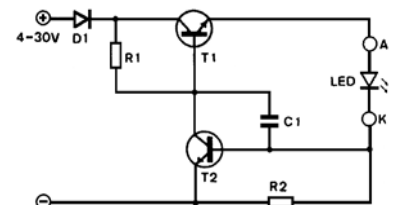
$I_L = 0,015 \text{ A}$

$$R_V = \frac{12 \text{ V} - 1,6 \text{ V} - 1,6 \text{ V} - 1,6 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 480 \text{ Ohm (Normwert: 470 Ohm)}$$

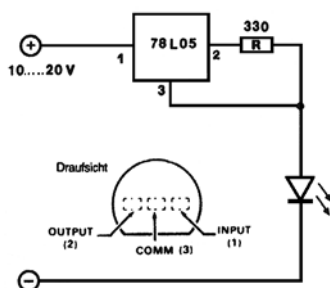
## Konstantstromquelle mit bipolaren Transistoren für LEDs

Nebenstehende Abb. zeigt die Schaltung einer Konstantstromquelle. Mit dieser Schaltung können LEDs an einer Betriebsspannung von ca. 4,5 bis 30 V<sub>±</sub> ohne Änderung des Vorwiderstandes betrieben werden. Fällt am Widerstand R2 (47 Ohm) eine Spannung von ca. 0,6 V ab, steuert der Transistor T2 durch und sperrt Transistor T1 – und begrenzt somit den Strom (unabhängig von der Betriebsspannung) auf 20 mA.

Stückliste: R1 = 10 kOhm C1 = 470 pF T1 = T2 = BC 547 o.ä.  
R2 = 47 Ohm D1 = 1 N 4148



## Konstantstromquelle mit Spannungsregler



Integrierte Spannungsregler können nicht nur als Spannungsregler sondern auch als Stromregler mit sehr konstantem Strom eingesetzt werden. Da LEDs mit einem Strom von ca. 10 ... 20 mA betrieben werden sollen, bietet sich dieser Regler ideal dazu an. Eine Änderung der Eingangsspannung hat keine Stromänderung zur Folge. Diese Schaltung ist daher besonders für solche LED-Anwendungen geeignet, die an fluktuierende Betriebsspannungen arbeiten sollen. – Wie die Abb. zeigt, benötigt diese Konstantstromquelle lediglich zwei Bauteile.

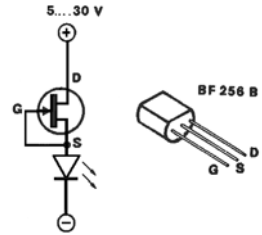
Der Konstantstrom richtet sich nach dem Wert des Widerstandes R. Er errechnet sich aus

$$R = \frac{U_{\text{stab}}}{I_{\text{konst}}} = \frac{5 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 333 \text{ Ohm (Normwert = 330 Ohm)}$$

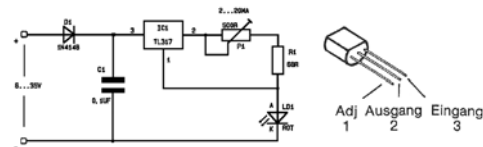
Farbspezifische Durchlaßspannungen gehen nicht in die Rechnung ein; die Schaltung bewältigt folglich LEDs beliebiger Farbe oder Farbzusammenstellung. – Wird ein LM 317 verwendet, ist in obige Berechnung für  $U_{\text{stab}}$  dessen typische Referenzspannung  $U_{\text{ref}} = 1,25 \text{ V}$  einzusetzen.

## Konstantstromquelle mit JFET-Transistor

Diese Schaltung einer Konstantstromquelle dürfte an Simplizität kaum noch zu unterbieten sein ... – Beachtet werden sollte allerdings, daß die erreichbaren Ströme nicht allein von der FET-Selektionsklasse ("A", "B" oder "C") abhängen, sondern auch noch innerhalb der Selektionsklasse mit exemplarstreuungsbedingten Abweichungen gerechnet werden muß. Eine "B"-Variante bringt erfahrungsgemäß die höchste Trefferwahrscheinlichkeit.



## Einstellbare Konstantstromquelle mit Spannungsregler

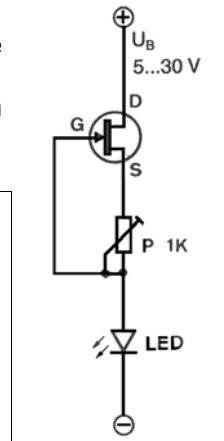


Diese Schaltung gestattet es, den Strom durch die LED einzustellen. – Die eigentliche regelbare Stromquelle besteht aus IC1, P1 (500 Ohm) und R1 (68 Ohm). Bei IC 1 handelt es sich um einen Spannungsregler vom Typ LM 317P im TO-92-Gehäuse; seine Referenzspannung beträgt typisch 1,25 V.

Bei angegebener Dimensionierung kann mit dem Trimpoti P1 ein Konstantstrom von ca. 2 ... 20 mA eingestellt werden. Damit eignet sich diese Schaltung auch für Niedrigstrom-LEDs. – Zu beachten ist die maximale Eingangsspannung des LM 317 (40V). – C1 (100 nF) unterdrückt Regelschwingungen des IC1.

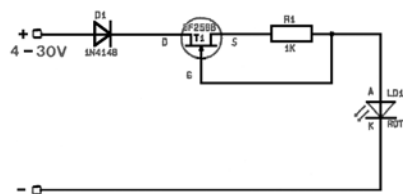
## Einstellbare Konstantstromquelle mit JFET

Der Strom ist mit dem Trimpoti von ca. 2 mA bis 7 mA einstellbar. Der eingestellte Wert bleibt bei Betriebsspannungen im Bereich zwischen 5 V und 30 V sehr konstant. Stehen spannungsfestere FETs als der hier verwendete BF 256B zur Verfügung, kann die Obergrenze der zulässigen Betriebsspannung heraufgesetzt werden.



## Konstantstromquelle für Niedrigstrom-LEDs

Mit nachfolgender Schaltung können Niedrigstrom-LEDs an einer Betriebsspannung von ca. 4 V bis 30 V<sub>±</sub> ohne zusätzlichen Vorwiderstand betrieben werden. Die Helligkeit bleibt innerhalb dieses Spannungsbereichs weitgehend konstant. – Auch Reihenschaltungen mehrerer LEDs können mit dieser Schaltung ohne weiteres gespeist werden.



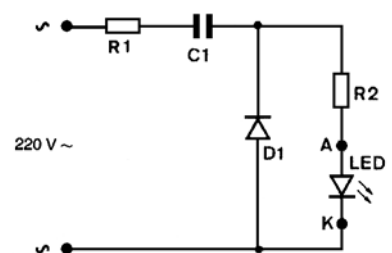
Als Verpolungsschutz ist die Diode D1 (1 N 4148 o.ä.) vorgesehen. Sie kann auch entfallen. Der Transistor T1 (Typ BF 256B), ein sog. 'JFET' (Junction FET), wurde als Konstantstromquelle beschaltet. Der Widerstand R1 = 1 kOhm bestimmt den Strom durch die LED. – Betrieb an höheren Spannungen setzt die Verwendung eines spannungsfesteren FET-Typs voraus.

## Betrieb einer LED an der Netzspannung

Werden LEDs an Wechselspannung betrieben, muß dafür gesorgt werden, daß bei der in Sperrichtung anliegenden Halbwelle die zulässige Sperrspannung (typbedingt maximal 3 ... 5 V) nicht überschritten wird. Dies wird durch Antiparallelschaltung einer Diode zur LED erreicht. Als Diode eignet sich (fast) jeder Siliziumtyp; die handelsübliche 1 N 4148 oder 1 N 4007 bieten sich an.

Der Kondensator C1 besitzt bei Netzfrequenz (50 Hz) einen Wechselstromwiderstand von ca. 12 kOhm. Dieser Wechselstromwiderstand von 12 kOhm, in Reihe mit R1, läßt einen Strom von ca. 15 mA durch die LED fließen.

Widerstand R1 erfüllt eine Sicherheitsfunktion: Er begrenzt den Strom durch die LED. Würde diese zufälligerweise während einer Spannungsamplitude eingeschaltet, wäre er bei noch ungeladenem Kondensator C1 zu hoch, um von der LED unbeschadet überstanden werden zu können.

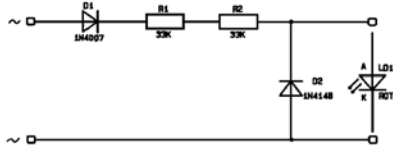


**UNBEDINGT BEACHTEN:** Für C1 muß ein **netzspannungsfestes** Exemplar verwendet werden. Das heißt: Betriebsspannung (nicht 'Prüfspannung') *mindestens* 250 V<sub>~</sub> oder 630 V<sub>~</sub>.

Stückliste: R1 = 2,2 kOhm C1 = 220 nF / ≥ 250 V<sub>~</sub> (NETZSPANNUNGSFEST !)  
R2 = 220 Ohm D1 = BY 127, 1 N 4007, 1 N 4148 o.ä.

Betr. Leuchtdioden

## Betrieb einer Niedrigstrom-LED an der Netzspannung



Stückliste: R1 = R2 = 33 kOhm /  $\geq 0,125$  W

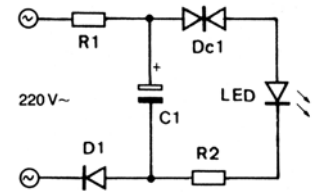
D1 = BY 127, 1 N 4007 o.ä. (**NETZSPANNUNG !**)  
D2 = 1 N 4148 (ggf. wie D1)

Die Schaltung hilft insbesondere dort, wo netzspannungsbetriebene Kontroll-Glühlämpchen gegen erschütterungsunempfindliche langlebige Leuchtdioden ausgetauscht werden sollen. – Der Strom durch die LED beträgt bei der angegebenen Dimensionierung ca. 2 mA.

## Blink-LED für Netzspannung

Diese Schaltung ermöglicht den direkten Betrieb einer LED an der Netzspannung (mittlerweile 230 V~). Beim Anlegen der Netzspannung blinkt die LED und dient somit als auffällige Einschaltkontrolle. –

Der Elko C1 lädt sich durch die Netzspannung über den Vorwiderstand R1 und die Diode D1 auf. Solange die Kondensatorspannung von C1 noch unter der Zündspannung des Diacs Dc1 liegt, ist dieses Bauelement gesperrt. Erreicht die Spannung des Elkos die Zündspannung des Diacs, wird dieser leitend und der Entladestrom des Elkos fließt über die Leuchtdiode. Der Widerstand R2 begrenzt den Entladestrom auf einen für die LED ungefährlichen Wert. – Sinkt nun die Kondensatorspannung unter die Zündspannung des Diacs ab, sperrt dieser, und der Elko kann sich von neuem aufladen. Der Zyklus beginnt wieder von vorne.



Blinkende LED für eine Betriebsspannung von 220 V

**UNBEDINGT BEACHTEN: AN SÄMTLICHEN BAUTEILEN LIEGT NETZSPANNUNG ! - LEBENSGEFAHR !**

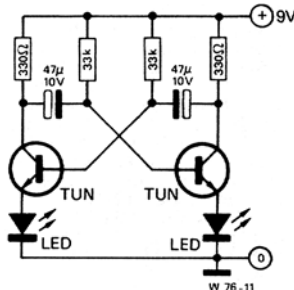
Stückliste: R1 = 470 kOhm  
R2 = 680 Ohm

C1 = 22 uF / 35 V  
Dc1 = ER 900

D1 = 1 N 4001

## LED-Blinklicht (Wechselblinker)

Die Schaltung ist für eine Betriebsspannung von 9 Volt ausgelegt. Solange Leuchtdioden mit *niedriger Durchlaßspannung* verwendet werden (d.h. rote, gelbe oder grüne LEDs), läßt sie sich auch mit 4,5 Volt betreiben. Dazu sind (1): die Widerstandswerte um die Hälfte zu verkleinern und (2): für die beiden TUNs



getypte Transistoren mit Stromverstärkungsgruppe "B" – z.B. BC 547 B – zu verwenden. – Die Stromaufnahme liegt bei ca. 20 mA; die Schaltung ist also für Batteriebetrieb geeignet.

Werden im 9-Volt-Betrieb Leuchtdioden mit *höherer Durchlaßspannung* verwendet (d.h. violette, blaue oder weiße LEDs), kann es erforderlich werden, die beiden 330-Ohm-Widerstände in den Kollektorkreislern auf ca. 270 ... 220 Ohm zu verkleinern.

Die Blinkfrequenz  $\nu$  läßt sich durch Verändern der Kapazitätswerte der beiden Elkos beeinflussen: Je größer die Kapazität C und der Widerstand R (hier 33 Kiloohm) desto kleiner die Blinkfrequenz. (Die Blinkfrequenz läßt sich

sich aus der Zeitkonstante  $T$  überschlagsmäßig ermitteln:  $T = 0,7 RC$ ;  $\nu = 1/T$ ).

**Quellen:** Alfred HÄRTL: Optoelektronik in der Praxis. Optoelektronische Bauelemente, Anwendungen, Schaltbeispiele, Technische Daten, Anschlußbelegungen. Hirschau [Härtl], <sup>5</sup>1992, [ISBN 3-9800 725-0-9]. S. 9 – 11, 41 – 46.

300 Schaltungen. Eine wahre Fundgrube elektronischer Schaltungen für jeden praxisorientierten Leser. Aachen / Gangelt [Elektor], <sup>4</sup>1980, [ISBN 3-921 608-09-0], S. 237 [= Schaltung 281: LED-Blinklicht].

gesetzt nach alter Rechtschreibung  
alle Angaben ohne Gewähr  
als Manuskript vervielfältigt  
gratis  
2003.Jan12  
Rev 2003.JAN17  
Rev 2003.MÄR26  
Rev 2003.APR06  
Rev 2004.APR09  
Rev 2006.JUN27