

3 LEDs gleichzeitig testen/vergleichen

Für „normale“ LEDs und RGB-LEDs

Einstellbare Stromstärke von 0 bis 20 mA pro Kanal

Messausgang für Flussspannung



LEDs komfortabel testen – LED-Tester LED-T1

Schluss mit provisorischen Testanordnungen! Der hier vorgestellte LED-Tester ermöglicht das sichere und komfortable Testen von LEDs unter definierten Bedingungen. Der Tester verfügt nicht nur über drei separate Testanschlüsse, wodurch auch RGB-LEDs getestet werden können, der LED-Strom ist dazu für jeden Ausgang separat im Bereich von 0 bis 20 mA einstellbar. Über zwei Messbuchsen kann zusätzlich mit einem Multimeter die Flussspannung der LEDs kontrolliert werden.

Testen und Selektieren

Um Leuchtdioden (LEDs) zu selektieren bzw. deren Helligkeit bei unterschiedlichen LED-Strömen zu beurteilen, bedarf es einer Testanordnung, die diese unterschiedlichen Ströme liefert. Wie allgemein bekannt, dürfen LEDs nicht direkt an ein Netzteil bzw. eine andere Spannungsquelle angeschlossen werden. Der Strom muss immer begrenzt werden, sei es durch einen Widerstand oder eine Konstantstromquelle.

Die hier vorgestellte Schaltung lässt eigentlich keine Wünsche mehr offen. Es können drei LEDs gleichzeitig separat voneinander getestet bzw. verglichen werden. LEDs der neusten Generation weisen häufig auch bei niedrigen Strömen schon eine sehr hohe Helligkeit auf, z. B. blau leuchtende LEDs. Durch den anhand einer Skala einstellbaren LED-Strom kann genau ermittelt werden, welche Stromstärke für die gewünschte Helligkeit ausreichend ist. Gerade bei LEDs, bei deren Nutzung es nicht darauf ankommt, das Letzte an Helligkeit herauszuholen, z. B. bei Anzeige-Anwendungen, Displayanordnungen usw., sollte man im Interesse einer hohen Lebensdauer einen so geringen Betriebsstrom wählen, dass die Helligkeit gerade ausreichend ist.

Durch die drei unabhängigen Testkanäle und die Anschlussmöglichkeit für externe Testleitungen können mit dieser Schaltung auch RGB-LEDs mit gemeinsamer Anode getestet werden. Mittels geeigneter Adapter bzw. Testpinzetten kann man auch SMD-LEDs testen.

Zusätzlich verfügt das Testgerät über einen Anschluss für ein Multimeter, über den die Flussspannung einer LED kontrolliert werden kann. Dieser Ausgang ist aber auch dazu nutzbar, um – nach Voreinstellung verschiedener LED-Ströme an den drei Kanälen – eine hier angeschlossene LED sehr schnell durch einfaches Anschalten der Kanäle mit den verschiedenen Strömen zu testen.

Schließlich verfügt das batteriebetriebene Testgerät noch über eine automatische Abschaltfunktion (Auto-Power-off) und eine Batterie-Warnanzeige, die an einen anstehenden Batteriewechsel erinnert.

Technische Daten

Kurzbezeichnung:	LED-T1
Spannungsversorgung:	9-V-Blockbatterie
Stromaufnahme (ohne Last):	8 mA
Ausgänge:	3 Kanäle/Konstantstrom 0–20 mA einstellbar
Sonstiges:	Auto-Power-off, Messausgang für Flussspannung LED
Schutzart:	IP20
Betriebstemperatur:	+5 °C bis +35 °C
Gewicht (mit Gehäuse):	160 g
Abmessungen Gehäuse (B x H x T):	140 x 60 x 26 mm

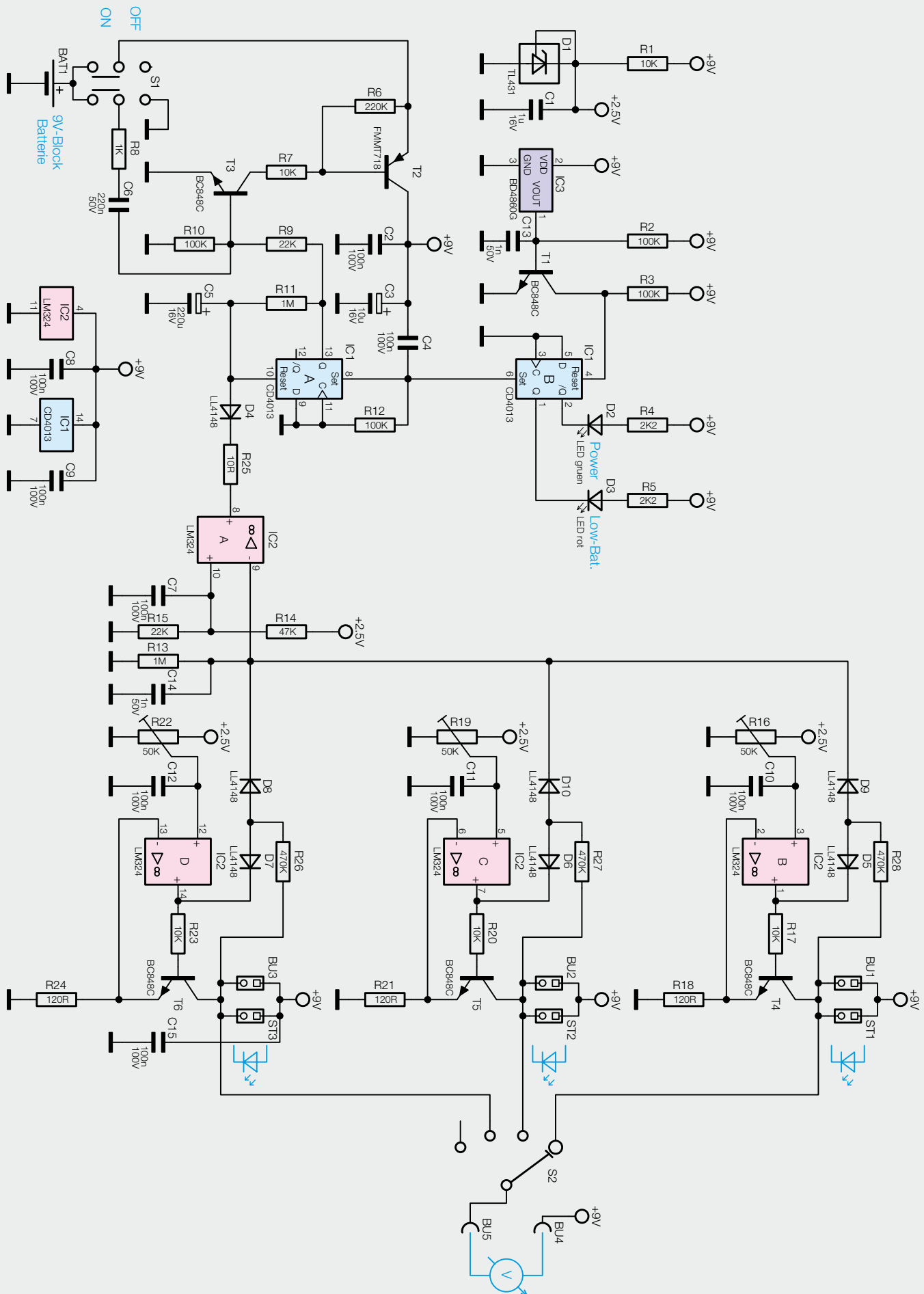


Bild 1: Das Schaltbild des LED-Testers

Schaltung

Die Schaltung des LED-Testers (Bild 1) besteht aus den Schaltungskomponenten Ausgangsstromsenke, Auto-Power-off sowie der Low-Bat-Erkennung, die wir im Folgenden jeweils näher betrachten wollen.

Der Ausgangsstrom für die LEDs wird mit sogenannten Stromsenken generiert, die einen konstanten, einstellbaren Strom liefern. Diese Stromsenken sind für alle drei Ausgänge identisch, weshalb wir uns bei der Beschreibung auf einen Kanal beschränken. IC2B ist als Komparator geschaltet und vergleicht die beiden Spannungen an seinen Eingängen. An dem nichtinvertierenden Eingang (+/Pin 3) liegt der Soll-Wert (Spannung vom Trimmer R16) an. Der zweite Eingang, also der invertierende Eingang (-/Pin 2) ist mit dem Emittierwiderstand R18 verbunden. Die Spannung an R18 ist proportional zum fließenden Strom durch den Transistor T4 und somit zum LED-Strom an BU1 bzw. ST1.

Steht der Trimmer R16 z. B. auf Mittelstellung, liegt an Pin 3 von IC2B eine Spannung von 1,25 V an. Der Ausgang des Komparators IC2B steuert die Basis von Transistor T4 in der Weise, dass sich über R18 ebenfalls eine Spannung von 1,25 V (Ist-Wert) ergibt. Wenn wir jetzt nach dem ohmschen Gesetz nachrechnen, ergibt sich ein Strom (LED-Strom) von 10,4 mA, der durch R18 fließt.

$$I = \frac{U_{R18}}{R_{18}} = \frac{1,25 \text{ V}}{120 \Omega} = 10,4 \text{ mA}$$

Der Strom ist dabei in weiten Bereichen unabhängig von der Flussspannung der LED und der Betriebsspannung (9 V). Diese Schaltungsfunktion wird als Stromsenke bezeichnet. Der auch oft verwendete Begriff Stromquelle stellt im Prinzip die gleiche Funktion dar, nur mit dem Unterschied, dass schaltungstechnisch die LED „unten“ mit Masse und die Stromquelle mit UB verbunden ist (siehe auch „Elektronikwissen“).

Da die Schaltung mit einer Batterie versorgt wird, ist es zweckmäßig, eine Auto-Power-off-Funktion zu integrieren, die unter bestimmten Bedingungen die Versorgungsspannung abschaltet, um Strom zu sparen. Die Auto-Power-off-Funktion überwacht folgende Zustände: keine LED angeschlossen oder alle Trimmer für den Ausgangsstrom sind auf 0 (Linksanschlag).

Schauen wir uns aber zunächst an, wie die Spannungsversorgung und das „Einschalten“ funktioniert. Die Batteriespannung (9 V), vom Anschluss „BAT1“ kommend, gelangt zunächst auf den Schalter S1, den Hauptschalter für ON-OFF. Wird S1 auf „Ein“ gestellt, wird zum einen die Batteriespannung auf den Emitter des Transistors T2 geführt und gleichzeitig der Widerstand R8 auf den Pegel der Betriebsspannung gelegt. Der Transistor T2 sperrt im Einschaltmoment. Da der eine Anschluss von Widerstand R8 im ausgeschalteten Zustand auf Masse liegt und beim Einschalten auf UB geschaltet wird, überträgt sich dieser Pegelsprung über C6 auf die Basis von T3. Dieser steuert über R7 den Schalttransistor T2 an, der die Betriebsspannung für das Gerät einschaltet. Hierdurch gelangt über den Kondensator C4 ein Spannungsimpuls auf den „Set“-Eingang des RS-Flip-Flops IC1A. Das Flip-Flop ist nun

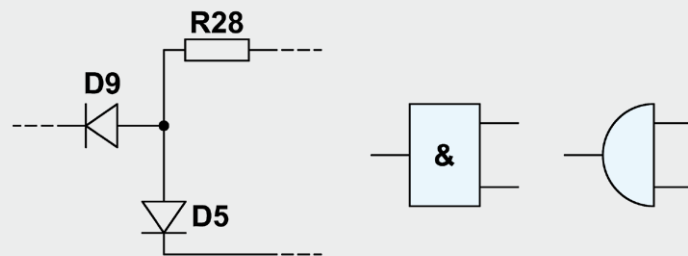


Bild 2: Die mit R28, D5 und D9 aufgebaute Logik entspricht einem UND-Gatter.

gesetzt, der „Q“-Ausgang Pin 13 führt High-Pegel und steuert T3 an, wodurch sich der Kreislauf schließt und die Schaltung sich selbst „hält“.

Jetzt ist der Auto-Power-off-Timer aktiviert, der eigentlich nur aus dem Zeitglied R11 und C5 besteht. Der relativ große Elko C5 lädt sich nun langsam über R11 auf. Steigt die Spannung an C5 auf ca. 2/3 der Betriebsspannung an (entspricht ca. 4 Minuten), wird über den Reset-Eingang (Pin 10) das Flip-Flop zurückgesetzt. Nach Ablauf der vier Minuten wechselt der „Q“-Ausgang nun auf „low“, T2 und T3 sperren und die Betriebsspannung wird abgeschaltet. Erst ein erneutes Aus- und Einschalten mit S1 aktiviert das Gerät wieder.

Es gibt aber noch eine Besonderheit, und zwar kann mit Hilfe der Diode D4 der Elko C5 entladen werden. Der Timer wird also retriggert und startet von Neuem. Solange die Katode von D4 auf Massepotential liegt, ist die Auto-Power-off-Funktion deaktiviert. Dieses Retriggern geschieht im Wesentlichen mit dem Komparator IC2A. Der Widerstand zwischen dem Komparatorausgang (Pin 8 von IC2A) und D4 dient der Entladestrombegrenzung von C5.

Schauen wir uns nun anhand der im Schaltbild oben dargestellten Stromsenke an, unter welchen Betriebsbedingungen die Auto-Power-off-Funktion aktiv bzw. inaktiv ist. Ist der Trimmer R16 für den Ausgangsstrom auf 0 (Linksanschlag) gestellt, führt der Ausgang des Komparators von IC2B (Pin 1) ca. 0 V. Die Spannung am Kollektor von T4 ist abhängig davon, ob eine LED angeschlossen ist oder nicht. Ist keine LED angeschlossen, beträgt die Spannung am Kollektor von T4 ca. 0 V. Sobald eine LED angeschlossen wird und ein Strom durch die LED fließt, steigt die Spannung am Kollektor (T4) auf Werte oberhalb von 2,5 V an. Der Widerstand R28 sowie die beiden Dioden D9 und D5 bilden eine Art „UND“-Logik (Bild 2).

Am Ausgang des verdrahteten (wired) UND-Gatters, also der Katode von D9, liegt nur ein High-Pegel an, wenn ein Strom eingestellt und eine LED angeschlossen ist. In allen anderen Konstellationen liegt Low-Pegel an. Dieser Logikpegel wird mit dem Komparator IC2A ausgewertet. Am anderen Eingang des Komparators (Pin 10) liegt eine feste Spannung von 0,8 V, die vom Spannungsteiler R14/R15 stammt. Ist die Spannung am Minus-Eingang des Komparators höher als 0,8 V (entspricht High-Pegel), führt der Ausgang des Komparators Low-Pegel. Die Auto-Power-off-Funktion ist inaktiv. Die Schlussfolgerung hieraus ist: Erst wenn kein Strom eingestellt oder keine LED angeschlossen ist, wird die Auto-Power-off-Funktion aktiviert und das Gerät schaltet sich nach 4 Minuten selbsttätig aus.

Der letzte Punkt in unserer Schaltungsbeschreibung ist die Batterieüberwachung auf Unterspannung (Low-Bat) sowie die Erzeugung der stabilen Referenzspannung von 2,5 V. Die Referenzspannung wird auf einfache Weise mit einer elektronischen Z-Diode (D1) erzeugt. Die Funktionsweise entspricht der einer „normalen“ Z-Diode, nur mit dem großen Vorteil, dass weniger Strom durch die „Z-Diode“ fließen muss und somit der Widerstand R1 relativ groß ausfallen kann.

Wichtigster Bestandteil der Low-Bat-Erkennung ist IC3 vom Typ BD4860. Dieser Baustein ist eigentlich ein Reset-Baustein, wird in unserer Schaltung aber zur Unterspannungserkennung genutzt. Die Funktionsweise ist einfach: Ist die Batteriespannung größer als 6 V, ist der Ausgang von IC3

auf „high“ und der Transistor T1, der hier als Pegelwandler dient, schaltet durch. Der Reset-Eingang des Flip-Flops IC1B liegt auf Low-Pegel. Hier sei erwähnt, dass im Einschaltmoment beide Flip-Flops über den Set-Eingang gesetzt werden. Im Normalfall, d. h. die Batterie ist noch „voll“ ($>6\text{ V}$), weisen die Ausgänge von IC1B folgende Pegel auf: Q ist auf „high“ (LED D3 leuchtet nicht), $\bar{Q}$ ist auf „low“, so dass LED D2 (Power) leuchtet. Sinkt die Batteriespannung unterhalb von 6 V , kehren sich alle Logikpegel um und das Flip-Flop wird zurückgesetzt. Jetzt leuchtet die Low-Bat-LED D3 auf und signalisiert, dass die Batterie gewechselt werden muss.

Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich recht einfach und ist dank konventioneller, bedrahteter Bauteile sowohl für Anfänger als auch für erfahrene Elektroniker geeignet. Es müssen nur wenige bedrahtete Bauteile anhand des Bestückungsplans bzw. Platinenfotos (Bild 3) sowie Stückliste und Bestückungsdruck bestückt und verlötet werden. Die Bauteile werden von der Platinenoberseite eingesetzt und anschließend auf der Unterseite (Lötseite) verlötet. Überstehende Bauteilanschlüsse werden mit einem Seitenschneider auf max. $1,5\text{ mm}$ Länge gekürzt.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit dem Einsetzen der beiden Elkos C3 und C5. Hierbei ist unbedingt auf die polrichtige Einbaulage zu achten. Der

Pluspol (+) ist an dem etwas längeren Anschlussdraht zu erkennen. Zudem ist auf dem Elko-Gehäuse in der Regel der Minuspol gekennzeichnet. Die Einbaulage der Referenzdiode D1 ist durch den Platinaufdruck gekennzeichnet (eine Gehäusesseite ist abgeflacht).

Bei den LEDs ist ebenfalls auf die richtige Einbaulage (Polung) zu achten. Der etwas längere Anschlussdraht stellt den Pluspol (Anode) dar, der auf der Platine mit „+“ gekennzeichnet ist. Die Einbauhöhe der LEDs muss 18 mm betragen (gemessen zwischen LED-Oberkante und Platine).

Als Nächstes werden die Trimmer sowie die restlichen mechanischen Bauteile bestückt. Bei den Buchsen BU1 bis BU3 ist darauf zu achten, dass diese genau senkrecht montiert werden (Bild 4). Die drei Trimmer werden mit Steckachsen versehen, auf die später die Bedienknöpfe aufgeschraubt werden.

Der Anschluss der Batterie erfolgt über einen Batterieclip, dessen Zuleitungen auf eine Länge von 10 cm gekürzt werden können. Die Enden der Anschlussleitungen werden abisoliert, verzinkt und durch die Bohrungen in der Platine gefädelt. Die rote Leitung wird mit „+“-Bat und die schwarze Leitung mit „-“-Bat 1 verbunden (Bild 5).

Nachdem alle Bauteile bestückt sind, kann der Einbau in das Gehäuse erfolgen. Die Platine wird nicht verschraubt, sondern einfach nur in die Gehäuseunterschale gelegt. Damit die Batterie im Gehäuse nicht „klappert“, wird ein Stück Schaumstoff in die Gehäuseunterschale geklebt (siehe Bild 5).

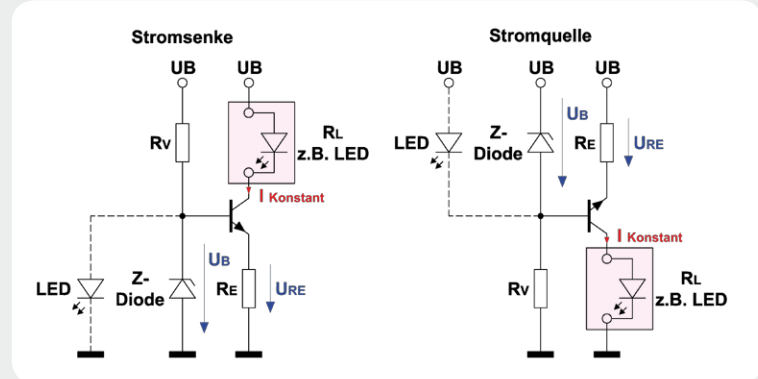
Nach dem Einsetzen einer 9-V-Blockbatterie und dem Verschrauben des Gehäuses erfolgt noch das Anbringen der Bedienknöpfe. Diese Drehknöpfe bestehen aus folgenden Komponenten: Drehknopf, Deckel, Pfeilscheibe sowie einer Madenschraube. Bei der Montage muss genau darauf geachtet werden, dass bei Links- und Rechtsanschlag die Spitze der Pfeilscheibe auf die Anfangs- und Endwerte der Skala zeigen.

Stromquelle und Stromsenke

Den Begriff Stromquelle bzw. Stromsenke hat wohl jeder des Öfftens gehört oder gelesen. Was verbirgt sich hinter diesen Bezeichnungen? Vorweg sei schon einmal angemerkt, dass es sich funktionstechnisch um identische Schaltungen handelt.

Oft wird davon gesprochen, dass eine Stromquelle den Strom ausgeben (liefern) und eine Stromsenke den Strom aufnehmen kann. Dies ist davon abhängig, wie man den Strom misst. In der Abbildung ist eine simple Stromquelle/Stromsenke mit einem Transistor dargestellt. Wenn wir uns die beiden Schaltbilder anschauen, sieht man, dass es sich eigentlich um identische Schaltungen handelt mit dem Unterschied, dass die Stromsenke mit einem NPN-Transistor und die Stromquelle mit einem PNP-Transistor realisiert ist. Beide Schaltungen haben eins gemeinsam: sie halten den Strom durch einen bestimmten Stromkreis stabil (konstant). Die Funktionsweise ist schnell erklärt. Grundprinzip ist es, die Spannung über dem Emitterwiderstand R_E konstant zu halten, denn wie wir nach dem ohmschen Gesetz wissen, ist der Strom durch einen Widerstand konstant, wenn auch die an dem Widerstand abfallende Spannung konstant ist.

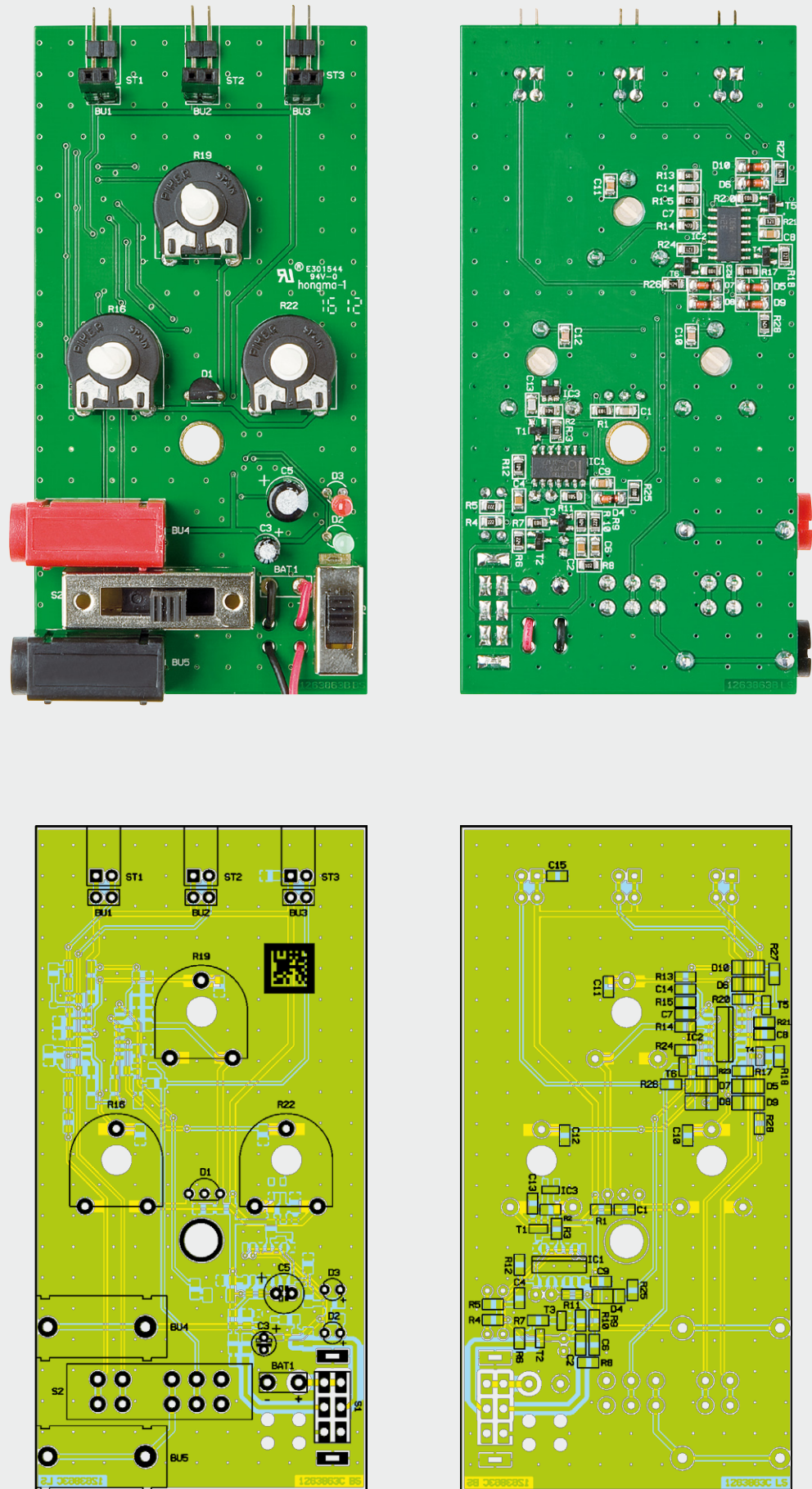
$$I_R = \frac{U_R}{R}$$



Der Hauptstrom fließt durch die Last (R_L), in unserem Fall durch eine LED dargestellt, den Transistor und den Emitterwiderstand R_E . Der Emitterstrom ist allerdings geringfügig höher, da hier noch der Basisstrom hinzu addiert werden muss. Bei einem Verstärkungsfaktor des Transistors von 100 und mehr ist der Basisstrom relativ klein und kann in unserer Rechnung vernachlässigt werden.

Die Spannung an der Basis des Transistors kann auf unterschiedliche Arten stabil gehalten werden. Im Schaltbild ist einmal eine Z-Diode und eine LED mit Vorwiderstand dargestellt. Die LED weist auch bei kleinen Strömen in Flussrichtung eine Z-Dioden-Charakteristik auf, weshalb in vielen Schaltungen gerne eine LED zur Spannungsstabilisierung genommen wird. Der LED-Strom ist dabei so klein, dass diese nicht einmal aufleuchtet.

Schlussfolgerung: Ist die Spannung an der Basis konstant, ist auch die um $0,7\text{ V}$ (Flussspannung der Basis-Emitterdiode) kleinere Emitterspannung an R_E konstant, und unsere eingangs gestellte Bedingung ist erfüllt.



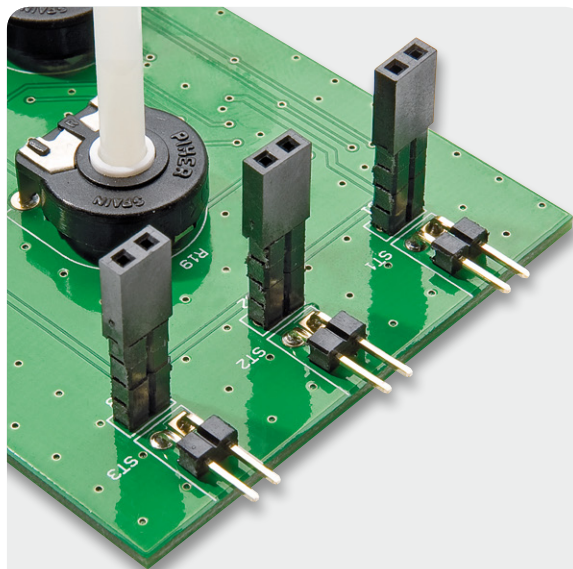


Bild 4: Montage der Buchsen im Detail

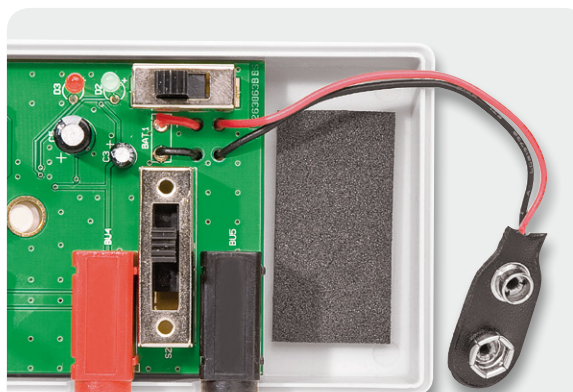


Bild 5: Das Schaumstoffstück wird in die Gehäuseunterschale geklebt.

Bedienung

Wie schon erwähnt, besitzt das Gerät eine Auto-Power-off-Funktion, die für ein automatisches Abschalten sorgt, wenn man versehentlich das „Ausschalten“ vergisst. Über den Schalter „ON-OFF“ wird das Gerät normal eingeschaltet. Falls keine LEDs angeschlossen sind oder alle Regler für den Ausgangsstrom auf null gedreht sind, schaltet sich das Gerät nach ca. 4 Minuten ab (LED „Power“ erlischt). Zum Einschalten muss der Schalter erst wieder in Stellung „OFF“ und danach auf „ON“ gebracht werden.

Die LEDs können auf zwei unterschiedliche Arten mit dem Testgerät verbunden werden. Einzelne bedrahtete LEDs werden direkt in die dafür vorgesehenen Buchsen am Gerät eingesetzt (Bild 6). Die Polung ist bei unkonfektionierten LEDs gut an dem etwas längeren Anschlussdraht erkennbar, der den Pluspol (Anode) darstellt.

Da drei separate Kanäle zur Verfügung stehen, können auch drei LEDs gleichzeitig getestet bzw. miteinander verglichen werden.

Möchte man z. B. bedrahtete RGB-LEDs testen, sind die beiliegenden Testleitungen zu verwenden. Diese Anschlussleitungen sind farblich markiert und sollten so eingesteckt werden, dass das weiße Kabel immer den Pluspol (Anode) darstellt. Die farbigen Adern können dann dem jeweiligen Kanal entsprechend [rot (R), grün (G), blau(B)] zugeordnet werden (Bild 7).

Hinweis: Es können nur RGB-LEDs mit gemeinsamer Anode angeschlossen werden, da der Pluspol (+) der drei Ausgänge jeweils miteinander verbunden ist. Je nach Hersteller ergeben sich allerdings unterschiedliche Anschlussbelegungen (Bild 8).

Da solche LEDs in der Regel nur 4 Anschlüsse aufweisen, braucht die Anode (weißes Kabel) nur einmal angeschlossen zu werden (Bild 9). An welchem Kanal die Anodenleitung entnommen wird, spielt dabei keine Rolle, da die Anodenanschlüsse intern im LED-Tester miteinander verbunden sind.

Nutzung der Messbuchsen

Es besteht die Möglichkeit, mit einem Multimeter die Flussspannung der angeschlossenen LED zu ermitteln. Hierzu wird das Multimeter an die

Widerstände:

10 Ω /SMD/0805	R25
120 Ω /SMD/0805	R18, R21, R24
1 k Ω /SMD/0805	R8
2,2 k Ω /SMD/0805	R4, R5
10 k Ω /SMD/0805	R1, R7, R17, R20, R23
22 k Ω /SMD/0805	R9, R15
47 k Ω /SMD/0805	R14
100 k Ω /SMD/0805	R2, R3, R10, R12
220 k Ω /SMD/0805	R6
470 k Ω /SMD/0805	R26–R28
1 M Ω /SMD/0805	R11, R13
PT15/liegend/50 k Ω	R16, R19, R22

Kondensatoren:

1 nF/SMD/0805	C13, C14
100 nF/SMD/0805	C2, C4, C7–C12, C15
220 nF/SMD/0805	C6
1 μ F/SMD/0805	C1
10 μ F/16 V	C3
220 μ F/16 V	C5

Halbleiter:

CD4013/SMD	IC1
LM324/SMD	IC2
BD4860G/SMD	IC3
BC848C	T1, T3–T6
FM7T18/SMD	T2
TL431CLP	D1
LL4148	D4–D10
LED/3 mm/grün	D2
LED/3 mm/rot	D3

Sonstiges:

Schiebeschalter, 2x um, hoch, print	S1
Schiebeschalter, 4 Stellungen, print	S2
9-V-Batterieclip	BAT1
Stiftleisten, 1x 2-polig, winkelprint	ST1–ST3
Buchsenleiste, 1x 2-polig, print, gerade	BU1–BU3
1 Print-Bananenbuchse, 4 mm, rot	
1 Print-Bananenbuchse, 4 mm, schwarz	
1 Schaumstoff, selbstklebend, 20 x 40 x 3 mm	
1 Kabelset für LED-T1	
3 Drehknopfsets, 12 mm, grau, für Achse 4 mm	
3 Steckachsen, 4 x 27 mm	
1 Softline-Gehäuse, grau, komplett, bearbeitet und bedruckt	

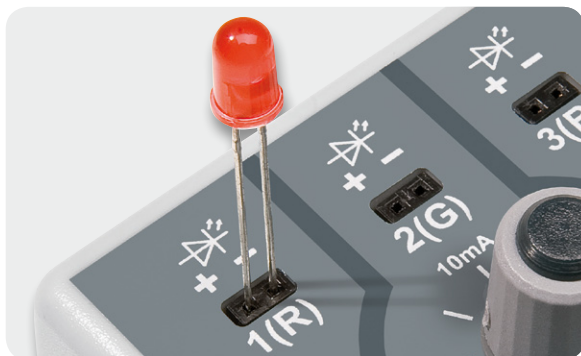


Bild 6: So werden die LEDs in die Testbuchsen eingesetzt.



Bild 7: So werden die Anschlussleitungen verbunden.

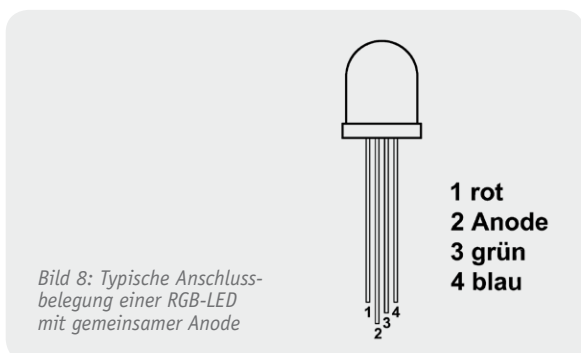


Bild 8: Typische Anschlussbelegung einer RGB-LED mit gemeinsamer Anode



Bild 9: So werden Buchsen mit der RGB-LED verbunden.

seitlichen 4-mm-Buchsen angeschlossen. Die Spannungen an der zu messenden LED liegen im Bereich von 1,8 V (rote LED) bis 3,5 V (weiße LED). Mit dem Schiebeschalter (VF) kann das Multimeter auf einen der drei Kanäle geschaltet werden.

Hinweis: Die Messleitungen dürfen eine Länge von 3 m nicht überschreiten!

Testen von SMD-LEDs

Wer mit dem LED-Tester auch SMD-LEDs prüfen möchte, kann z. B. eine optional erhältliche SMD-Prüfpinzette verwenden. Diese wird an die beiden Messbuchsen

angeschlossen (Bild 10). Mit dem Schalter (VF) wird die Prüfanordnung an einen der Ausgänge geschaltet. Praktisch ist es hier, wenn man an jedem Kanal einen anderen LED-Strom einstellt. So lässt sich bequem mit dem Schiebeschalter ein voreingestellter Strom auswählen.

SMD-Prüfpinzetten sind zwar eine feine Sache, negativ ist allerdings der relativ hohe Preis. Alternativ kann man sich, mit etwas handwerklichem Geschick, auch selbst eine Testvorrichtung bauen oder man lötet die LEDs auf ein Stück Lochrasterplatine und versieht die Anschlüsse mit Stiftleisten, an die wiederum die beiliegenden Prüflösungen angeschlossen werden. **ELV**



Bild 10: Die seitlichen Messbuchsen können auch zum Anschluss einer SMD-Messpinzette genutzt werden.