

FRANZIS
DO IT YOURSELF

Burkhard Kainka

Schnellstart LEDs

Leuchtdioden in der Praxis

Mit 126 Abbildungen

Vorwort

LEDs sind für Viele der Einstieg in die Elektronik. Der Start ist einfach und motivierend zugleich, eben ein Schnellstart. Schon mit geringstem Aufwand sind die ersten Erfolge zu erzielen. Und dennoch werden viele Bereiche der Elektronik berührt, wenn man alle Möglichkeiten ausschöpfen will. Der Phantasie sind keine Grenzen gesetzt, wenn es darum geht eigene Konstruktionen zu verwirklichen, sei es eine stromsparende LED-Taschenlampe, seien es Test- und Prüfgeräte oder eine moderne Raumbeleuchtung.

Schon beim Aufbau einfacher Stromkreise mit LEDs muss vieles beachtet werden. Die Berechnung der geeigneten Vorwiderstände verlangt die Kenntnis elektrotechnischer Grundlagen. So fördert die Arbeit mit LEDs nicht nur das handwerkliche Geschick, sondern auch technisches Grundwissen. Wenn es dann um fortgeschrittene LED-Elektronik mit Transistoren und integrierten Schaltkreisen geht, kommt einiges an Elektronik-Wissen hinzu. LEDs können damit zum Ausgangspunkt für tiefgreifende Studien werden.

Dieses Buch versucht beides, den Schnellstart für absolute Einsteiger zu garantieren und zugleich auch Projekte vorzustellen, die höhere Ansprüche an den erfahrenen Leser stellen. Ich hoffe, dass für jeden das Richtige dabei ist, und wünsche Ihnen viel Erfolg beim Experimentieren mit LEDs!

Ihr Burkhard Kainka

Inhalt

1 Vorbereitungen	9
1.1 Das Steckfeld	9
1.2 Die Batterie	11
1.3 Leuchtdioden	12
1.4 Widerstände	12
2 LED Grundversuche	15
2.1 LED mit Vorwiderstand	15
2 LED-Grundversuche	15
2.2 Die Richtung des elektrischen Stroms	17
2.3 Test mit unterschiedlichen Vorwiderständen	18
2.4 Signallampe mit Tastschalter	19
2.5 LED-Lampe mit weißer LED	20
2.6 Lumen und Candela	23
2.7 Farben und Wellenlängen	25
3 LED-Schaltungstechnik	
3.1 Die Diodenschwelle	27
3.2 Reihenschaltung	30
3.3 Verbesserter Wirkungsgrad	32
3.4 Parallelschaltung	34
3.5 Gemischte Reihen/Parallelschaltung	35
3.6 Wechselstrombetrieb	37
3.7 Farbspiele	41
4 Testgeräte mit LEDs	42
4.1 Durchgangstester	42
4.2 Leitfähigkeit von Flüssigkeiten	43
4.3 Überwachungs-Stromschleife	44
4.4 Polaritätstester	45
4.5 Batterietester	46
4.6 LED als Temperatursensor	48
5 Fortgeschrittene Versuche mit LEDs	50
5.1 Transistoren und mehr	50
5.2 Transistor-Grundschialtung	52

5.3 Nachlaufsteuerung	53
5.4 Die Darlington-Schaltung	54
5.5 LED als Lichtsensor	55
5.6 Die Konstantstromquelle	56
6 Kippschaltungen mit LEDs	
6.1 Elektronischer Umschalter	59
6.2 Die Thyristor-Schaltung	60
6.3 Der Schmitt-Trigger	62
6.4 An/Aus-Taster	63
7 Blinker und Oszillatoren	
7.1 Transistor-Wechselblinker	66
7.2 LED-Spannungswandler	67
7.3 Blinkschaltung mit NE555	69
7.4 Timer-Wechselblinker	71
7.5 PWM-Helligkeitssteuerung	72
7.6 LED-Blitzlicht mit dem LM3909	72
7.7 LED-Blitzlicht mit Transistoren	75
7.8 Ein Soft-Blinker	76
8 Stromversorgung und LED-Beleuchtungen	
8.1 Power-LEDs	79
8.2 Konstantstromquelle mit LM317	81
8.3 LED-Dimmer	84
8.4 Spannungswandler mit NE555	84
8.5 Konstantstrom-Schaltregler mit LM2574	87
8.6 Dimmer-Schaltregler	89
8.7 3-A-Schaltregler LM2576	91
Anhang	
Bauteile im Lernpaket LEDs	93
Bezugsquellen	93
Literatur	94

2 LED-Grundversuche

Mit einer Batterie und einer kleinen Glühlampe könnte man einfach mal dies und jenes probieren, bis die Lampe leuchtet. Mit einer LED sollte man das nicht versuchen, denn der direkte Anschluss an die Batterie kann die LED schnell zerstören. Man muss schon etwas genauer planen: Wichtig ist die richtige Spannung, die korrekte Polung, ein geeigneter Vorwiderstand. Aber schwierig ist es nicht. Probieren Sie die vorgeschlagenen Schaltungen aus, und werden Sie fit für den sicheren Umgang mit LEDs.

2.1 LED mit Vorwiderstand

Bauen sie Ihren ersten Stromkreis mit Batterie, LED und Vorwiderstand. Verwenden Sie eine rote LED und eine Batterie mit 9 V. Mit dem größten Widerstand ($1\text{ k}\Omega = 1000\text{ }\Omega$, Farben: braun, schwarz, rot) aus dem Lernpaket sind Sie auf der sicheren Seite, was den LED-Strom angeht. Abb. 2.1 zeigt den Aufbau der Schaltung als Schaltplan.

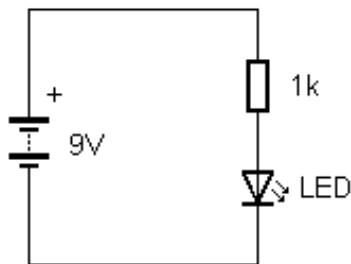


Abb. 2.1 Schaltbild mit LED und Vorwiderstand

Verwenden Sie die Steckplatine für den Aufbau. Die obere Versorgungsschiene soll mit dem Pluspol der Batterie, also mit dem roten Anschluss des Batterieclips verbunden werden. Die untere Schiene soll entsprechend mit dem schwarzen Clipanschluss, also mit dem Minuspol der Batterie verbunden werden. Der Aufbau wird auf diese Weise dem Schaltbild ähnlich, so dass eine Fehlerkontrolle keine Probleme bereitet. Biegen Sie die Anschlussdrähte der LEDs und der Widerstände so um, dass sie in die Kontakte passen. Einige Anschlussdrähte wurden übrigens im Interesse einer besseren Darstellung speziell für den Testaufbau und die Fotos gekürzt. Für Ihre Experimente

sollten Sie die Drähte nach Möglichkeit ungekürzt lassen, damit die Bauteile für alle Versuche einsetzbar bleiben.

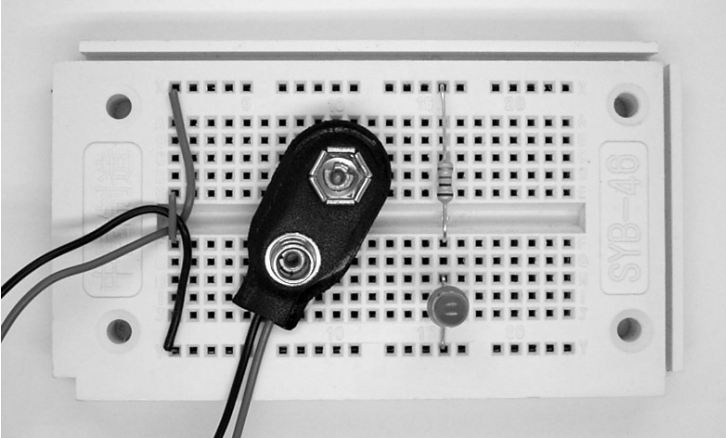


Abb. 2.2 Der Aufbau auf der Steckplatine

Wahrscheinlich wird der Versuch auf Anhieb funktionieren. Die LED leuchtet hell auf. Falls nicht, muss der Fehler gesucht werden. Eine Unterbrechung an beliebiger Stelle im Stromkreis verhindert den Stromfluss komplett. Überprüfen Sie also alle Leitungen und die Lage der Bauteile auf der Steckplatine. Ein weiterer möglicher Fehler ist eine falsch herum eingesetzte LED. Und schließlich könnte die Batterie verbraucht sein. Allerdings werden Sie feststellen, dass auch sehr alte Batterien eine LED immer noch schwach zum Leuchten bringen können.

Untersuchen Sie einmal eine andere Variante des Aufbaus. LED und Widerstand sollen vertauscht werden. Der Strom fließt dann zuerst durch die LED und dann durch den Widerstand. Die Wirkung ist aber genau die gleiche wie im umgekehrten Fall. Es

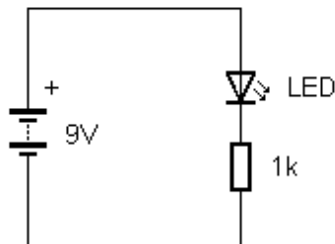


Abb. 2.3 Vertauschte Bauteile

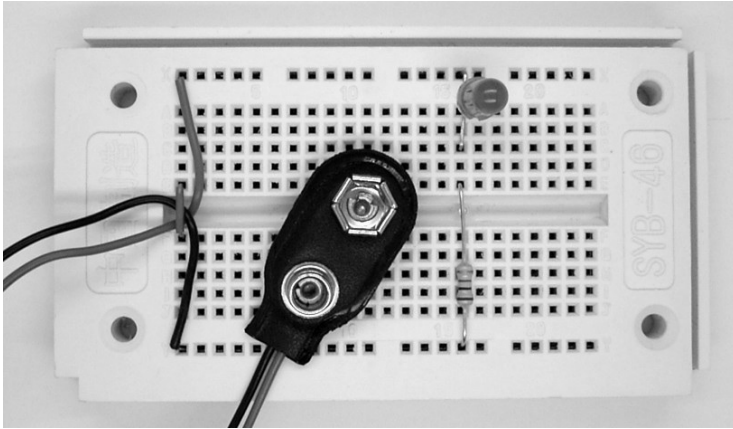


Abb. 2.4 LED und Widerstand vertauscht

kommt also nur darauf an, dass alle drei Bauteile in einem geschlossenen Stromkreis angeordnet sind.

2.2 Die Richtung des elektrischen Stroms

Drehen Sie die LED einmal so um, dass die Anode am Minuspol der Batterie liegt. Nun leuchtet nichts mehr! Strom kann also nur in einer Richtung durch die LED fließen. Die Durchlassrichtung ist die Stromrichtung von der Anode zur Kathode, also wenn die Anode dem Pluspol der Batterie zugewandt ist und die Kathode dem Minuspol. In Gegenrichtung sperrt die LED. Eine Diode ist so etwas wie ein elektrisches Ventil. Und nur wenn Strom hindurchgelassen wird, leuchtet sie. Abb. 2.5 zeigt die LED in Sperrrichtung. So kann sie nicht leuchten...

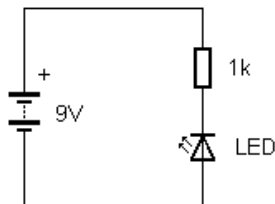


Abb. 2.5 Die LED in Sperrichtung

Der Pfeil im Schaltsymbol der Leuchtdiode weist auf die Richtung des elektrischen Stroms hin. Die Stromrichtung wurde historisch bedingt wie auch die Bezeichnung Plus und Minus willkürlich festgelegt. Strom fließt also immer vom Pluspol der Batterie durch den Verbraucher zum Minuspol der Batterie. Heute weiß man, dass sich negativ geladene Elektronen in den Drähten genau anders herum bewegen als es die Pfeile in Abb. 2.6 zeigen. Tatsächlich gibt es aber z.B. in Flüssigkeiten auch positive Ladungsträger, die sich in Stromrichtung bewegen. Auch in der LED selbst findet man sowohl negative wie positive Ladungsträger.

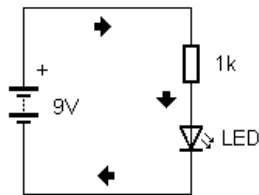


Abb. 2.6 Zur Definition der Stromrichtung

2.3 Test mit unterschiedlichen Vorwiderständen

Setzen Sie nun statt des Widerstands von 1 k Ω einen kleineren Widerstand von 470 Ω (gelb, violett, braun) ein. Die LED leuchtet deutlich heller. Das ist ein Hinweis auf den größeren Strom. Die Regel lautet: Je größer der Widerstand, desto kleiner wird der Strom. Genauere Berechnungen folgen weiter unten.

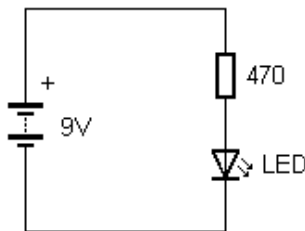


Abb. 2.7 Mehr Helligkeit mit einem kleineren Vorwiderstand

Untersuchen Sie die Helligkeit aller farbigen LEDs jeweils mit Widerständen von 1 k Ω (braun, schwarz, rot), 470 Ω (gelb, violett, braun) und 330 Ω (orange, orange,

braun). Verwenden Sie aber keinen kleineren Widerstand als $330\ \Omega$, da sonst in dieser Schaltung mit einer Batterie von 9 V ein zu großer Strom fließen kann, der die LEDs in Gefahr bringt.

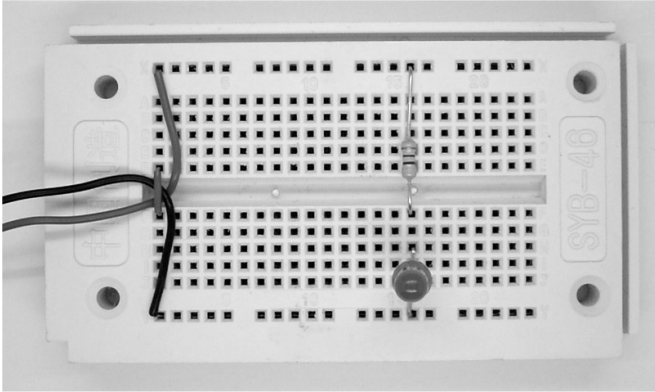


Abb. 2.8 Vorwiderstand $470\ \Omega$

Tabelle 1: LED-Strom bei einer Batteriespannung von 9 V

Widerstand	LED rot	LED gelb	LED grün	LED weiß
$330\ \Omega$	21,4 mA	21,1 mA	20,8 mA	16,8 mA
$470\ \Omega$	15,1 mA	14,9 mA	14,7 mA	12,1 mA
$1000\ \Omega$	7,2 mA	7,1 mA	7,0 mA	5,9 mA

Sie können in der selben Schaltung auch die weiße LED einsetzen. Die im Lernpaket eingesetzte superhelle LED erreicht bereits mit einem Vorwiderstand von $1\text{ k}\Omega$ eine große Helligkeit. Untersuchen Sie die Schaltung einmal im abgedunkelten Raum. Die weiße LED eignet sich vorzüglich für Beleuchtungszwecke und ersetzt mühelos eine Taschenlampe. Weiter unten in Kap. 2.5 wird eine solche Lampe noch weiter optimiert.

Für die bunten LEDs ist ein Dauerstrom von 20 mA zugelassen. Die weiße LED darf nach Angaben des Herstellers mit bis zu 25 mA betrieben werden. Die folgende Tabelle zeigt, dass der tatsächliche Strom von der verwendeten LED und vom Vorwiderstand abhängt. Teilweise wird der erlaubte Strom geringfügig überschritten. Das ist jedoch für kurze Zeit unproblematisch. Nur bei längerer Überlastung altern LEDs schneller und verlieren ihre Leuchtstärke.

2.4 Signallampe mit Tastschalter

Bauen Sie einen einfachen Tastschalter aus abisoliertem Schalt draht, wie es das Foto in Abb. 2.9 zeigt. Der Schalter stellt im geöffneten Zustand eine Unterbrechung des Stromkreises dar. Wenn man aber auf den Taster drückt, verbindet man dabei zwei Kontakte und schließt den Stromkreis. Die Federkraft des Drahts löst die Verbindung wieder, wenn man den Taster loslässt. Die LED im Stromkreis leuchtet also nur, solange man auf den Taster drückt.

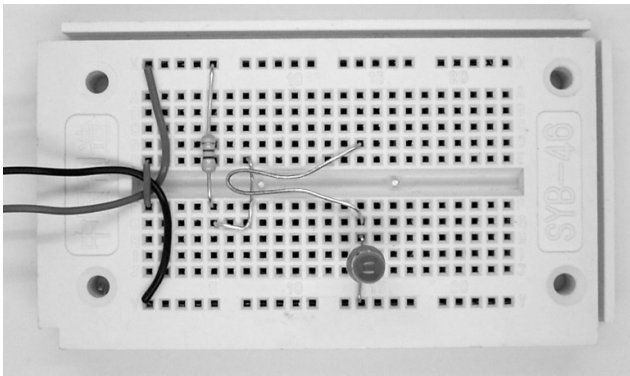


Abb. 2.9 Aufbau eines Schalters aus Draht

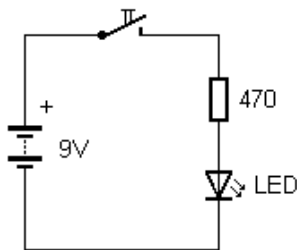


Abb. 2.10 Ein Stromkreis mit Schalter

Der Aufbau kann als Signallampe für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden. Signalisieren Sie z.B. ihrer Nachbarin auf der anderen Seite der Straße, dass sie mal wieder zum Kaffee herüber kommen sollte. Leuchtzeichen ersetzen hier auf etwas altmodische Weise das Telefon. Man muss auch zugeben, dass die Sache nur funktioniert, wenn sie gerade aus dem Fenster schaut.

Prinzipiell lässt sich die Schaltung auch zur Übertragung umfangreicher Nachrichten mittels Morsezeichen einsetzen. Zugegeben, Morzen ist etwas veraltet und nicht so bequem wie Emails oder das Telefon. Aber Morzen mit Lichtzeichen kann eine reizvolle

Art der Kommunikation sein. Mit etwas Übung können sie über Entfernungen von bis zu 100 Metern Informationen austauschen, die kaum ein anderer abhören kann.

2.5 LED-Lampe mit weißer LED

Wie bereits in Kap. 2.3 gezeigt wurde, lässt sich ein weiße LED sinnvoll in einer LED-Taschenlampe einsetzen. Gegenüber Glühlampen ergeben sich zahlreiche Vorteile:

1. Lange Lebensdauer der LED
2. Lange Betriebsdauer der Batterien
3. Auch bei schwacher Batterie noch weißes Licht

Allgemein haben moderne weiße LEDs einen wesentlich besseren Wirkungsgrad als kleine Glühlampen. Allerdings ist der Betrieb mit einer 9-V-Batterie wenig wirtschaftlich. Mehr als die Hälfte der relativ teuren Energie wird im Vorwiderstand in nutzlose Wärme umgewandelt. Besser ist es, die weiße LED nur mit einer Batteriespannung von 4,5 V zu betreiben. Der Vorwiderstand muss entsprechend angepasst werden. Wegen der kleineren Batteriespannung kann gefahrlos ein Widerstand mit 100 Ω (braun, schwarz, braun) eingesetzt werden.

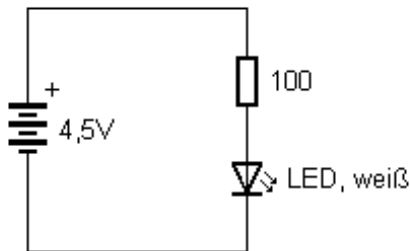


Abb. 2.11 LED-Lampe mit 4,5-V-Batterie

Durch die LED fließt in der Schaltung ein Strom von ca. 10 mA, also weniger als erlaubt ist. Trotzdem hat man mit dieser Dimensionierung schon eine brauchbare LED-Lampe. Das Licht reicht problemlos zum Lesen. Der geringe Strom hat sogar noch einen Vorteil, nämlich eine besonders lange Lebensdauer der Batterie. Auch eine einfache Zink-Kohle-Flachbatterie mit 4,5 V hat schon eine Kapazität von ca. 4000 mAh. Die Batterie hält also ca. 400 Stunden. Es kann sogar noch etwas mehr sein, weil die Batterie gegen Ende zwar weniger Strom liefert, aber die Lampe immer noch genügend Licht liefert.

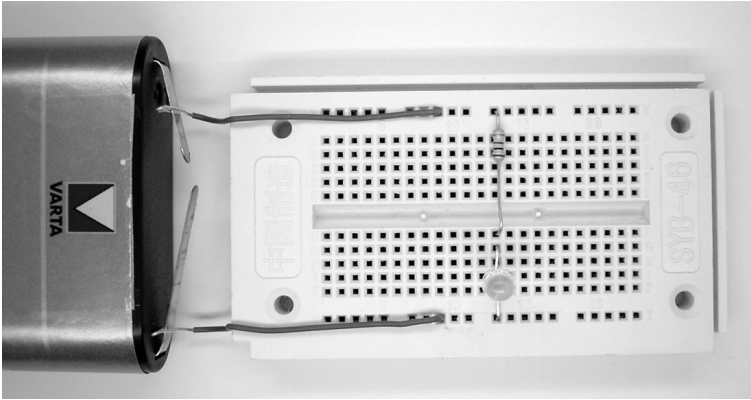


Abb. 2.12 Weiße LED an einer Flachbatterie

Alternativ zu einer Flachbatterie können Sie auch drei Mignon- oder Mikrozellen einsetzen. Mit einem zusätzlichen Schalter ausgerüstet kann eine solche Lampe Jahre lang Ihren Dienst verrichten. Allerdings sollte man dann Alkalizellen einsetzen, die eine geringe Selbstentladung besitzen und auch nach zehn Jahren noch auslaufsicher sind.

Wo steht eigentlich geschrieben, dass eine Taschenlampe immer gleich hell sein muss? Sie könnten ja auch zwei Helligkeitsstufen vorsehen, eine stromsparende für langen Betrieb und eine mit mehr Strom für große Helligkeit. Schalten Sie einfach bei Bedarf einen zweiten Widerstand mit ebenfalls $100\ \Omega$ parallel zum ersten. Der Strom wird dadurch etwa verdoppelt, die Helligkeit ebenfalls. Allerdings nimmt unser Auge eine doppelte Helligkeit weniger stark wahr, weil es sich an jede Helligkeit gewöhnt.

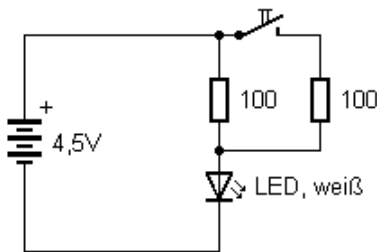


Abb. 2.13 Zwei Helligkeitsstufen

Verändern Sie die Schaltung und suchen Sie optimale Kombinationen von Widerständen. Sie können z.B. den ersten Widerstand erhöhen, um noch mehr Strom zu sparen. Der bei Bedarf zugeschaltete Vorwiderstand selbst kann dann im Extremfall aus zwei

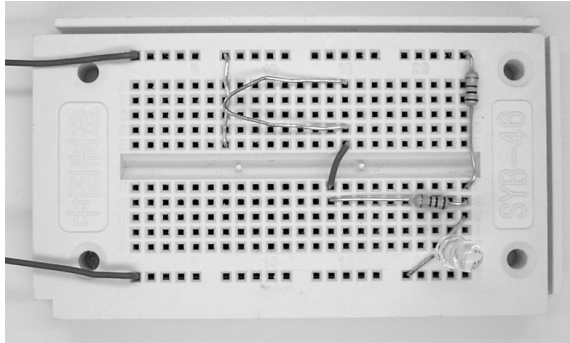


Abb. 2.14 Mehr Helligkeit per Tastschalter

parallelen 100- Ω -Widerständen bestehen. Abb. 2.15 zeigt eine mögliche Variante der LED-Lampe mit zwei Helligkeiten. Sie sollten aber noch weitere Kombinationen testen, um eine optimale Abstufung zu finden.

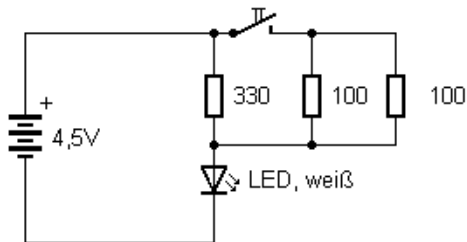


Abb. 2.15 Größerer Unterschied in der Helligkeit

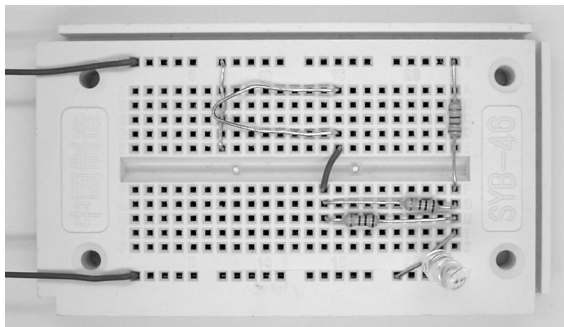


Abb. 2.16 Stromsparen oder große Helligkeit

Anhang

Bauteile im Lernpaket LEDs:

- 2 rote LEDs
- 2 gelbe LEDs
- 2 grüne LEDs
- 1 superhelle weiße LED
- 2 Widerstände 100 Ω
- 2 Widerstände 220 Ω
- 2 Widerstände 330 Ω
- 2 Widerstände 470 Ω
- 2 Widerstände 1000 Ω
- 1 m Schaltdraht
- 1 Steckplatine mit 270 Kontakten

Bezugsquellen:

Weitere Lieferfirmen für LEDs und andere elektronische Bauteile:

- www.leds.de
- www.conrad.de
- www.reichelt.de
- www.segor.de
- www.kessler-elektronik.de
- www.ak-modul-bus.de

Literatur:

Kainka, Häßler, Straub, Grundwissen Elektronik, Franzis-Verlag 2004

B. Kainka, Einstieg in die Elektronik, Franzis-Verlag

B. Kainka, Lernpaket Elektronik, Franzis-Verlag

www.franzis.de/elo-das-magazin



Die Franzis Akademie

100% Know-how vom ältesten Technikverlag Deutschlands für die Aus- und Weiterbildung in allen Bereichen der Elektronik und Elektrotechnik. Die Franzis Akademie informiert über neueste Entwicklungen, Trends und Techniken. Die Anmeldung erfolgt kostenlos über: **www.elo-web.de**

Das Franzis Know-how-Zertifikat

Experimentieren, lernen, weiterbilden! Testen Sie Ihr erworbenes Wissen in kleinen spezifischen Tests und erwerben Sie Ihr persönliches Franzis Zertifikat unter: **www.elo-web.de/zertifikat**



Schnell und einfach zum Ziel!

Sie beantworten bis zu fünf Fragen in einem Onlinetest. Die Fragen können Sie leicht und schnell beantworten, wenn Sie die Experimente in diesem Lernpaket erfolgreich durchgeführt haben.

Mit diesem offiziellen und unvergleichbaren Zertifikat der Franzis Akademie weisen Sie Ihr Wissen in diesem „Spezialgebiet“ nach. Sie erhöhen damit Ihre Chance im Job. Dieses einmalige Zertifikat können Sie Ihrer Bewerbung nach dem Studium, im Beruf oder auf einen Ausbildungsplatz beifügen.

Erwerben Sie das persönliche Zertifikat kostenlos unter **www.elo-web.de/zertifikat**. Sie erhalten das Zertifikat nach dem erfolgreichen Bestehen des Onlinetests per E-Mail von der Franzis Akademie zugeschickt.