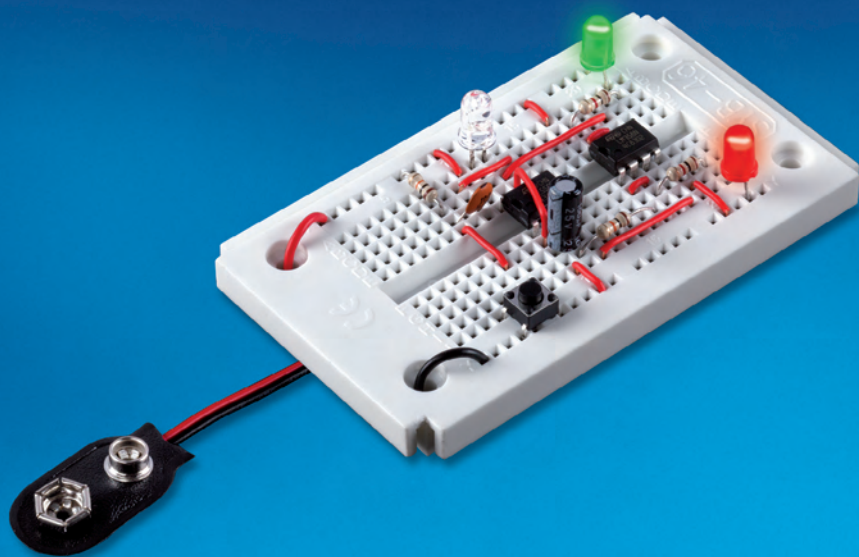


Das Franzis Lernpaket

Elektronik



FRANZIS

Elektronik

Das Franzis Handbuch

Elektronik

FRANZIS

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch vorgestellten Schaltungen und Programme wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und in der Software nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen. Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.

Achtung! Augenschutz und LEDs:

Blicken Sie nicht aus geringer Entfernung direkt in eine LED, denn ein direkter Blick kann Netzhautschäden verursachen! Dies gilt besonders für helle LEDs im klaren Gehäuse sowie in besonderem Maße für Power-LEDs. Bei weißen, blauen, violetten und ultravioletten LEDs gibt die scheinbare Helligkeit einen falschen Eindruck von der tatsächlichen Gefahr für Ihre Augen. Besondere Vorsicht ist bei der Verwendung von Sammellinsen geboten. Betreiben Sie die LEDs so wie in der Anleitung vorgesehen, nicht aber mit größeren Strömen.

Liebe Kunden!

Dieses Produkt wurde in Übereinstimmung mit den geltenden europäischen Richtlinien hergestellt und trägt daher das CE-Zeichen. Der bestimmungsgemäße Gebrauch ist in der beiliegenden Anleitung beschrieben.



Bei jeder anderen Nutzung oder Veränderung des Produktes sind allein Sie für die Einhaltung der geltenden Regeln verantwortlich. Bauen Sie die Schaltungen deshalb genau so auf, wie es in der Anleitung beschrieben wird. Das Produkt darf nur zusammen mit dieser Anleitung weitergegeben werden.

Das Symbol der durchkreuzten Mülltonne bedeutet, dass dieses Produkt getrennt vom Hausmüll als Elektroschrott dem Recycling zugeführt werden muss. Wo Sie die nächstgelegene kostenlose Annahmestelle finden, sagt Ihnen Ihre kommunale Verwaltung.



WEEE-REG.-NR.:
DE 21445697

Autor: Burkhard Kainka

© 2019 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2, 85540 Haar

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Versuche mit LEDs	17
2.1	Gebremster Strom	17
2.2	Farbwechsel	19
2.3	Strom gesperrt	20
2.4	Alles parallel	21
2.5	Die Kurven einer LED	22
2.6	Alle in einer Reihe	24
3	Kondensatoren	27
3.1	Energiespeicher	27
3.2	Lange und kurze Zeiten	29
3.3	Die Richtung wechseln	30
4	Transistor-Grundsaltungen	33
4.1	Mehr Strom!	33
4.2	Anders gepolt.....	36
4.3	Elektronische Einbahnstraßen	37
4.4	Umgekehrt	39
4.5	Licht für eine Minute	40
4.6	Wenn es dämmt	42
4.7	Stromverstärkung hoch zwei	43
4.8	Ein ungleiches Paar	45
4.9	Die LED lernt sehen	48
4.10	Konstante Helligkeit.....	49
4.11	Gespiegelter Strom	51
5	NF-Verstärker.....	55
5.1	Knacken aus dem Lautsprecher	55
5.2	Verstärkte Töne	57
5.3	Zwei Stufen lauter	59
5.4	Radioklänge	62
5.5	Emitter folgt Basis	64
5.6	Im Gegentakt.....	65

6	Kippschaltungen.....	67
6.1	Flip und Flop.....	67
6.2	Zünden und löschen.....	68
6.3	Getriggerte Helligkeit.....	71
6.4	Zurückgekoppelt.....	72
7	Blinkerschaltungen und Oszillatoren.....	75
7.1	Streng im Wechsel.....	75
7.2	An und Aus.....	76
7.3	Je heller desto höher.....	79
7.4	Spannung steuert Töne.....	81
7.5	Sägezähne.....	82
8	Operationsverstärker.....	85
8.1	Den kleinen Unterschied verstärken.....	85
8.2	Operation Vergleich.....	87
8.3	Verstärkung Eins.....	88
8.4	Spannung mal zwei.....	89
8.5	Verstärkte Töne.....	90
8.6	Dreieck und Rechteck.....	93
9	Der Timer NE555.....	97
9.1	Töne erzeugen.....	97
9.2	Präzise getaktet.....	100
9.3	Schwelle erreicht.....	101
9.4	Schneller Puls.....	102
9.5	Lügendetektor.....	104
10	Spezialanwendungen.....	107
10.1	Gepumpte Ladung.....	107
10.2	Kurzwellenklänge.....	108
10.3	Meeresrauschen.....	110
10.4	Weicher Blinker.....	111
A	Anhang.....	115

1 Einleitung

Dieses Lernpaket wurde zusammengestellt, um Ihnen die wichtigsten Grundlagen der Elektronik vorzustellen. Was nutzt alle graue Theorie ohne die Praxis! Deshalb wurde ein Experimentierpaket mit den wichtigsten Bauteilen gepackt. Schnell werden Sie den Überblick gewinnen und über die vorgestellten Schaltungen hinaus eigene Ideen entwickeln und erproben. Zur Durchführung der Experimente benötigen Sie eine 9-V-Blockbatterie, die aus Gründen der unbestimmten Lagerungszeit nicht im Lernpaket enthalten ist.

Das Steckfeld

Alle Versuche werden auf der beiliegenden Labor-Experimentierplatine aufgebaut. Das Steckfeld mit insgesamt 270 Kontakten im 2,54-mm-Raster sorgt für sichere Verbindungen der integrierten Schaltungen (ICs) und der Einzelbauteile.

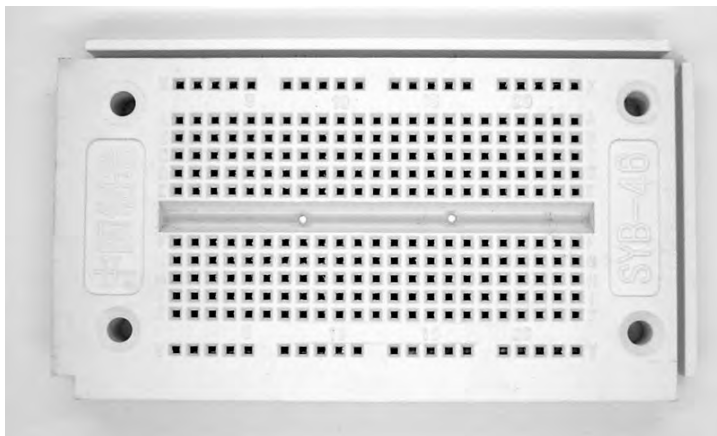


Abb. 1.1: Das Experimentierfeld

Das Steckfeld hat im mittleren Bereich 230 Kontakte, die jeweils durch vertikale Streifen mit 5 Kontakten leitend verbunden sind. Zusätzlich gibt es am Rand 40 Kontakte für die Stromversorgung, die aus zwei horizontalen Kontaktfederstreifen mit 20 Kontakten bestehen. Das Steckfeld verfügt damit über zwei unabhängige Versorgungsschienen. Abb. 1.2 zeigt alle internen Verbindungen. Man erkennt die kurzen Kontaktreihen im Mittelfeld und die langen Versorgungsschienen am Rand.

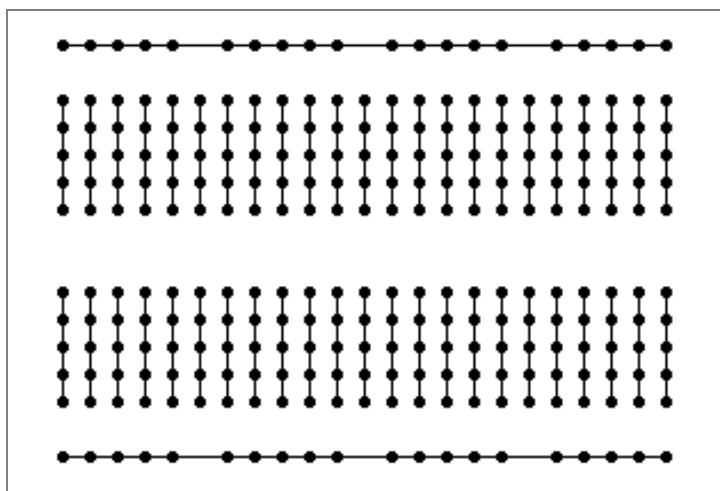


Abb. 1.2: Die internen Kontaktreihen

Das Einsetzen von Bauteilen benötigt relativ viel Kraft. Die Anschlussdrähte knicken daher leicht um. Wichtig ist, dass die Drähte exakt von oben eingeführt werden. Dabei hilft eine Pinzette oder eine kleine Zange. Ein Draht wird möglichst kurz über dem Steckbrett gepackt und senkrecht nach unten gedrückt. So lassen sich auch empfindliche Anschlussdrähte wie die verzinnenden Enden des Batterieclips und des Piezo-Schallwandlers ohne Knicken einsetzen.

Für die Versuche benötigen Sie kurze und längere Drahtstücke, die Sie passend von dem beiliegenden Schaltdraht abschneiden müssen. Zum Abisolieren der Drahtenden hat es sich als praktisch erwiesen, die Isolierung mit einem scharfen Messer rundherum einzuschneiden.

Die folgende Übersicht zeigt Ihnen alle vorhandenen Bauteile mit ihren Schaltsymbolen, wie sie in den Schaltplänen verwendet werden. Statt einer Batterie könnte z. B. auch ein Labornetzteil verwendet werden.

Die Batterie

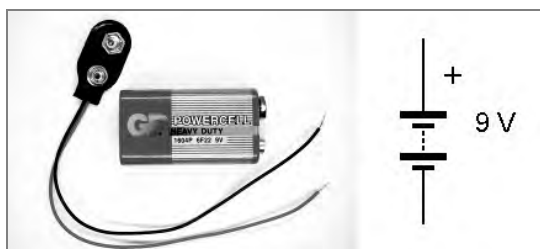


Abb. 1.3: Die Batterie und der Batterieclip

Verwenden Sie keine Alkali-Batterie und keinen Akku, sondern nur einfache Zink-Kohle-Batterien. Zwar weist die Alkali-Batterie eine größere Lebensdauer auf, sie liefert jedoch im Fehlerfall, z. B. bei einem Kurzschluss, ebenso wie ein Akku sehr große Ströme bis über 5 A, die dünne Drähte oder die Batterie selbst stark erhitzen können. Der Kurzschlussstrom einer Zink-Kohle-Blockbatterie ist dagegen meist kleiner als 1 A. Damit können zwar bereits empfindliche Bauteile zerstört werden, eine Verbrennungsgefahr besteht aber nicht.

Der beiliegende Batterieclip besitzt ein Anschlusskabel mit biegsamer Litze. Die Kabelenden sind abisoliert und verzinnt. Sie sind damit steif genug, um sie in die Kontakte des Steckbretts einzuführen. Allerdings können sie durch häufiges Stecken ihre Form verlieren und aufspießen. Es wird daher empfohlen, die Batterieanschlüsse immer angeschlossen zu lassen und nur den Clip von der Batterie abziehen.

Leuchtdioden

Das Lernpaket enthält eine rote und eine grüne LED. Hier muss grundsätzlich die Polung beachtet werden. Der Minus-Anschluss heißt Kathode und liegt am kürzeren Anschlussdraht. Der Plus-Anschluss ist die Anode. Im Inneren der LED erkennt man einen kelchartigen Halter für den LED-Kristall, der an der Kathode liegt. Der Anodenanschluss ist mit einem extrem dünnen Drähtchen mit einem Kontakt auf der Oberseite des Kristalls verbunden. Achtung, anders als Glühlämpchen dürfen LEDs niemals direkt mit einer Batterie verbunden werden. Es ist immer ein Vorwiderstand nötig.



Abb. 1.4: Die Leuchtdiode

Widerstände

Die Widerstände im Lernpaket sind Kohleschichtwiderstände mit Toleranzen von $\pm 5\%$. Das Widerstandsmaterial ist auf einen Keramikstab aufgebracht und mit einer Schutzschicht überzogen. Die Beschriftung erfolgt in Form von Farbringen. Neben dem Widerstandswert ist auch die Genauigkeitsklasse angegeben.

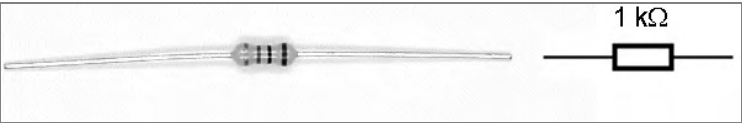


Abb. 1.5: Ein Widerstand

Widerstände mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ gibt es in den Werten der E24-Reihe, wobei jede Dekade 24 Werte mit etwa gleichmäßigem Abstand zum Nachbarwert enthält.

Tabelle 1.1: Widerstandswerte nach der Normreihe E24

1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1
5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

Der Farbcode wird ausgehend von dem Ring gelesen, der näher am Rand des Widerstands liegt. Die ersten beiden Ringe stehen für zwei Ziffern, der dritte für einen Multiplikator des Widerstandswerts in Ohm. Ein vierter Ring gibt die Toleranz an.

Tabelle 1.2: Der Widerstands-Farbcode

Farbe	Ring 1 1. Ziffer	Ring 2 2. Ziffer	Ring 3 Multiplikator	Ring 4 Toleranz
schwarz		0	1	
braun	1	1	10	1%
rot	2	2	100	2%
orange	3	3	1000	
gelb	4	4	10000	
grün	5	5	100000	0,5%
blau	6	6	1000000	
violett	7	7	10000000	
grau	8	8		
weiß	9	9		
Gold			0,1	5%
Silber			0,01	10%

Ein Widerstand mit den Farbringen Gelb, Violett, Braun und Gold hat den Wert 470 Ohm bei einer Toleranz von 5%. Im Lernpaket befinden sich jeweils zwei Widerstände der folgenden Werte:

470 Ω	Gelb, Violett, Braun
1 k Ω	Braun, Schwarz, Rot
10 k Ω	Braun, Schwarz, Orange
100 k Ω	Braun, Schwarz, Gelb
1 M Ω	Braun, Schwarz, Grün

Kondensatoren

Ein Kondensator besteht aus zwei Metallflächen und einer Isolierschicht. Legt man eine elektrische Spannung an, bildet sich zwischen den Kondensatorplatten ein elektrisches Kraftfeld, in dem Energie gespeichert ist. Ein Kondensator mit großer Plattenfläche und kleinem Plattenabstand hat eine große Kapazität, speichert also bei einer gegebenen Spannung viel Ladung. Die Kapazität eines Kondensators wird in Farad (F) gemessen. Die hier verwendeten Kondensatoren haben Kapazitäten zwischen 10 nF (0,00000001 F) und 100 μ F (0,0001 F).

Das Isoliermaterial (Dielektrikum) vergrößert die Kapazität gegenüber Luftisolation. Die keramischen Scheibenkondensatoren verwenden ein spezielles Keramikmaterial, mit dem man große Kapazitäten bei kleiner Bauform erreicht. Das Lernpaket enthält je einen keramischen Scheibenkondensator mit 10 nF (Beschriftung 103, 10000 pF) und mit 100 nF (Beschriftung 104, 100000 pF).

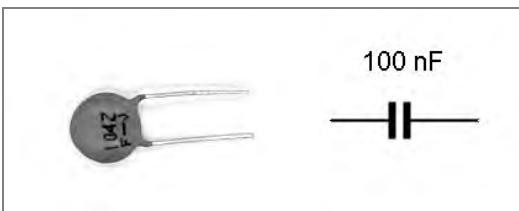


Abb. 1.6: Ein keramischer Kondensator

Größere Kapazitäten erreicht man mit Elektrolytkondensatoren (Elkos). Das Dielektrikum besteht hier aus einer sehr dünnen Schicht Aluminiumoxid. Der Elko enthält einen flüssigen Elektrolyten und aufgewickelte Aluminiumfolien mit großer Oberfläche. Die Spannung darf nur in einer Richtung angelegt werden. In der falschen Richtung fließt ein Leckstrom und baut die Isolationsschicht allmählich ab, was zur Zerstörung des Bauteils führt. Der Minuspol ist durch einen weißen Streifen gekennzeichnet und hat einen kürzeren Anschlussdraht. Das Lernpaket enthält zwei Elkos mit 100 μ F und einen mit 22 μ F.

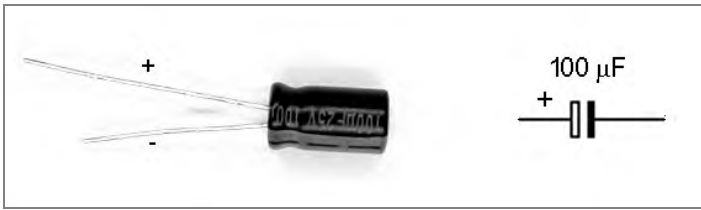


Abb. 1.7: Der Elektrolytkondensator

Transistoren

Transistoren sind Bauelemente zur Verstärkung kleiner Ströme. Die verwendeten bipolaren Transistoren unterscheiden sich in der Polarität. Das Lernpaket enthält drei NPN-Transistoren BC547 und einen PNP-Transistor BC557.

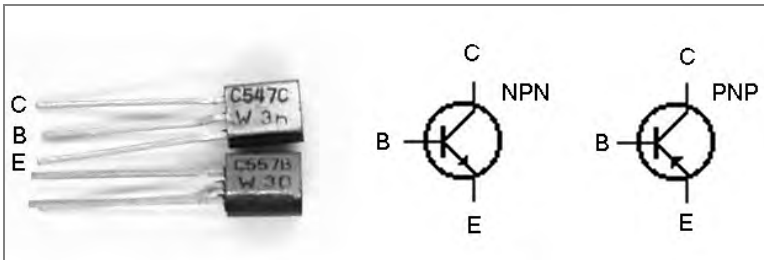


Abb. 1.8: Transistoren

Die Anschlüsse des Transistors heißen Emmitter (E), Basis (B) und Kollektor (C). Bei beiden Transistoren liegt der Basisanschluss in der Mitte. Der Emmitter liegt rechts, wenn Sie auf die Beschriftung schauen und die Anschlüsse nach unten zeigen.

Die Si-Dioden

Eine Diode ist ein elektrisches Ventil und lässt Strom nur in einer Richtung hindurch. Man unterscheidet Dioden nach ihrem Ausgangsmaterial Germanium (Ge) oder Silizium (Si). Die Dioden im Lernpaket sind Si-Dioden vom Typ 1N4148. Es handelt sich um Universaldioden für Ströme bis 100 mA. Beim Einbau muss grundsätzlich die Richtung beachtet werden. Die Kathode ist mit einem schwarzen Ring gekennzeichnet.

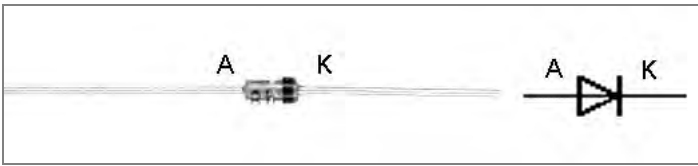


Abb. 1.9: Die Diode 1N4148

Der Fototransistor

Der Fototransistor ist ein Lichtsensor, mit dem prinzipiellen Aufbau eines Siliziumtransistors. Die Basis-Kollektor-Diode dient als großflächige Fotodiode, deren Strom durch den Transistor verstärkt wird. Der Kollektorstrom ist von der Helligkeit abhängig und kann bei sehr hellem Licht bis 20 mA erreichen.

Der Basisanschluss ist von außen nicht zugänglich, sodass das Bauteil mit zwei Anschlüssen auskommt und in ein klares LED-Gehäuse eingebaut wird. Der Kollektor ist der Pluspol und liegt am kurzen Anschluss, der Emmitter liegt am langen Anschluss und dient als Minuspol. Der Fototransistor wird daher scheinbar anders herum eingebaut als eine LED. Der Kollektoranschluss ist der größere Halter im Inneren des Gehäuses.



Abb. 1.10: Der Fototransistor

Der Tastschalter

Der Tastschalter im Lernpaket besitzt einen Schließerkontakt mit zwei Anschlüssen, die doppelt herausgeführt sind.

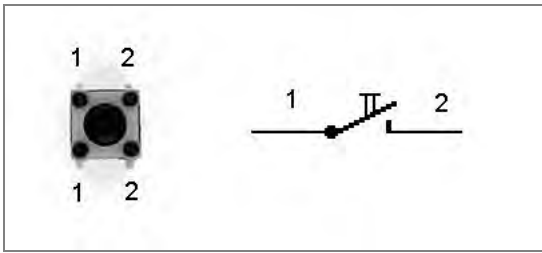


Abb. 1.11: Der Tastschalter

Der Piezo-Schallwandler

Der Schallwandler dient als einfacher Lautsprecher und als Mikrofon oder Schwingungssensor. Der Aufbau ähnelt dem eines keramischen Scheibenkondensators, wobei allerdings das Dielektrikum zusätzlich elektrisch vorgespannt ist. Dadurch entsteht eine Kopplung zwischen mechanischer Spannung und elektrischer Spannung. Der piezoelektrische Effekt tritt in ähnlicher Weise auch bei natürlichen Quarzkristallen auf.



Abb. 1.12: Der Schallwandler

Die integrierten Schaltkreise

Das Lernpaket enthält zwei integrierte Schaltungen (Integrated Circuits, ICs) im achtpoligen DIP-Gehäuse. Der LM358 ist ein zweifacher Operationsverstärker. Der NE555 ist ein Präzisions-Timerbaustein. Beim Einsetzen der ICs muss die korrekte Richtung beachtet werden. Der Pin1 ist jeweils durch einen Punkt markiert.

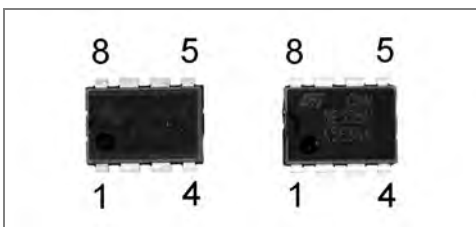


Abb. 1.13: Die beiden ICs

Abb. 1.13 zeigt beide ICs mit ihrer Pin-Nummerierung. Achten Sie beim Einsetzen der ICs auf die Beschriftung. Vermeiden Sie eine Verpolung, die zur Zerstörung des Bauteils führen könnte.

Vor dem ersten Einsatz der ICs müssen die Anschlussbeinchen sorgfältig parallel ausgerichtet werden. Durch den Herstellungsprozess sind sie etwas gespreizt und können daher beim Einsetzen in das Steckbrett leicht umbiegen. Wenn beide Anschlussreihen parallel stehen, lassen sie sich leicht aufstecken. Wenn sie wieder aus dem Steckbrett entfernt werden sollen, müssen sie z. B. mit einem feinen Schraubendreher vorsichtig ausgehebelt werden, um die Anschlüsse nicht zu verbiegen.

2 Versuche mit LEDs

Während in Glühlampen ein heißer Metalldraht Licht aussendet, bleiben Leuchtdioden (LEDs) im normalen Betrieb kalt. Die Lichterzeugung beruht hier auf komplexen Vorgängen in Halbleiter-Sperrschichten. Die elektrischen Eigenschaften einer LED unterscheiden sich daher grundlegend von denen einer Glühlampe. Entsprechend muss auch die Schaltungstechnik angepasst werden. Während man eine Glühlampe einfach an eine passende Spannungsquelle legen kann, muss bei einer LED die Polung beachtet werden. Außerdem muss immer ein Vorwiderstand eingesetzt werden, um eine Überlastung zu verhindern.

Dieses Kapitel vermittelt zugleich einige Grundlagen im Umgang mit Widerständen. Jeder elektrische Verbraucher hat elektrischen Widerstand. Das Bauteil »Widerstand« besteht aus schwach leitfähigem Material und wird eingesetzt, um definierte Ströme in einer Schaltung zu erhalten.

2.1 Gebremster Strom

Eine LED darf niemals direkt an die Batterie angeschlossen werden, weil dann ein zu großer Strom fließen würde. Für eine Reduzierung der Stromstärke sorgt ein Widerstand. Die Grundsaltung einer LED-Lampe mit Vorwiderstand zeigt Abb. 2.1. Man erkennt einen geschlossenen Stromkreis. Strom fließt durch die Batterie, den Widerstand und die LED. Ohne den Widerstand geht es nicht, denn er schützt die LED vor einem zu hohen Strom.

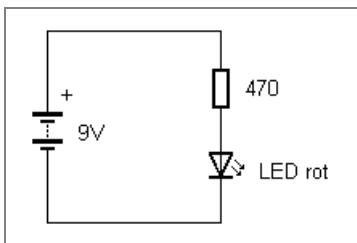


Abb. 2.1: Die Schaltung der LED-Lampe

Der Aufbau nach Abb. 2.2 ist sehr einfach und besteht nur aus dem Widerstand, der LED und dem Batterieclip.

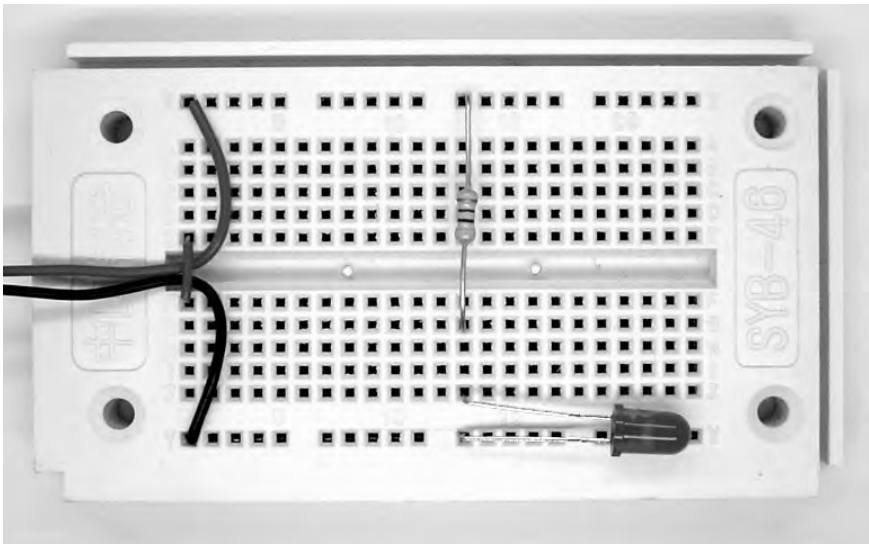


Abb. 2.2: Aufbau mit der roten LED

Beim Aufbau einer Schaltung werden grundsätzlich die horizontalen Versorgungsleitungen am Rand der Experimentierplatte mit der Batterie verbunden. Beim Einstecken ist die Polung der LED und der Batterie zu beachten. Der rote Anschlussdraht des Batterieclips ist der Pluspol. Ein zusätzlicher kurzer Draht wurde als Zugentlastung eingebaut, um die weichen Anschlussdrähte zu schonen. Der Batterieclip sollte immer verbunden bleiben, damit die Anschlüsse nicht übermäßig abnutzen.

Wenn alles korrekt verbunden wurde, leuchtet nun die rote LED. Falls nicht, überprüfen Sie bitte die Polung der LED und der Batterie. Die LED muss bei noch frischer Batterie hell leuchten. Aber auch eine weitgehend entladene Batterie liefert meist noch genügend Strom für ein sichtbares Leuchten.

Warum man unbedingt einen Vorwiderstand braucht, verdeutlicht eine Messung der Stromstärke und der Spannung an der LED. Bei einem Strom von 15 mA misst man an der LED eine Spannung von etwa 1,8 V. Der Widerstand bewirkt also einen Spannungsabfall von $9\text{ V} - 1,8\text{ V} = 7,2\text{ V}$. Nun kann man nach dem ohmschen Gesetz leicht ausrechnen, dass sich ein Strom von 15 mA einstellt.

$$I = U / R$$

$$I = 7,2\text{ V} / 470\ \Omega$$

$$I = 0,0153\text{ A} = 15,3\text{ mA}$$

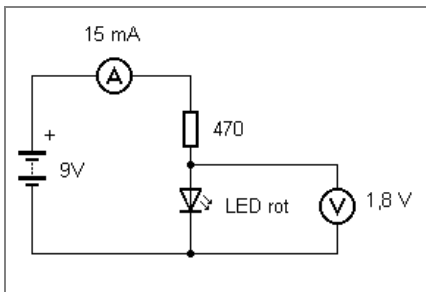


Abb. 2.3: Messungen in der Schaltung

Der Vorwiderstand sorgt also für einen Spannungsabfall und lässt nur einen Strom von etwa 15 mA fließen. Der maximal erlaubte Strom durch die LED ist 20 mA. Bei einem direkten Anschluss ohne Widerstand würde ein zu großer Strom fließen und die LED zerstören.

Das Schaltbild zeigt, wie die Messgeräte angeschlossen werden. Das Amperemeter liegt immer in Reihe zum Verbraucher, so dass der Strom durch das Messgerät fließt. Das Voltmeter liegt parallel zum Messobjekt und zeigt die Spannung zwischen seinen Anschlussklemmen.

2.2 Farbwechsel

Wechseln Sie nun die rote LED gegen die grüne aus. An der grünen LED findet man eine geringfügig höhere Spannung von 2,2 V. Daher ist der Spannungsabfall am Widerstand und damit die Stromstärke im Stromkreis etwas geringer. Im praktischen Versuch zeigt die grüne LED dennoch etwa die gleiche Helligkeit wie die rote LED.

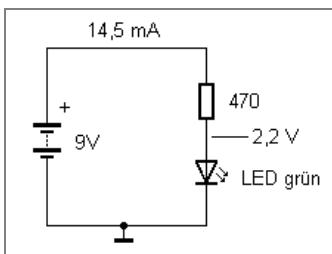


Abb. 2.4: Die grüne LED im Stromkreis

Das Schaltbild in Abb. 2.4 zeigt eine etwas andere Art, Messwerte darzustellen. Die Spannung ist an der Verbindung zwischen LED und Widerstand eingetragen und bezieht sich auf eine Messung gegenüber dem Minuspol der Batterie. Dieser gemeinsame Bezugspunkt ist durch das Massezeichen dargestellt. Bei einer realen Messung muss also der negative Anschluss des Voltmeters an Masse liegen.

Den jeweils passenden Vorwiderstand kann man leicht berechnen, wie hier an einem Beispiel gezeigt werden soll. Gegeben sei eine Batteriespannung von 6 V. Für eine LED findet man im Datenblatt des Herstellers z. B. eine Durchlassspannung von 2,0 V bei einem Strom von 20 mA. Daraus ergibt sich ein geforderter Spannungsabfall von 4 V am Vorwiderstand ($6\text{ V} - 2\text{ V} = 4\text{ V}$). Der richtige Widerstand lässt sich nun nach dem ohmschen Gesetz bestimmen:

$$R = U / I$$

$$R = 4\text{ V} / 0,02\text{ A}$$

$$R = 200\ \Omega$$

In vielen Fällen ist ein genau berechneter Widerstandswert nicht erhältlich. Dann sollte man den nächst höheren Wert wählen, was keine sichtbare Einbuße an Helligkeit mit sich bringt. Oft verwendet man bewusst einen geringeren als den maximal erlaubten Strom. Experimentieren Sie auch einmal mit größeren Widerständen und geringerer Stromstärke.

2.3 Strom gesperrt

Setzen Sie eine LED falsch herum in den Stromkreis ein. Es fließt kein Strom, die LED leuchtet nicht. Der Spannungsabfall am Reihenwiderstand ist Null. Die gesamte Batteriespannung liegt daher an der LED. In der Praxis sollte man die höchste zulässige Sperrspannung nicht überschreiten. Oft wird eine Grenze von 5 V angegeben. Bei den verwendeten LEDs ist jedoch die Batteriespannung von 9 V noch problemlos möglich.

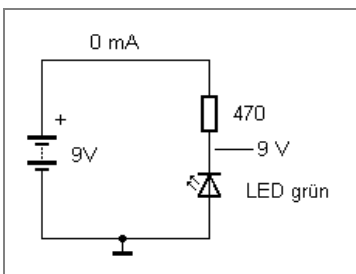


Abb. 2.5: Die invertierte LED

Der Versuch zeigt, dass die LED wie andere Dioden ein elektrisches Ventil darstellt. Sie leitet in Durchlassrichtung und isoliert in Sperrrichtung.

2.4 Alles parallel

Es wurde schon festgestellt, dass rote und grüne LEDs sich in ihren elektrischen Daten unterscheiden. Das Schaltbild in Abb. 2.6 zeigt, wie sich beide in einer Parallelschaltung verhalten. Der Gesamtstrom fließt nicht zu gleichen Teilen durch beide LEDs, sondern der größere Strom fließt durch die rote LED.

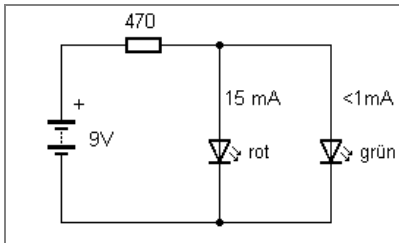


Abb. 2.6: Parallelschaltung unterschiedlicher LEDs

Der Versuch zeigt die ungleiche Stromverteilung deutlich, die grüne LED leuchtet kaum noch. Zieht man jedoch die rote LED heraus, leuchtet die grüne LED mit voller Helligkeit. Man kann diesen Effekt ausnutzen, um eine Art Umschalter mit einem einfachen Tastschalter zu realisieren, der in Reihe zur roten LED liegt.

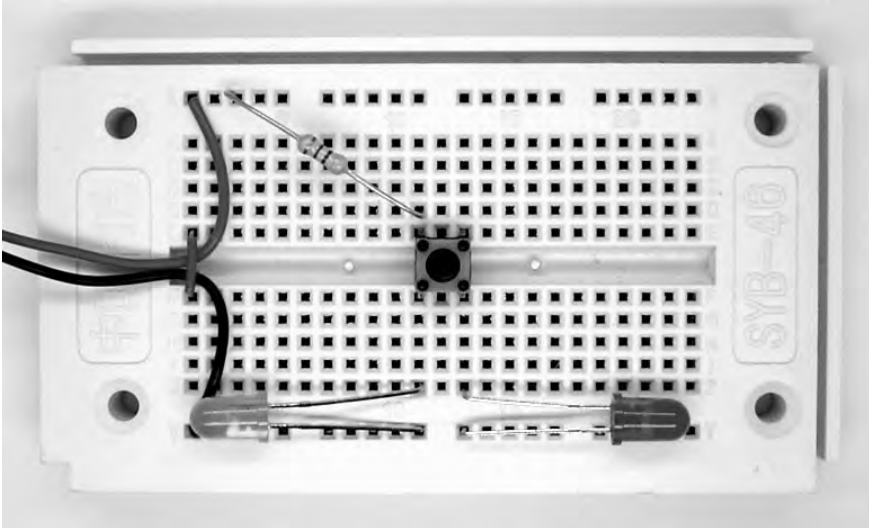


Abb. 2.7: Die Parallelschaltung mit einem zusätzlichen Tastschalter

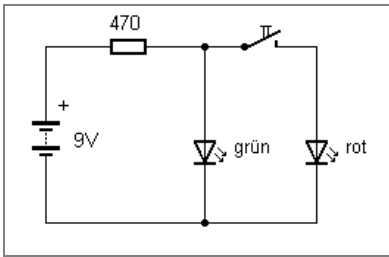


Abb. 2.8: Farbumschaltung

Die Parallelschaltung von LEDs ist übrigens auch bei gleichen Farben problematisch. Schon geringe Unterschiede in den elektrischen Kenndaten können zu ungleichen Strömen und damit zu unterschiedlicher Helligkeit führen.

2.5 Die Kurven einer LED

Als Kennlinie bezeichnet man ein Diagramm, das zwei Kenngrößen eines Bauteils in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit zeigt. In der Elektronik werden oft Strom-Spannungskennlinien verwendet, die z. B. das Verhalten einer Diode gut beschreiben. Man benötigt geeignete Wertepaare für Strom und Spannung, die dann im Diagramm eingetragen werden. Abb. 2.9 zeigt eine typische Schaltung zum Messen einer Kennlinie.

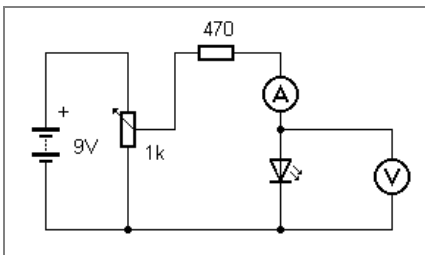


Abb. 2.9: Prinzip der Messung einer LED-Kennlinie

Abb. 2.10 zeigt die real gemessenen Kennlinien der im Lernpaket verwendeten LEDs. Unterhalb 1,5 V (rot) bzw. 1,75 V (grün) fließt kein messbarer Strom. Tatsächlich können sich die Kennlinien je nach Fabrikat stark unterscheiden. Einige superhelle LEDs sowie blaue und weiße LEDs weisen noch erheblich größere Durchlassspannungen auf.

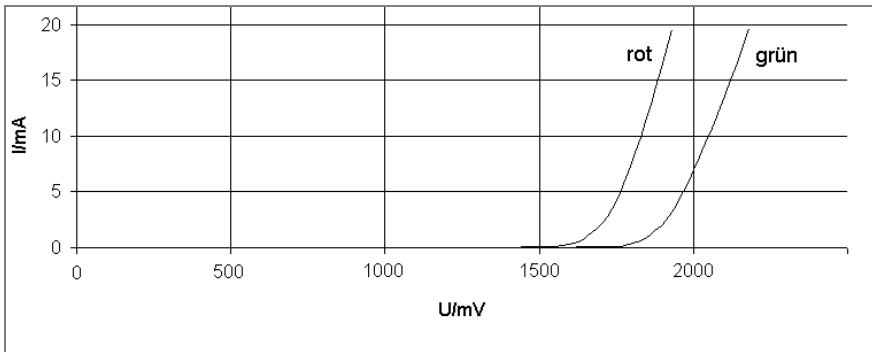


Abb. 2.10: Die Kennlinien der verwendeten LEDs

Falls Sie ein einstellbares Netzgerät und zwei geeignete Messgeräte zur Verfügung haben, können Sie die Kennlinien selbst aufnehmen. Der grundsätzliche Aufbau kann mit einem Fototransistor erprobt werden. Die Umgebungshelligkeit bestimmt den Strom und damit die Helligkeit der LED. Der Strom durch den Fototransistor ändert sich in weiten Grenzen 0 mA bei Dunkelheit und ca. 20 mA bei einer direkten Bestrahlung mit einer hellen Taschenlampe. Er kann also in vielen Versuchen statt eines einstellbaren Widerstands verwendet werden. Beachten Sie die Polung, der kurze Anschluss ist der Kollektor, der lange Anschluss ist der Emitter und damit der Minuspol.

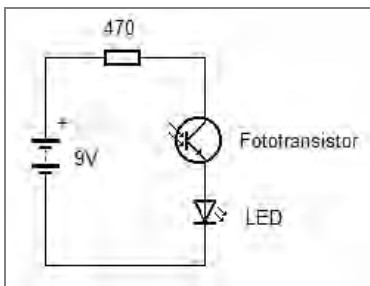


Abb. 2.11: Stromkreis mit Fototransistor

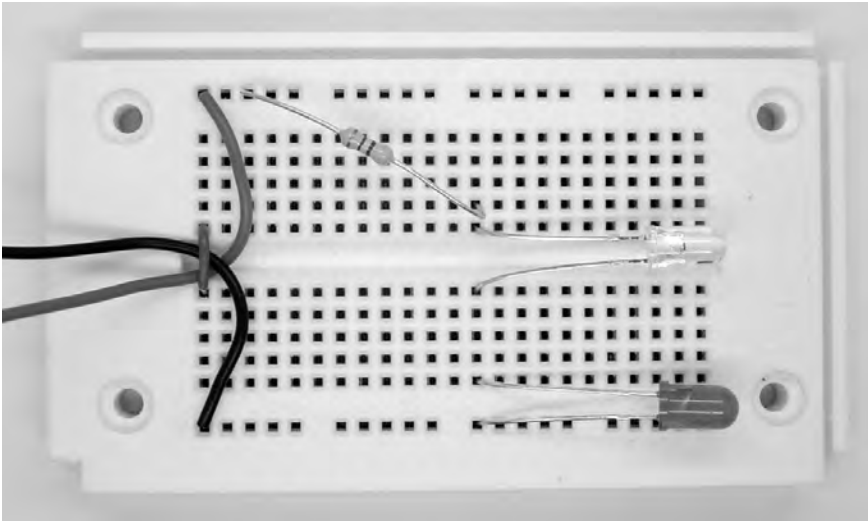


Abb. 2.12: Steuerung des LED-Stroms über den Fototransistor

2.6 Alle in einer Reihe

Oft ist es günstig, zwei oder mehr LEDs wie in Abb. 2.13 mit einem gemeinsamen Vorwiderstand in Reihe zu schalten. Da sich nun beide Diodenspannungen addieren, wird der Spannungsabfall am Vorwiderstand entsprechend kleiner. Um dennoch den erlaubten Strom von 20 mA zu erreichen, muss der Vorwiderstand verkleinert werden. Allerdings hat der kleinste Widerstand im Lernpaket 470 Ω . Hier wird deshalb durch Parallelschaltung von zwei gleichen Widerständen ein neuer Widerstand mit 235 Ω gebildet. Bei einer Batteriespannung von 9 V liegt eine Spannung von 5 V an den Widerständen. Daraus ergibt sich ein Strom von 21 mA.

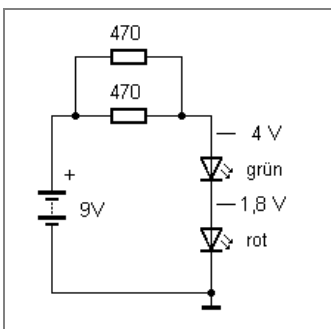


Abb. 2.13: Reihenschaltung von LEDs

Die Berechnung zeigt einen Strom, der den Grenzwert von 20 mA geringfügig überschreitet. Die Batterie hat jedoch meist eine geringere Spannung als 9 V. Man kann daher eine LED-Anwendung so dimensionieren, dass am Anfang der Batterielebensdauer eine geringe Überschreitung der Stromstärke vorliegt. Tatsächlich zerstört z. B. ein Strom von 30 mA die LED nicht unmittelbar, sondern führt nur zu einer geringfügig schnelleren Alterung und damit zu einer Abnahme der Helligkeit.

Mit dieser Schaltung erhalten Sie einen besseren Wirkungsgrad als mit nur einer LED. Bei etwa gleichem Strom ist die Gesamthelligkeit größer als mit nur einer LED.

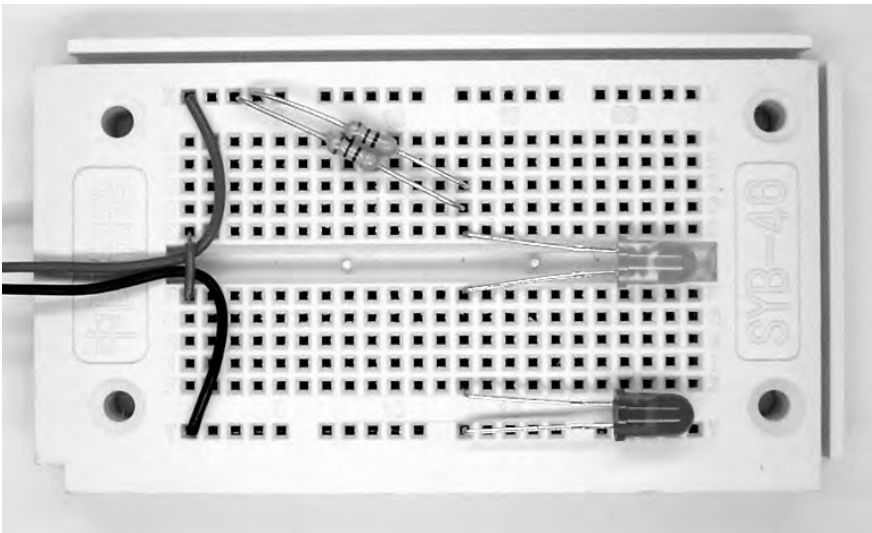


Abb. 2.14: Der Versuch zur Reihenschaltung

Die Reihenschaltung mehrerer LEDs führt zu einem besseren Gesamtwirkungsgrad, weil weniger Energie im Vorwiderstand verloren geht. In LED-Lampen sollte man also entsprechend der eingesetzten Batteriespannung so viele LEDs wie möglich in Reihe schalten und den Vorwiderstand so wählen, dass gerade der richtige Strom fließt. Bei roten und grünen LEDs kann man in erster Näherung 2 V Durchlassspannung ansetzen. Bei einer Batteriespannung von 12 V könnte man z. B. 5 LEDs in Reihe schalten und einen Spannungsabfall von 2 V am Vorwiderstand vorsehen. Je nach den verwendeten LEDs werden sich etwas andere Spannungen ergeben, die mit einem geänderten Vorwiderstand angepasst werden sollten. Bei Batterielampen sollte aber auch bedacht werden, wie die Helligkeit sich bei einer Abnahme der Spannung ändert. Wenn es auf eine gleichmäßige Helligkeit ankommt, sollte man weniger LEDs in Reihe schalten und eine größere Spannung am Vorwiderstand vorsehen. Weiße und blaue LEDs

haben übrigens eine Durchlassspannung von 3,5 V bis 4 V. Daher lassen sich bei einer Versorgungsspannung von z. B. 12 V nur zwei oder drei LEDs in Reihe schalten.

3 Kondensatoren

Jeder kennt die Folgen einer elektrischen Aufladung von einem Teppich oder Kunststoff-Bodenbelag. Ein Mensch kann sich auf eine Spannung von einigen tausend Volt aufladen. Bei einer Berührung mit einem leitenden Gegenstand kommt es dann zu einer schmerzhaften Entladung, die aber ungefährlich ist, weil eine relativ geringe Ladung gespeichert wurde, die nur für einen sehr kurzen Stromstoß reicht.

Kondensatoren speichern größere Ladungen schon bei geringen Spannungen. Ein Kondensator enthält zwei voneinander isolierte Metallfolien, auf denen sich elektrische Ladungen sammeln können. Die Folien haben nur einen geringen Abstand und verwenden als Isoliermaterial ein Dielektrikum, also einen Stoff, der das elektrische Feld verstärkt.

Die Kapazität eines Kondensators wird in Farad (F) gemessen. Übliche Kondensatoren haben z. B. einige Nanofarad ($\text{nF} = 0,000000001 \text{ F}$) oder Mikrofarad ($\mu\text{F} = 0,000001 \text{ F}$). Die Scheibenkondensatoren im Lernpaket verwenden einen keramischen Werkstoff. Sie vertragen hohe Spannungen bis 100 V, haben aber relativ geringe Kapazitäten von 10 nF und 100 nF. Eintausendfach größere Kapazitäten bei geringeren Spannungsgrenzen bieten Elektrolytkondensatoren. Sie enthalten eine leitende Flüssigkeit. Die eigentliche Isolierschicht besteht aus Aluminiumoxid an der Folienoberfläche. Elektrolytkondensatoren dürfen nur in einer Richtung an eine Spannung gelegt werden, da sich ihre Isolierschicht sonst zersetzt.

3.1 Energiespeicher

Das Prinzip der Ladung und Entladung eines Kondensators wird in Abb. 3.1 vorgestellt. Ein Umschalter legt den Kondensator abwechselnd an die Batterie und an den Verbraucher aus Vorwiderstand und LED. Ähnlich wie ein Akku nimmt der Kondensator jedesmal einen gewissen Energiebetrag auf und gibt ihn dann an den Verbraucher wieder ab. Der Vergleich hinkt allerdings in Bezug auf die Anschlussspannung. Ein guter Akku behält während der Entladungszeit relativ lange eine stabile Spannung. Ein Kondensator dagegen gibt nur Ladung ab, wenn sich gleichzeitig seine Spannung verringert.

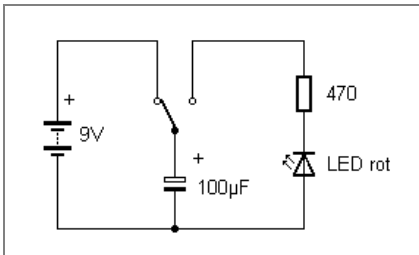


Abb. 3.1: Laden und Entladen eines Kondensators

Der Umschalter bewirkt je nach Stellung ein Aufladen oder eine Entladung des Kondensators. Der Tastschalter im Lernpaket ist kein Umschalter, sondern hat einen einzelnen Schließkontakt. Für den praktischen Aufbau muss daher der Umschalter durch eine Drahtbrücke ersetzt werden. Bei jeder Entladung des Kondensators sieht man einen deutlichen Lichtblitz an der LED.

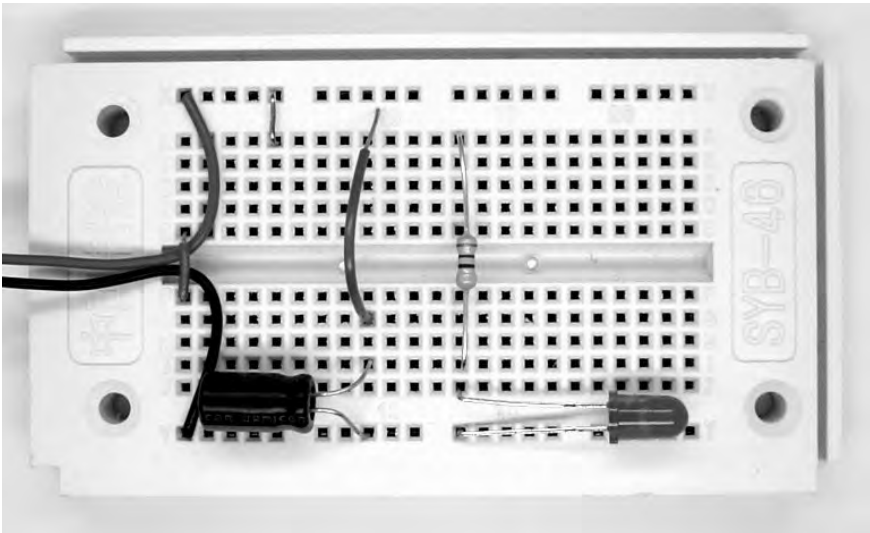


Abb. 3.2: Laden und Entladen über eine Drahtbrücke

Der Versuch erlaubt auch eine längere Pause zwischen dem Aufladen und Entladen des Elkos. Die Ladung bleibt einige Stunden lang erhalten. Ein Elko hat eine geringe Selbstentladung, die sich nach längerem Gebrauch im geladenen Zustand noch verringert.

3.2 Lange und kurze Zeiten

Die Schaltung in Abb. 3.3 hilft bei der Untersuchung der Vorgänge beim Entladen. Über den großen Widerstand von 100 k Ω lädt sich der Elko nur langsam auf.

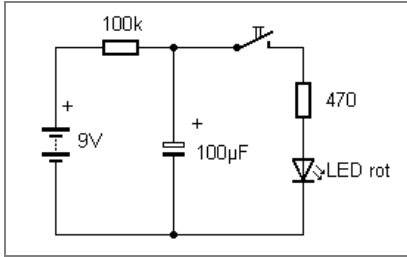


Abb. 3.3: Laden über einen großen Widerstand

Für die Entladung und das Aufladen eines Kondensators über einen ohmschen Widerstand kann man eine Zeitkonstante $T = R \cdot C$ berechnen. In dieser Zeit erreicht der Kondensator bei Aufladen 63 % der Endspannung.

$$T = R \cdot C$$

$$T = 100 \text{ k}\Omega \cdot 100 \text{ }\mu\text{F}$$

$$T = 10 \text{ s}$$

Die Zeitkonstante von 10 s bedeutet in diesem Fall, dass man immer etwa 10 Sekunden warten sollte, bevor man den Taster betätigt. Die gespeicherte Energie entlädt sich dann in einem LED-Lichtblitz. Drückt man in schnellerer Folge auf den Taster, sind die Blitze entsprechend schwächer, weil der Kondensator nur zu einem geringen Teil geladen wurde.

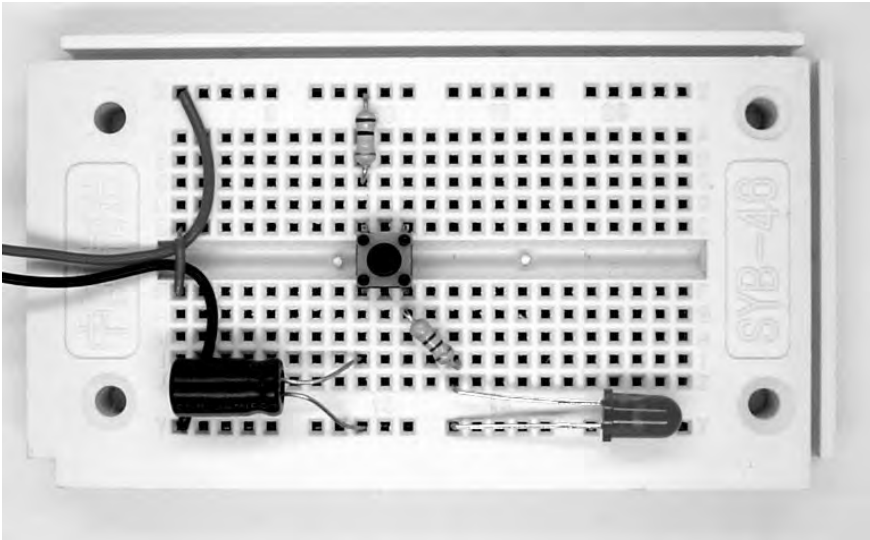


Abb. 3.4: Versuchsaufbau mit Entladetaster

3.3 Die Richtung wechseln

Beim Laden und Entladen ändert sich die Stromrichtung. Mit der Schaltung aus Abb. 3.5 kann daher ein Wechselstrom erzeugt werden. Ein zusätzlicher Widerstand erlaubt es, die Spannung über den Schalter kurzzuschließen. Bei geöffnetem Schalter lädt sich der Elko auf, bei geschlossenem Schalter entlädt er sich. Lade- und Entladestrom fließen über die beiden antiparallel geschalteten LEDs und den gemeinsamen Vorwiderstand. Betätigt man den Schalter, treten nacheinander positive und negative Spannungen am Verbraucher auf. Es entsteht also eine Wechselspannung.

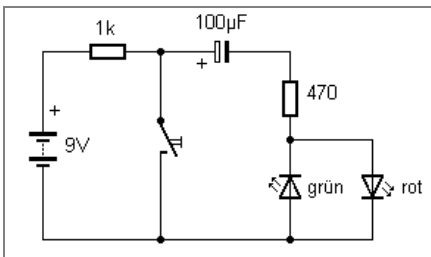


Abb. 3.5: Laden und Entladen über zwei LEDs

Im praktischen Versuch sieht man nun bei jedem Drücken und Loslassen des Schalters abwechselnd rote und grüne Lichtblitze. Die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom ist damit gelungen.

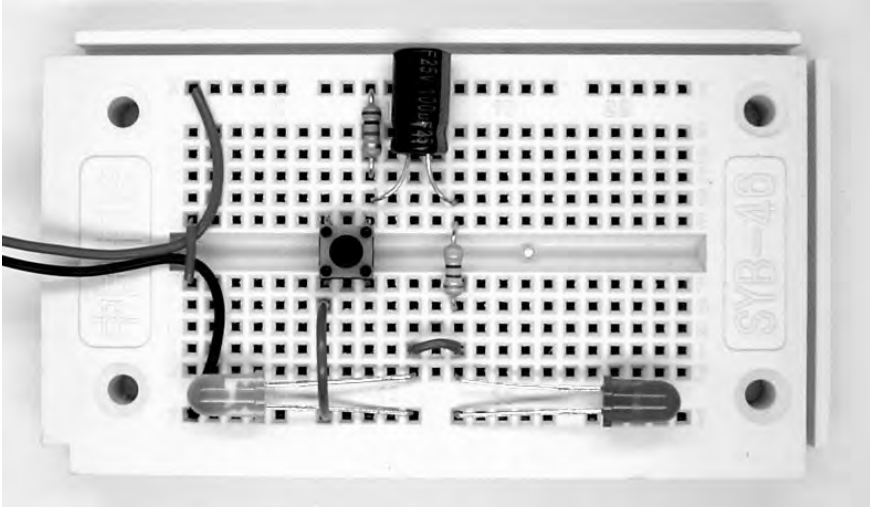


Abb. 3.6: Abwechselnde Lichtblitze

A Anhang

Material im Lernpaket

- 1 Laborsteckbrett mit 270 Kontakten
- 1 m Schalt draht
- 1 9-V-Batterieclip
- 1 Piezo-Schallwandler
- 1 Tastschalter
- 1 LED rot
- 1 LED grün
- 3 NPN-Transistoren BC547
- 1 PNP-Transistor BC557
- 2 Si-Dioden 1N4148
- 1 Doppel-OPV LM358N DIP
- 1 Timer NE555 DIP
- 1 Fototransistor
- 2 Widerstände $470\ \Omega$
- 2 Widerstände $1\ \text{k}\Omega$
- 2 Widerstände $10\ \text{k}\Omega$
- 2 Widerstände $100\ \text{k}\Omega$
- 2 Widerstände $1\ \text{M}\Omega$
- 2 Elkos $100\ \mu\text{F}$
- 1 Elko $22\ \mu\text{F}$
- 1 keramischer Kondensator $100\ \text{nF}$
- 1 keramischer Kondensator $10\ \text{nF}$

Lieferfirmen für elektronische Bauteile:

www.conrad.de

www.reichelt.de

Das Franzis Lernpaket

Elektronik

Steigen Sie ein in die Grundlagen der Elektronik und entwickeln Sie über die vorgestellten Schaltungen hinaus Ihre eigenen Anwendungen. Bauen Sie die Schaltungen auf dem beiliegenden Experimentierboard auf, testen Sie die Funktion und erproben Sie die Schaltungsvarianten.

Wissen zum Anfassen

Von einfachen Stromkreisen mit LEDs und Widerständen über Transistor-Grundsaltungen bis zur Anwendung komplexer integrierter Schaltkreise – es warten 50 spannende Experimente auf Sie. Das Lernpaket stellt analoge und digitale Schaltungen mit Einzelhalbleitern und mit ICs vor. Erarbeiten Sie die Grundlagen der Operationsverstärker ebenso wie die Anwendung von Sensoren.

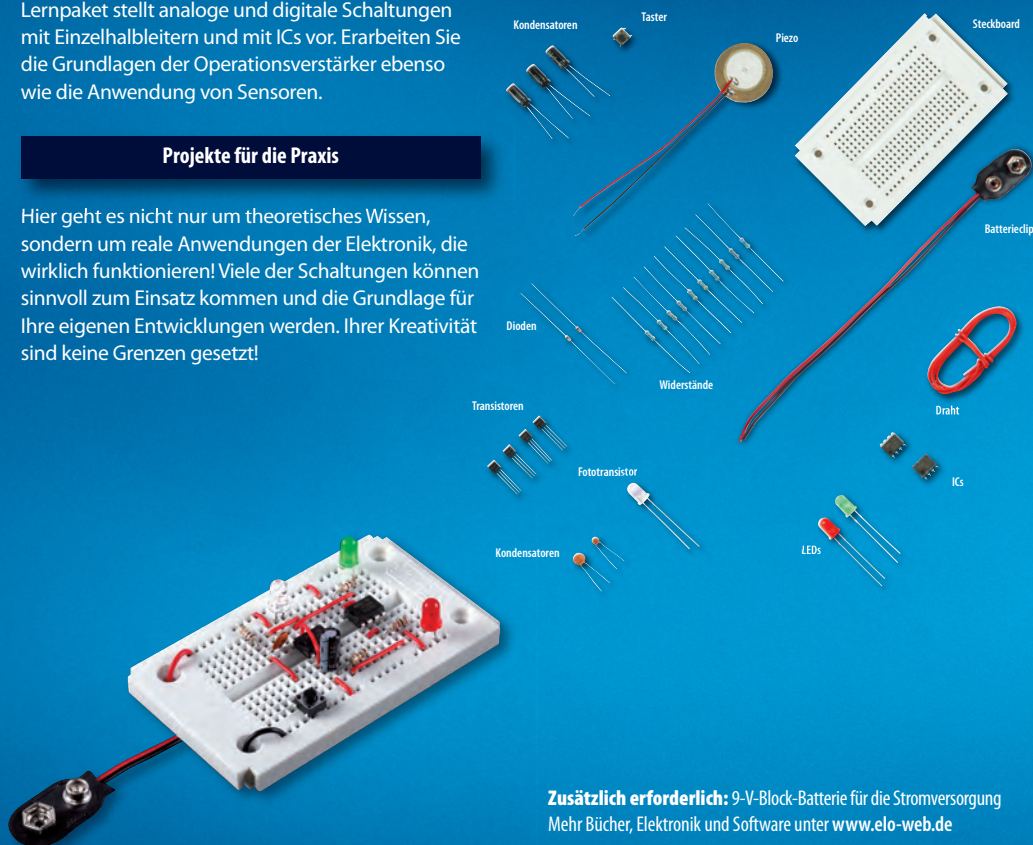
Projekte für die Praxis

Hier geht es nicht nur um theoretisches Wissen, sondern um reale Anwendungen der Elektronik, die wirklich funktionieren! Viele der Schaltungen können sinnvoll zum Einsatz kommen und die Grundlage für Ihre eigenen Entwicklungen werden. Ihrer Kreativität sind keine Grenzen gesetzt!

Das bauen Sie selbst:

- Schaltungen mit Leuchtdioden
- Elektronische Blinker
- Kippschaltungen und Zeitschalter
- NF-Verstärker mit OPVs
- Tongeneratoren und Signalgeber
- Näherungs- und Erschütterungssensoren
- Licht- und Schallsensoren
- Mittelwellen- und Kurzwellenradios

Die Bauteile im Überblick



Zusätzlich erforderlich: 9-V-Block-Batterie für die Stromversorgung
Mehr Bücher, Elektronik und Software unter www.elo-web.de