

Impressum

© 2018 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2,
85540 Haar bei München • www.elo-web.de

Autor: Burkhard Kainka

Idee/Konzeption: Michael Büge, Burkhard Kainka

Lektorat: Richard Korff Schmising

Art & Design Cover: www.ideehochzwei.de

Layout & Satz: Nelli Ferderer • nelli@ferderer.de

ISBN 978-3-645-15027-1

2018/01



Bildnachweis

Zeichnungen erstellt mit <http://fritzing.org/>

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

Die meisten Produktbezeichnungen 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.

Alle in diesem Buch vorgestellten Schaltungen wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch 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.

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 Produkts 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 der Anleitung und diesem Hinweis 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.



Sicherheitshinweise



für Eltern und Kinder

Achtung!

Nicht für Kinder unter 3 Jahren geeignet. Es besteht Erstickungsgefahr, da kleine Teile verschluckt oder eingeatmet werden können.

Achtung!

Ausschließlich für Kinder von mindestens 8 Jahren geeignet. Anweisungen für Eltern oder andere verantwortliche Personen sind beigefügt und müssen beachtet werden. Verpackung und Anleitung müssen aufbewahrt werden, da sie wichtige Informationen enthalten.

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.

Achtung!

Verletzungsgefahren! Beim Einsatz von Werkzeugen und bei der Bearbeitung von Holz, Metall und Kunststoff besteht Verletzungsgefahr. Beachten Sie das Alter und die Erfahrungen Ihres Kindes. Helfen Sie bei schwierigen oder gefährlichen Arbeitsschritten. Überprüfen Sie die Sicherheit der selbst gebauten Spielzeuge und achten Sie auf eine Verletzungsgefahr durch scharfe Kanten beim Spielen. Führen Sie bei Bedarf eine Nachbearbeitung durch, feilen Sie scharfe Kanten ab und entgraten Sie Bohrungen oder Schnittkanten.

Achtung!

Keine Experimente an Steckdosen durchführen! Die 230 Volt des Stromnetzes sind lebensgefährlich! Alle Experimente dieses Experimentierpakets dürfen nur mit der ungefährlichen Batteriespannung von 9 Volt durchgeführt werden. Dann besteht keine Gefahr bei Berührung elektrisch leitender Teile.

Weisen Sie Ihr Kind bitte ausdrücklich darauf hin, dass es alle Anweisungen und Sicherheitshinweise lesen und zum Nachschlagen bereithalten soll. Hinweise und Regeln beim Aufbau der Bastelprojekte sind unbedingt einzuhalten.

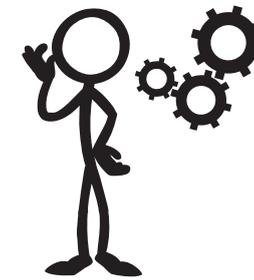
Achtung!

Kurzschlüsse vermeiden! Eine direkte Verbindung zwischen Minus- und Pluspol muss unbedingt vermieden werden, weil dabei Drähte und Batterien heiß werden können und weil die Batterien sich dann schnell entladen. Im Extremfall können Drähte glühend heiß werden, und die Batterie kann explodieren. Es besteht Brand- und Verletzungsgefahr. Weisen Sie Ihre Kinder auf diese Gefahren hin und beaufsichtigen Sie die Experimente. Verwenden Sie nach Möglichkeit nur normale Zink-Kohle-Batterien (6F20), die einen geringeren Kurzschlussstrom liefern und deshalb weniger gefährlich sind als Alkalibatterien (6RL61). Verwenden Sie keinesfalls Akkus!

Kinder-Elektronik-Kalender 2018

Liebe Kinder!

In der Zeit bis Weihnachten warten 24 Elektronik-Projekte auf euch. Im Mittelpunkt stehen Transistoren, Leuchtdioden und ein kleiner Lautsprecher. Damit kann man ganz unterschiedliche Dinge bauen. Es gibt viel zu sehen, zu hören und zu experimentieren! Und wer möchte, findet hier auch die nötigen Informationen, wie das alles funktioniert.



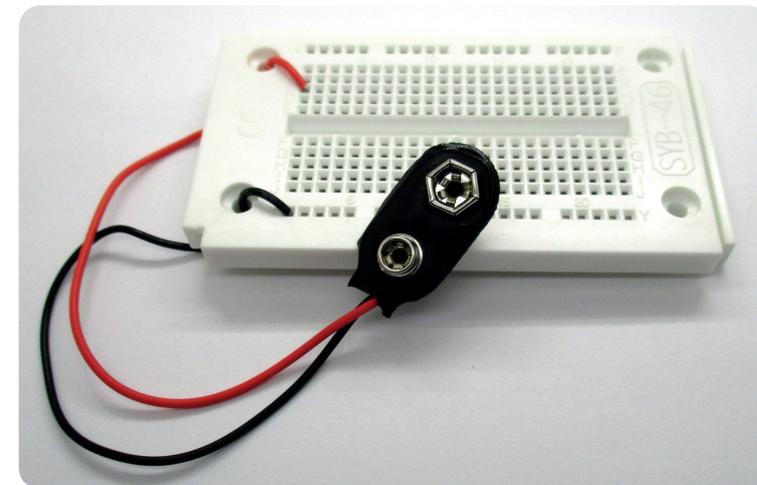
1 Rotes LED-Licht selbst gebaut

Hinter dem ersten Türchen deines Kalenders findest du sechs Bauteile, damit es gleich richtig losgeht. Da gibt es nämlich vier Dinge, die bei jedem Versuch immer wieder gebraucht werden: Das sind eine Steckplatine, ein Batterieclip, ein Schalter und eine Sicherung. Dazu kommen für den ersten Versuch ein Widerstand und eine Leuchtdiode (LED).

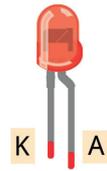
Das Batteriekabel muss möglichst stabil befestigt werden, damit es sich bei den vielen folgenden Versuchen nicht löst. Die blanken Enden des roten und des schwarzen Kabels

sollen in genau die richtigen Kontaktlöcher der Steckplatine gesteckt werden. Steche aber vorher mit einer Nadel kleine Löcher in die Schutzfolie auf der Rückseite der Platine und stecke die Kabel von unten hindurch. Dadurch können sie nicht mehr leicht verrutschen.

Der Schalter und die Sicherung sollen genau in die gezeigte Position gesteckt werden. Das passt dann für alle folgenden Versuche bis Weihnachten. So können keine großen Fehler mehr passieren. Der Widerstand und die LED gehören zum ersten Versuch.

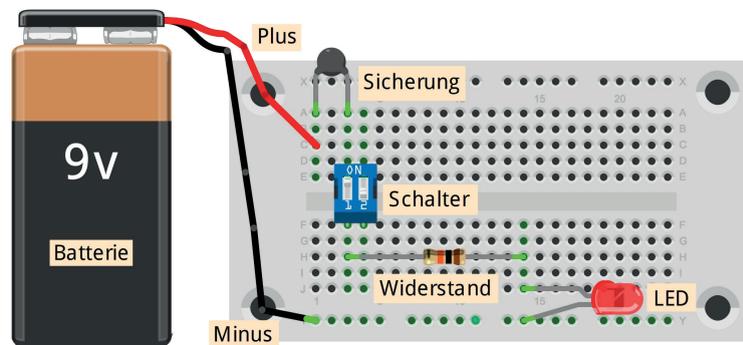


Achte bei der LED auf die Einbaurichtung. Sie hat einen kürzeren Draht (die Kathode = Minuspol) und einen längeren Draht (die Anode = Pluspol). Im Inneren kann man einen etwas größeren Halter an der Minusseite erkennen, der den eigentlichen LED-Kristall trägt.



Wenn du alles fertig aufgebaut hast, vergleiche es genau mit dem Aufbaubild. Lass dir am besten von einem Erwachsenen helfen, der den ersten Versuch noch einmal genau überprüft. Bei den folgenden Projekten wird meist nur wenig umgebaut, sodass es immer einfacher wird.

Jetzt wird zum ersten Mal die Batterie angeschlossen. Und fertig ist dein rotes LED-Licht mit Schalter. Schiebe den linken Schalter in Richtung ON. Und schon leuchtet deine rote LED. Falls es noch nicht funktioniert, überprüfe noch einmal alles. Der häufigste Fehler ist, dass die LED falsch herum eingebaut wurde. Aber kein Problem, dabei geht nichts kaputt. Wenn sie richtig herum eingesetzt wird, funktioniert es.



Schaltbilder

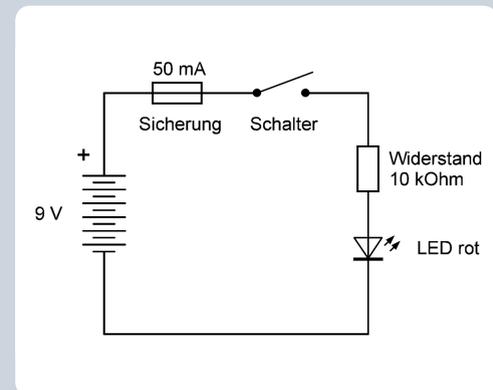
Die Schaltbilder in diesem Handbuch muss man eigentlich gar nicht unbedingt beachten, um die Versuche erfolgreich aufzubauen. Aber sie können dabei helfen, alles besser zu verstehen. Ein Schaltbild zeigt die Verbindungen der Bauteile in einer vereinfachten Art mit Schaltsymbolen für jedes Bauteil. Wenn du dich daran gewöhnt hast, verstehst du mit einem Schaltbild viel leichter, wie alles zusammengehört.

Die Batterie besteht aus sechs Batteriezellen mit jeweils 1,5 V. Der längere Strich steht für den Pluspol. Die Sicherung wird als Kästchen mit einem Draht gezeichnet. Der Schalter zeigt gerade eine geöffnete Verbindung. Der Widerstand wird als Kästchen dargestellt. Und die LED enthält ein Dreieck, das die Stromrichtung darstellt. Zwei kleine Pfeile deuten auf das erzeugte Licht hin. In diesem Schaltbild erkennst du sehr leicht, dass alle

INFOBOX



Bauteile einen geschlossenen Weg bilden. Das nennt man einen Stromkreis. Nur an einer Stelle ist der Weg unterbrochen, am gerade geöffneten Schalter.



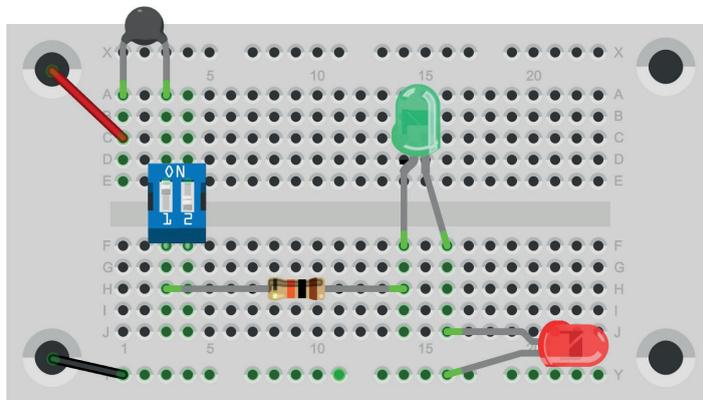
Achtung!

Eine LED darf niemals ohne einen Widerstand direkt an eine Batterie angeschlossen werden! Ohne den Widerstand wäre der Strom zu groß und die LED würde zerstört.

2

Rot und Grün

Hinter dem Türchen Nummer 2 findest du eine grüne LED. Baue sie nun mit in die Schaltung ein, wie es das Bild zeigt. Dann leuchten beide LEDs gemeinsam, die rote und die grüne. Mit dem Schalter kannst du beide zusammen ein- und ausschalten.



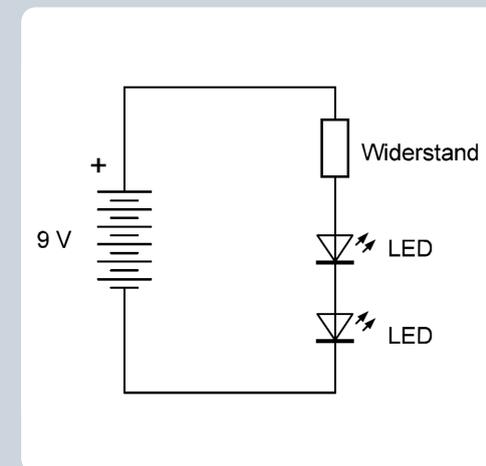
INFOBOX



Reihenschaltung

Bei der Reihenschaltung fließt der gleiche Strom durch zwei oder mehr Verbraucher. Es ist ein »unverzweigter Stromkreis«, weil es nur einen Weg gibt. Das bedeutet, die Stromstärke ist an jeder Stelle gleich groß. Das kannst du selbst ausprobieren, indem du beide LEDs vertauschst. Die Helligkeit bleibt dabei genau gleich.

Die Batteriespannung von 9 V teilt sich auf drei Verbraucher auf. Die rote LED hat 1,8 V, die grüne hat 2,2 V und der Widerstand hat 5 V. Wenn man alle Teilspannungen zusammenzählt, erhält man die Gesamtspannung, $1,8 \text{ V} + 2,2 \text{ V} + 5,0 \text{ V} = 9,0 \text{ V}$.

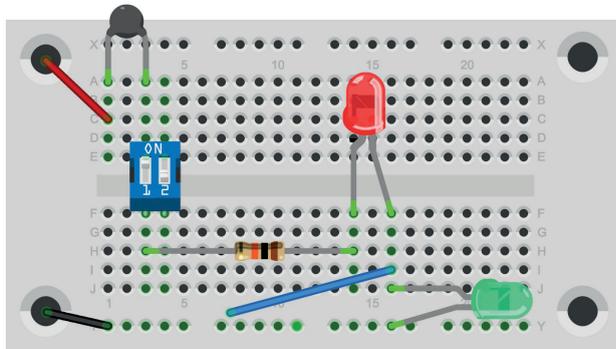
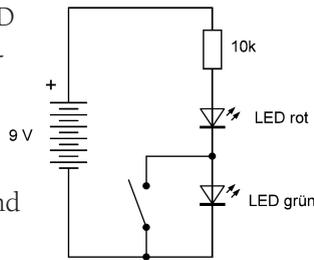


Vereinfachtes Schaltbild einer Reihenschaltung

3 Grün abgeschaltet

Öffne das dritte Türchen und nimm ein Kabel mit zwei Steckern heraus. Wenn du es wie im Bild einbaust, kannst du die grüne LED ausschalten. Sobald das Kabel auch mit dem Minuspol verbunden ist, hast du einen Nebenweg für den elektrischen Strom gebaut. Er fließt dann nicht mehr durch die grüne LED, sondern durch das Kabel. Die grüne LED geht aus, aber die rote LED wird in diesem Moment etwas heller. Das Kabel kannst du nun wie einen Schalter verwenden und die Verbindung immer wieder schließen und öffnen. Im Aufbaubild sieht man, dass eine Seite des Kabels keinen Kontakt berührt, der Schalter ist also gerade geöffnet.

Tatsächlich schließt das Kabel die grüne LED kurz. Diese Art von Kurzschluss ist nur deshalb erlaubt, weil der Widerstand in der Schaltung den Strom genügend klein hält. Aber ein direkter Kurzschluss der Batterie in Form einer Verbindung zwischen Plus und Minus muss unbedingt vermieden werden!



INFOBOX



Widerstände und ihre Farbringe

Die Farbringe auf den Widerständen stehen für Zahlen. Sie werden beginnend von dem Ring gelesen, der näher am Rand des Widerstands liegt. Die ersten beiden Ringe stehen für zwei Ziffern, der dritte für angefügte Nullen. Zusammen bezeichnen sie den Widerstand in Ohm. Ein vierter Ring gibt die Genauigkeit an. Alle Widerstände in diesem Kalender haben einen goldenen Ring. Das bedeutet, dass der angegebene Wert um 5 % größer oder kleiner sein kann als durch die Farbringe angegeben. Dein erster Widerstand wird so gelesen: Braun = 1, Schwarz = 0, Orange = 000, zusammen 10000 Ohm, also 10 kΩ.

Der Widerstandsfarbcode

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 %

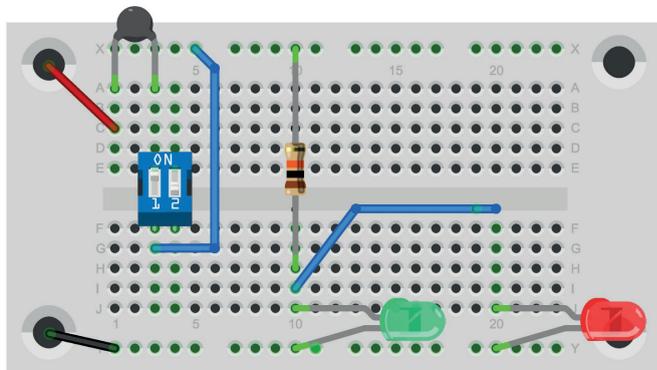
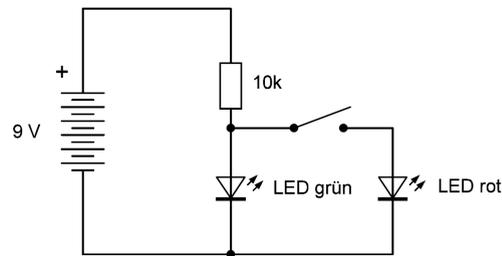
4

Farbumschalter

Hinter dem Türchen Nummer 4 findest du ein zweites Kabel. Baue damit deine Schaltung so um, dass die rote LED erst mit der Verbindung des zweiten Kabels eingeschaltet wird. Im selben Moment geht die grüne LED aus. Mit diesem Kabel-Schalter kannst du also die Farbe umschalten. Kabel verbunden – Rot, Kabel herausgezogen – Grün.

Wenn das Kabel verbunden ist, sind beide LEDs parallel geschaltet. Man könnte denken, dass dann durch beide Strom fließt und dass beide leuchten. Das ist auch tatsächlich so, wenn gleiche LEDs verwendet

werden. Aber hier gibt es einen großen Unterschied. Die grüne LED braucht mehr Spannung als die rote LED. Wenn nun die rote LED eingeschaltet wird, sinkt die LED-Spannung so weit ab, dass die grüne nicht mehr leuchten kann.



INFOBOX



Spannung, Widerstand und Strom

Du weißt vielleicht schon, dass die elektrische Spannung in Volt (V) gemessen wird. Die Batterie hat 9 V. Und einen Widerstand misst man in Ohm (Ω) oder Kiloohm ($1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$). Es gibt aber noch eine andere sehr wichtige Messgröße: Die elektrische Stromstärke misst man in Ampere (A) oder bei kleinen Stromstärken in Milliampere ($\text{mA} = 1/1000 \text{ A}$). All diese Namen stammen von berühmten Forschern, die vor etwa 200 Jahren als Erste die Elektrizität erforscht haben: Alessandro Volta, Georg Simon Ohm und André-Marie Ampère.

Mit einem Messgerät könnte man messen, wie viel Strom durch die LED fließt. Aber man kann es auch ausrechnen, wenn man weiß, wie groß die Spannung der Batterie gerade ist und welche Spannung an der LED liegt.

Wenn die Batterie noch neu ist, hat sie eine Spannung von 9 V. Die grüne LED braucht ungefähr 2 V. Da bleiben noch 7 V für den Widerstand, und man kann so rechnen:

$$\text{Strom} = \text{Spannung} / \text{Widerstand}$$

$$\text{Strom} = 7 \text{ V} / 10000 \Omega$$

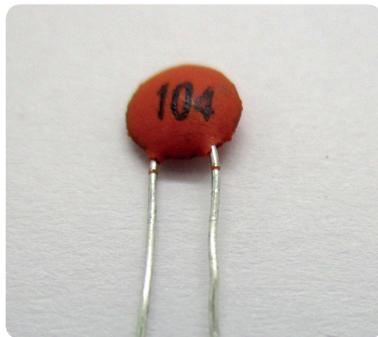
$$\text{Strom} = 0,0007 \text{ A} = 0,7 \text{ mA}$$

Das ist nicht viel, es fließen nur 0,7 mA, obwohl die LED einen Strom von 20 mA verträgt. Aber die Batterie hält lange! Sie hat meist eine Kapazität von 500 Milliamperestunden (500 mAh), könnte also eine Stunde lang 500 mA liefern oder 500 Stunden lang 1 mA. Oder deine Lampe leuchtet etwa 700 Stunden mit 0,7 mA, also etwa einen Monat lang.

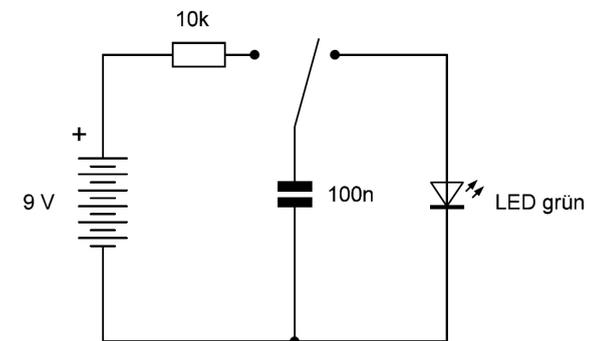
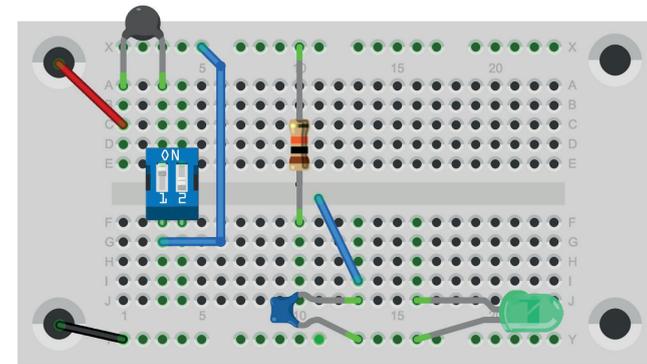
5

Gespeicherte Energie

Am fünften Tag kommt ein neues Bauteil deines Kalenders zum Vorschein: ein Kondensator. Es handelt sich um eine kleine, hellbraune Scheibe mit zwei Drähten. Darauf findest du die Beschriftung 104, was für 100 Nanofarad (100 nF) steht. Einen Kondensator kann man aufladen und entladen. Wenn du das Kabel einmal kurz an den Widerstand hältst, ist er aufgeladen. Dann kannst du es an die LED halten und erzeugt damit einen kleinen Lichtblitz, bei dem der Kondensator wieder entladen wird. Du kannst es dir ähnlich wie bei einem Akku vorstellen, der immer wieder neu aufgeladen werden kann. Allerdings enthält dein geladener Kondensator nur sehr wenig Energie.



Ein Kondensator besteht aus zwei Metallflächen mit einer isolierenden Schicht dazwischen. Deshalb wird er im Schaltbild mit zwei nicht verbundenen Strichen dargestellt. Das Bauteil hat zusätzlich eine äußere Schutzschicht und kann je nach Fabrikat ganz unterschiedlich aussehen. In den Aufbaubildern wird ein blauer, viereckiger Kondensator dargestellt, deiner ist rund und hellbraun. Die Beschriftung verrät, wie viel Kapazität dieser Kondensator hat. Das ist ein Maß dafür, wie viel Energie der Kondensator bei einer bestimmten Spannung enthält. Die Einheit der Kapazität heißt Farad (nach dem berühmten Forscher Michael Faraday). Die kleineren Einheiten sind Mikrofarad (μF), Nanofarad (nF) und Picofarad (pF). Die Beschriftung 104 steht für 1, 0, 0000, also 100.000 Picofarad, $100.000 \text{ pF} = 100 \text{ nF}$.



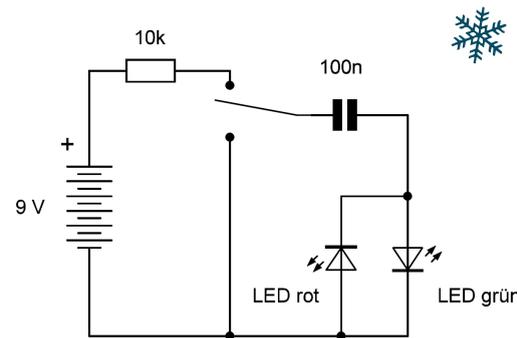
6

Farbige Lichtblitze

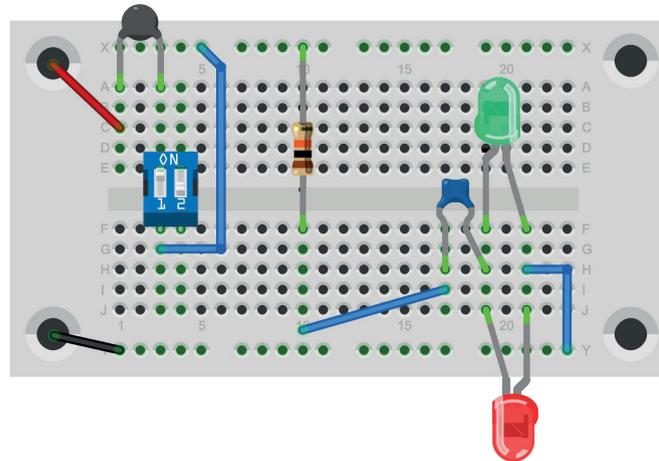


Hinter dem sechsten Türchen findest du ein weiteres Kabel. Baue nun deine Schaltung um und füge auch die rote LED ein. Beachte dabei die Einbaurichtung! Die rote LED wird scheinbar falsch herum eingebaut, mit der Anode am Minuspol der Batterie. Mit dem offenen Kabel kannst du abwechselnd den Widerstand berühren (Aufladen) und den Minuspol anschließen (Entladen). Beim Aufladen entsteht ein grüner Lichtblitz, beim Entladen ein roter. Das abwechselnde Aufladen und Entladen kannst du beliebig oft wiederholen.

LEDs in dieser Schaltung mit unterschiedlicher Richtung eingebaut werden.



Deine Batterie liefert Gleichstrom. Das bedeutet, der Strom fließt immer in der gleichen Richtung. In deiner Schaltung entsteht aber durch das Umschalten mit deinem Kabelschalter ein Wechselstrom. In der einen Stromrichtung leuchtet die grüne LED, in der anderen die rote. Deshalb mussten beide



INFOBOX



Die PTC-Sicherung

Alle deine Versuche haben eine Sicherung, die helfen soll, wenn mal ein Fehler passiert, einfach nur zur Sicherheit. Wenn du mal aus Versehen einen Kurzschluss verursachst, könnte ein Kabel glühend heiß werden oder die Batterie könnte heiß werden, kaputt gehen oder im schlimmsten Fall sogar explodieren. Aber die Sicherung würde das Schlimmste verhindern.

sich um eine selbststrückstellende Sicherung, die man auch PTC-Sicherung nennt. Wenn bei einem Kurzschluss ein zu großer Strom fließt, wird die PTC-Sicherung heiß und lässt dann nur noch sehr wenig Strom hindurch, weil ihr Widerstand stark ansteigt. Daher kommt auch der Name. PTC steht nämlich für »Positiver Temperatur-Koeffizient« und sagt, dass der Widerstand steigt, wenn die Temperatur höher wird. Wenn man dann den Strom abschaltet und den Fehler beseitigt, kühlt sie wieder ab und ist wieder wie neu.



Viele Sicherungen brennen einfach durch, wenn man einen Kurzschluss verursacht. Dann braucht man eine neue Sicherung. Aber deine Spezialsicherung ist anders. Es handelt

Achtung!

Bitte nicht ausprobieren, denn die Batterie wird bei einem Kurzschluss sehr schnell unbrauchbar. Und die PTC-Sicherung wird mit etwa 60 Grad so heiß, dass man sich leicht die Finger verbrennen kann. Aber das wäre immer noch besser als glühende Drähte und explodierende Batterien. Also immer daran denken: Die Sicherung ist nur für den Notfall da, so ähnlich wie die Notbremse in einem Zug.

7

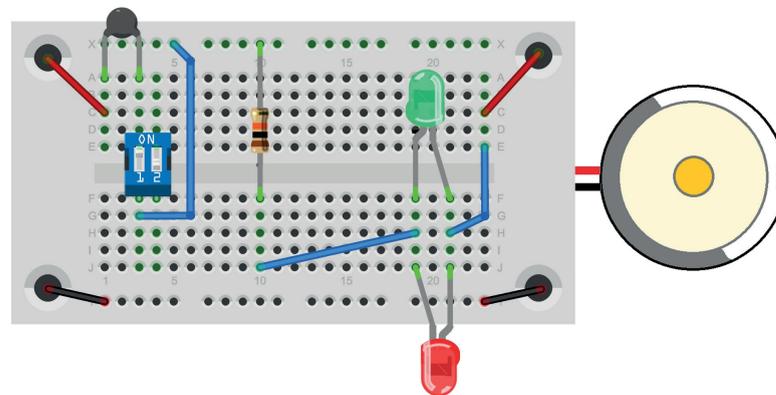
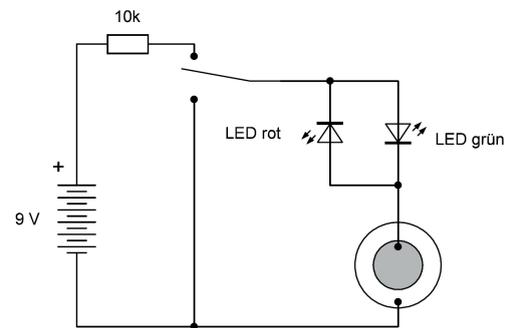
Elektrische Geräusche

Öffne das siebte Türchen und entdecke dahinter einen kleinen Piezolautsprecher mit zwei Drähten. Die Anschlussdrähte sind sehr dünn und weich und müssen deshalb wie die Batteriekabel geschont werden. Steche wieder zwei Löcher in die Schutzfolie des Steckfeldes und führe die Drähtchen von unten hindurch. Stecke sie dann in die vorgesehenen Löcher, wo sie bis zum letzten Versuch bleiben sollen.

In dieser Schaltung gibt es wieder einen Umschalter und wieder entstehen kleine rote und grüne Lichtblitze bei jedem Umschalten. Zusätzlich hörst du jetzt jedes Mal ein leises aber deutliches Knacken aus dem Lautsprecher.

Der Vergleich mit dem vorigen Versuch weist schon darauf hin, dass der Piezolautsprecher wie ein Kondensator funktioniert. Und tatsächlich kann man auch den Aufbau eines Kondensators deutlich erkennen. Die eine Metallplatte ist ein dünnes Blech. Dann folgt die isolierende Schicht aus einer dünnen grauen Scheibe. Und die zweite Metallplatte ist eine versilberte Fläche. Zwischen beiden Metallflächen herrschen elektrische

Anziehungskräfte, die sich ändern, wenn dieser Kondensator geladen oder entladen wird. Dadurch entsteht eine kleine Bewegung, die das Geräusch erzeugt.

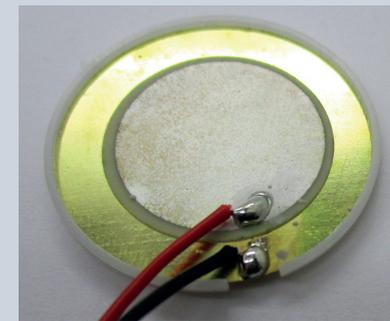


INFOBOX



Piezoelektrizität

Das griechische Wort Piezo bedeutet Druck, und manche Stoffe wie zum Beispiel Quarz zeigen einen piezoelektrischen Effekt. Wenn man auf sie drückt, entsteht eine elektrische Spannung. Wenn man umgekehrt eine elektrische Spannung anlegt, entsteht eine Verformung, so als würde man auf das Material drücken.



Das isolierende Material in deinem Piezolautsprecher ist ein keramischer Werkstoff, ähnlich wie Porzellan. Wenn man eine elektrische Spannung anschließt, verbiegt sich die Scheibe etwas. Dabei entsteht ein Geräusch.



8

Lichtblitze ohne Batterie

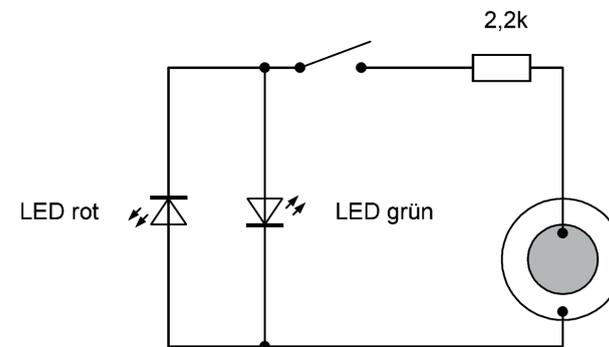
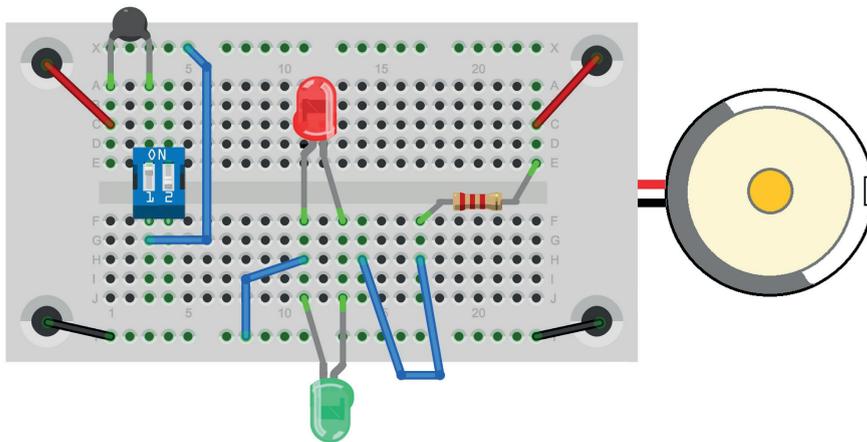
Öffne das achte Türchen und nimm einen weiteren Widerstand heraus. Er hat $2,2\text{ k}\Omega$ und trägt drei rote Farbringe. Baue nun eine Schaltung mit dem Piezolautsprecher, diesem Widerstand und zwei LEDs. Die Batterie ist nicht angeschlossen und darf vom Batterieclip entfernt werden. Das Kabel am Widerstand ist wieder dein Schalter und soll beim ersten Versuch verbunden sein. Klopfe nun leicht auf die Piezoscheibe. Dabei entstehen wieder schwache rote und grüne Lichtblitze.

Achtung, du darfst nicht zu viel Kraft aufwenden, denn sonst könnte die Keramikscheibe zerbrechen.

Der Versuch hat gezeigt, dass der Piezolautsprecher nicht nur elektrische Energie in Schall umwandeln kann sondern auch umgekehrt Schwingungen in elektrische Energie. Dasselbe Bauteil funktioniert als Lautsprecher, als Mikrophon und als elektrischer Generator. Man nennt es deshalb auch »piezoelektrischer Schallwandler«.

Eine Verformung durch Druck auf die Membran bewirkt eine Aufladung und erzeugt damit elektrische Energie. Aber das Gleiche erreicht auch eine Änderung der Temperatur. Das kannst du leicht ausprobieren. Öffne den Schalter und halte deinen warmen Finger für einige Sekunden an die Membran. Schließe dann den Kontakt. Es entstehen ein Knacken und ein Lichtblitz. Öffne dann den Kontakt und warte etwas länger, bis die Scheibe sich wieder abgekühlt hat.

Ein neues Schließen des Kontakts erzeugt ein weiteres Knackgeräusch und einen zweiten Lichtblitz mit der anderen Farbe.



9

Wir blinken gemeinsam

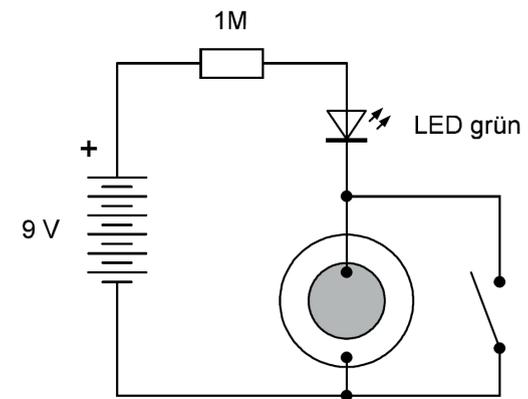
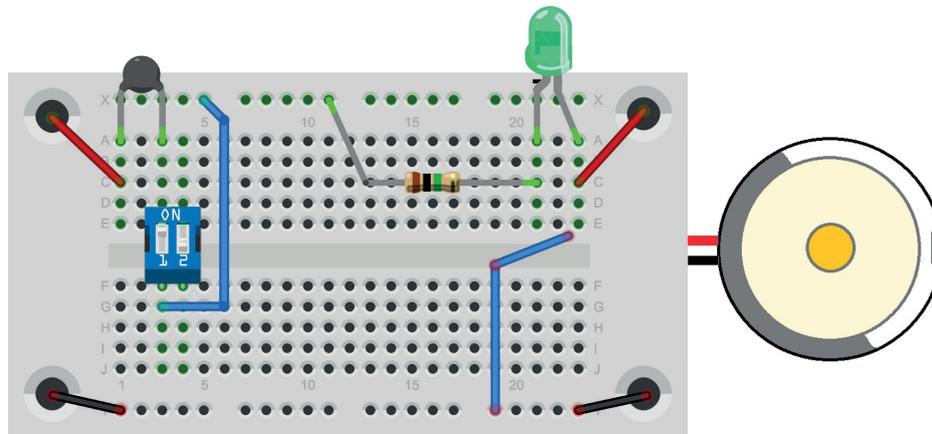
Hinter dem neunten Türchen findest du einen neuen Widerstand mit den Farben Braun, Schwarz und Grün. Er hat 1000 Kiloohm, also ein Megaohm (1 MΩ). Dieser sehr große Widerstand sorgt für einen sehr kleinen Strom. Bei geschlossenem Kontakt siehst du nur noch ein schwaches Leuchten der LED. Die Batterie würde damit bis zu acht Jahre lang durchhalten. Wenn du den Kontakt öffnest,

geht die LED aus. Die Piezoscheibe ist nämlich schnell aufgeladen und dann fließt kein Strom her.

Öffne und schliesse den Kontakt mehrmals. Die grüne LED zeigt wie erwartet ein deutliches Blinken. Aber der Piezolausprecher erzeugt nur beim Schließen des Kontakts ein Knacken. Beim Öffnen entsteht dagegen kein hörbares Geräusch. Der Grund

dafür ist der große Widerstand in der Schaltung. Es fließt ja nur ein kleiner Ladestrom, der den Piezowandler nur langsam auflädt. Dabei entsteht eine langsame, lautlose Verformung. Beim Schließen des Kontakts gibt es dagegen eine plötzliche Entladung mit einer schnellen Verformung und einem deutlichen Knacken.

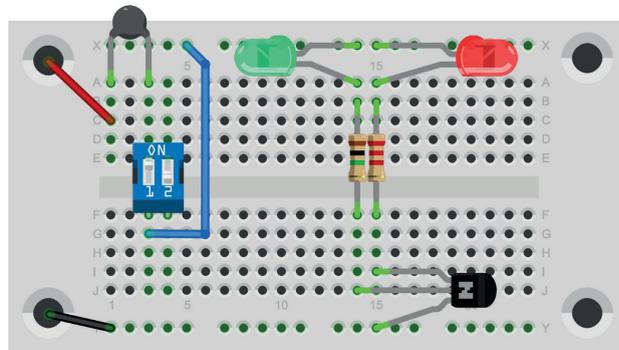
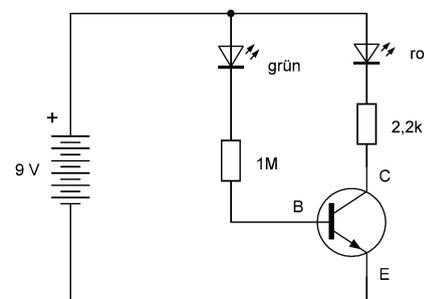
Zusatzversuch: Tausche den Widerstand aus und setze einen mit nur 2,2 kΩ ein. Nun entsteht auch beim Öffnen des Kontakts ein Knacken, denn die Aufladung geht nun viel schneller.



Am zehnten Tag kommt ein sehr wichtiges Bauteil deines Kalenders zum Vorschein: der Transistor. Der Transistor hat drei Anschlüsse, die man nicht verwechseln darf. Sie heißen Emitter (E), Basis (B) und Kollektor (C). Die Abkürzung C stammt übrigens von der englischen Schreibweise (collector). Der Emitter soll mit dem Minusanschluss der Batterie verbunden werden. Dazu muss die flache, beschriftete Seite des Transistors nach links weisen.

Der Versuch zeigt das typische Verhalten eines Transistors. Wenn beide Schalter eingeschaltet sind, leuchtet die grüne LED nur schwach, aber die rote sehr hell. Schaltet man mit dem rechten Schalter die grüne

LED aus, geht auch die rote LED aus. Der Transistor verhält sich wie ein Schalter. Ein kleiner Strom durch den Basisanschluss bewirkt, dass ein großer Strom durch den Kollektoranschluss eingeschaltet wird. Wenn du aber die grüne LED herausziehst, geht auch die rote LED aus.



Transistoren

Der Transistor in deinem Versuch enthält einen Kristall aus Silizium. Silizium (Si) ist in großen Mengen in ganz normalem Quarzsand enthalten (Quarz = Silizium-Oxid). Es gehört zu den Halbleitern, also zu den Stoffen, die den elektrischen Strom weder gut leiten wie Metalle noch gut isolieren wie Glas oder Gummi. Damit eine ganz bestimmte Leitfähigkeit erreicht wird, fügt man dem reinen Silizium kleinste Spuren anderer Stoffe bei. Je nach Art dieser Stoffe erhält man N-Silizium oder P-Silizium. In deinem Transistor gibt es drei Schichten: NPN. Andere Typen haben eine andere Schichtfolge, nämlich PNP. Sie funktionieren ähnlich, aber mit anderer Stromrichtung.

Transistoren sind wichtige Bauelemente in allen Bereichen der Elektronik, in Radios und Fernsehern, genau wie in Smartphones und

Computern. Überall sind Transistoren eingebaut. Deshalb lohnt es sich, genau zu verstehen, wie ein Transistor funktioniert.

Schaue deinen Transistor einmal ganz genau an.



Da gibt es eine Beschriftung: BC547B. Mit dieser Bezeichnung kann man genau den richtigen Transistor bestellen, der übrigens von mehreren Firmen hergestellt wird, oder man kann im Internet nach dem Datenblatt dieses Typs suchen. Darin stehen viele Eigenschaften und Messwerte, die teilweise nur von Fachleuten genau verstanden werden. Kurz zusammengefasst: Dieser NPN-Transistor verträgt eine Spannung von 50 V und einen Strom von 100 mA. Und er kann den Strom mindestens 200-fach verstärken.

11

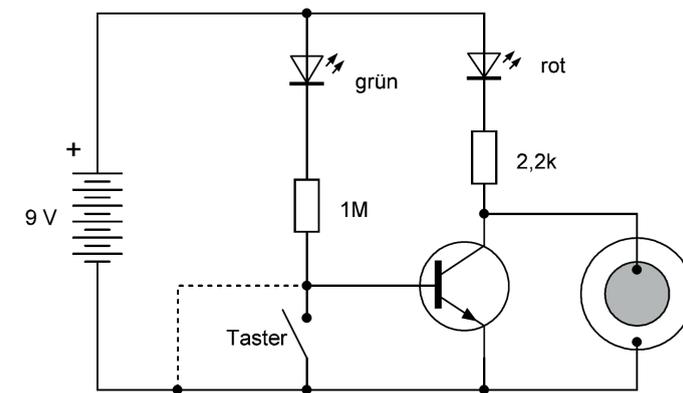
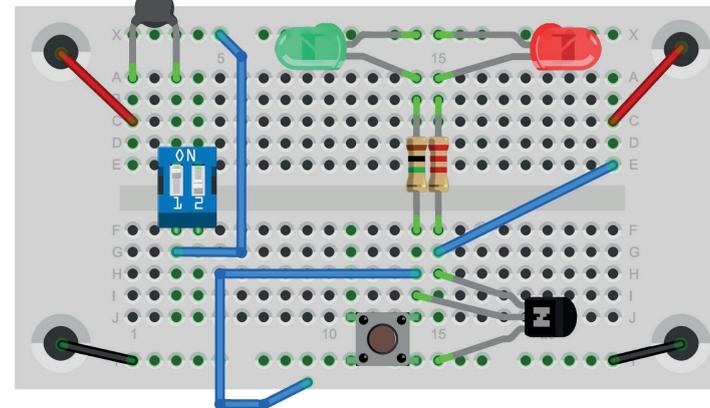
Alarmanlage

Öffne das Türchen Nummer 11 und nimm einen Tastschalter heraus. Baue die Schaltung nun so um, wie es der Plan zeigt. Der Tastschalter verbindet die Basis und den Emitter des Transistors. Wenn der Taster gedrückt wird, geht die rote LED aus. Dieselbe Wirkung hat das eingesteckte Kabel zwischen Basis und Emitter. Nur bei geöffnetem Kontakt ist die rote LED an.

Ziehe zuerst das Kabel am Basisanschluss ab. Die rote LED leuchtet. Immer wenn du auf den Taster drückst, geht sie aus. Gleichzeitig hörst du bei jedem Öffnen und Schließen des Schalters ein Knacken aus dem Lautsprecher.

Diese Schaltung kann zugleich als einfache Alarmanlage verwendet werden. Eine Alarmanlage kann mit einem dünnen Draht gebaut werden, der zerreißt, wenn jemand ein Fenster oder eine Tür öffnet. Der Draht könnte in Form einer Alarmschleife gleich mehrere Fenster und Türen sichern. Wenn ein Einbrecher ihn entdecken sollte und durchtrennt, um den Alarm auszuschal-

ten, dann geht der Alarm ebenfalls los. Du kannst auch dein Kabel mit einem Faden so an einer Türklinke befestigen, dass es herausgezogen wird, wenn jemand die Tür öffnet. Die rote LED zeigt dann den Alarm. Die rote LED zeigt dann den Alarm. Auch ohne Alarm fließt immer ein kleiner Strom. Die grüne LED leuchtet ganz schwach und zeigt, dass die Alarmanlage scharf ist. Aber weil im Ruhezustand nur ein sehr kleiner Strom fließt, hält die Batterie mehrere Jahre lang. Nur bei einem Alarm fließt mehr Strom.



12

Verstärkte Lichtblitze

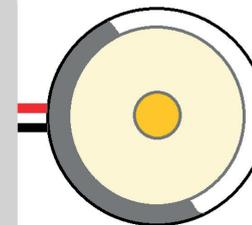
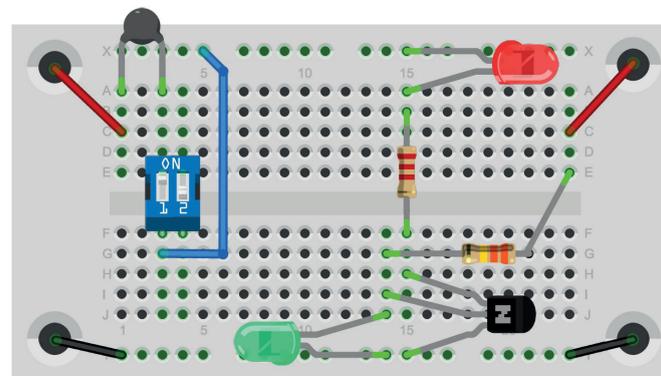
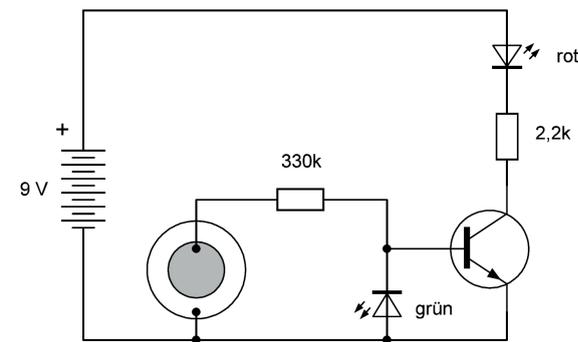


Hinter dem zwölften Türchen findest du einen Widerstand mit $330\text{ k}\Omega$ (Orange, Orange, Gelb). Baue ihn in diese Verstärkerschaltung mit einem Transistor ein.

Wenn du nun schwach auf die Piezoscheibe klopfst, zeigt die rote LED ein kräftiges Blitzen. Aber auch die grüne LED zeigt schwache Lichtblitze.

Weil der Transistor den Strom nur in einer Richtung leitet, muss hier die grüne LED dafür sorgen, dass auch in Gegenrichtung Strom fließen kann. Denn wie schon vorige Versuche gezeigt haben, liefert der Piezowandler einen Wechselstrom. In diesem Fall

zeigt die grüne LED den direkt erzeugten Strom, die rote aber den durch den Transistor verstärkten Strom.

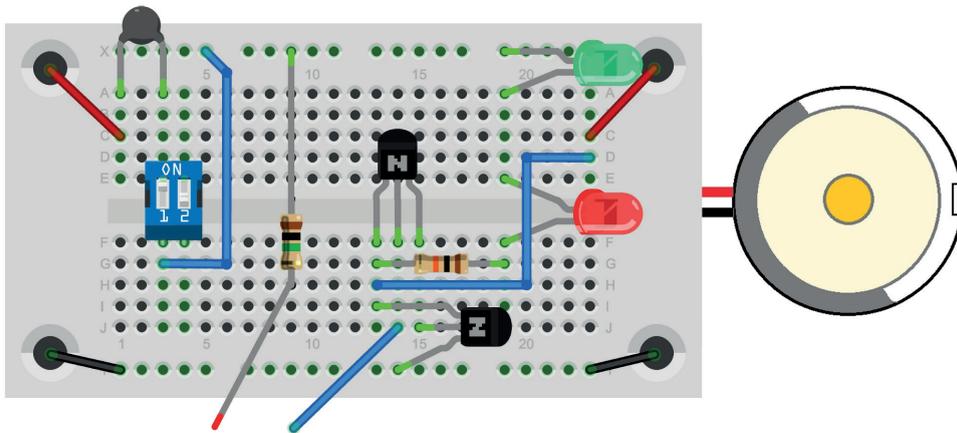


13

Berührungsschalter

Hinter dem Türchen Nummer 13 findest du einen zweiten Transistor vom Typ BC547. Er soll nun zusammen mit dem ersten Transistor für noch mehr Verstärkung sorgen. Beide Kollektorschlüsse sind direkt verbunden und der Emitter des ersten Transistors führt zur Basis des zweiten. Diese Schaltung nennt man Darlington-Schaltung. Damit wird hier ein Berührungsschalter gebaut. Wenn du mit dem Finger gleichzeitig das Kabel und den Widerstand berührst, fließt ein ganz kleiner, nicht spürbarer Strom durch deinen Finger, der so weit verstärkt wird, dass beide LEDs eingeschaltet werden.

Am Kollektor der Transistoren ist wieder der Lautsprecher angeschlossen und manchmal hört man besondere Geräusche. Fasse nur das Basiskabel an. Je nach Ort hörst du dann ein Knistern, Summen oder Brummen aus dem Lautsprecher. Das Geräusch kann noch stärker werden, wenn zwei Personen beide Drähte berühren. Es stammt von den elektrischen Leitungen im Raum. Wenn du zusätzlich die Füße auf dem Boden bewegst, kann manchmal ein Blinken oder Flackern der LEDs beobachtet werden. Es zeigt die elektrische Aufladung deines Körpers durch Reibung an den Schuhen.

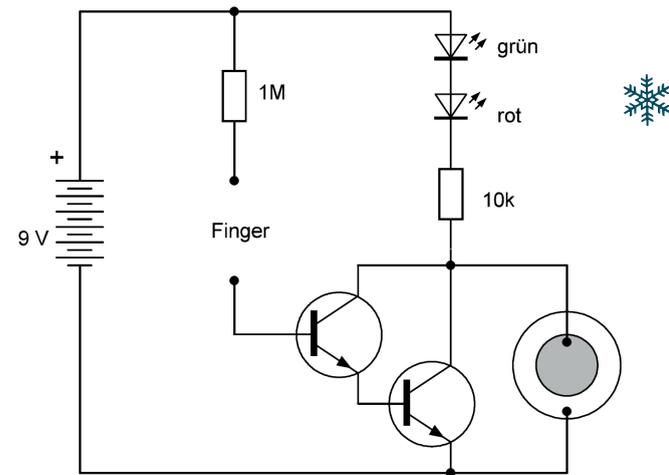


INFOBOX



Die Darlington-Schaltung

Die Verbindung von zwei Transistoren wie im Schaltbild nennt man eine Darlington-Schaltung. Zwei Transistoren verstärken mehr als einer. Das gilt besonders für diese Schaltung, bei der der schon verstärkte Strom von einem zweiten Transistor noch einmal verstärkt wird. Der Name stammt von ihrem Erfinder Sidney Darlington, der schon 1952 auf diese Idee kam. Beide Kollektoren sind verbunden und der Emitter des ersten Transistors fließt zur Basis des zweiten. Die Darlington-Schaltung verhält sich wie ein einzelner Transistor mit riesiger Verstärkung.



14

Der Lichtsensor

Hinter dem Türchen Nummer 14 kommt eine gelbe LED zum Vorschein. Du könntest sie anstelle der roten oder der grünen LED in deine Schaltung einbauen und damit eine weitere Farbe ausprobieren. Sie kann aber auch eine ganz andere Aufgabe erfüllen. In diesem Versuch wird die gelbe LED als Lichtsensor verwendet. Sie wird anders herum eingebaut als sonst und leitet deshalb eigentlich keinen Strom. Wenn aber Licht auf die LED fällt, fließt doch ein ganz kleiner Strom. Er wird dann von zwei Transistoren verstärkt und lässt die anderen bei-

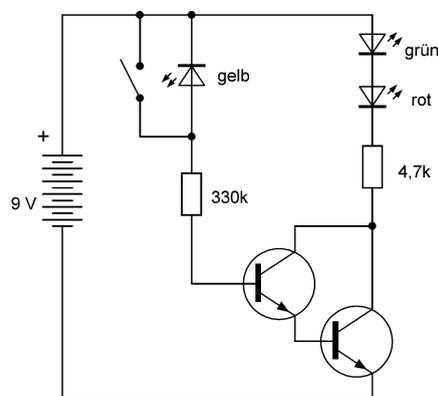
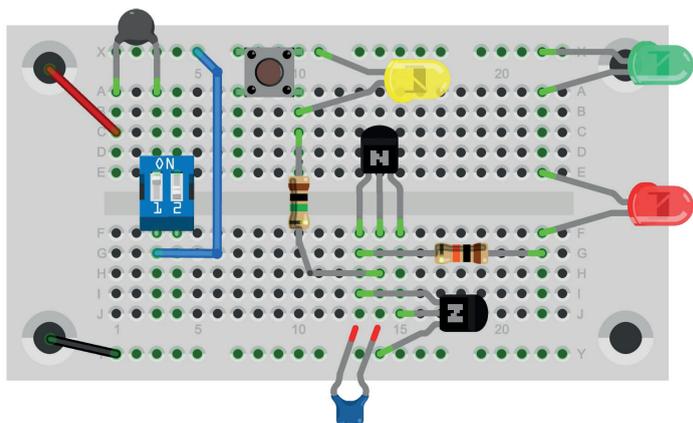
den LEDs leuchten. Baue zuerst den Kondensator noch nicht ein. Teste den Versuch mit einer Taschenlampe. Je stärker du die gelbe LED beleuchtest, desto heller leuchten die beiden anderen LEDs.

Zusätzlich wird dann in diese Schaltung ein Kondensator eingefügt, der dazu dient, das Ein- und Ausschalten zu verlangsamen. Erst wenn du deine Fotodiode lange genug mit der Taschenlampe angeleuchtet hast, leuchtet die rote und die grüne LED. Nach dem Abschalten leuchten sie noch lange nach und gehen

nur langsam aus. Außerdem wurde auch noch der Tastschalter mit eingebaut. Du kannst damit das Licht schnell einschalten und langsam ausgehen lassen.

Zusatzversuch

Auch die rote oder die grüne LED können als Fotodiode arbeiten. Tausche einmal die LED in deiner Schaltung und achte dabei jeweils auf die korrekte Einbaurichtung. So kannst du erforschen, welche LED die beste Fotodiode ist.



INFOBOX



Fotodiode

Jede Diode besteht aus einem Halbleiter mit einer PN-Sperrschicht, die in einer Richtung den Strom leitet und in der anderen keinen Strom hindurchlässt, also den Strom sperrt. Außer Leuchtdioden gibt es auch noch Gleichrichterdiode und Fotodioden aus Silizium, also dem gleichen Material, aus dem auch deine Transistoren gebaut sind. Bei einer Fotodiode verwendet man eine besonders große Fläche, sodass viel Licht von außen in die Sperrschicht eindringen kann. Dort sorgt das Licht dafür, dass die isolierende Wirkung der Sperrschicht teilweise aufgehoben wird, es fließt Strom. Eine LED ist ähnlich aufgebaut, hat aber nur eine sehr kleine Fläche. Deshalb ist der lichtabhängige Strom nur klein. Nach einer großen Verstärkung durch die beiden Transistoren reicht er aber für diesen Versuch aus.

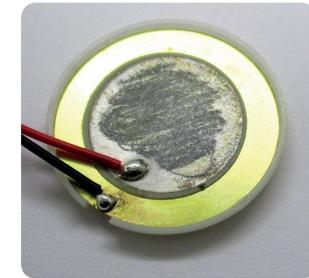
15

Der Bewegungsmelder

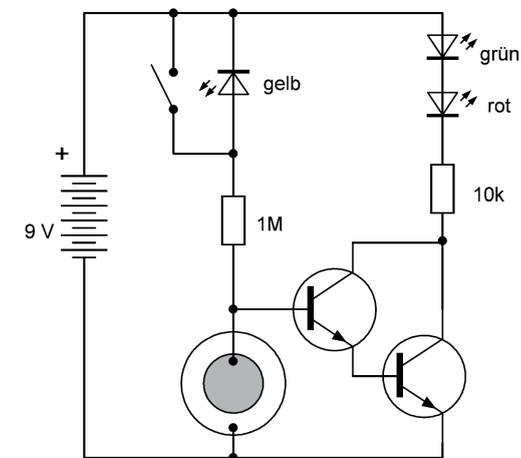
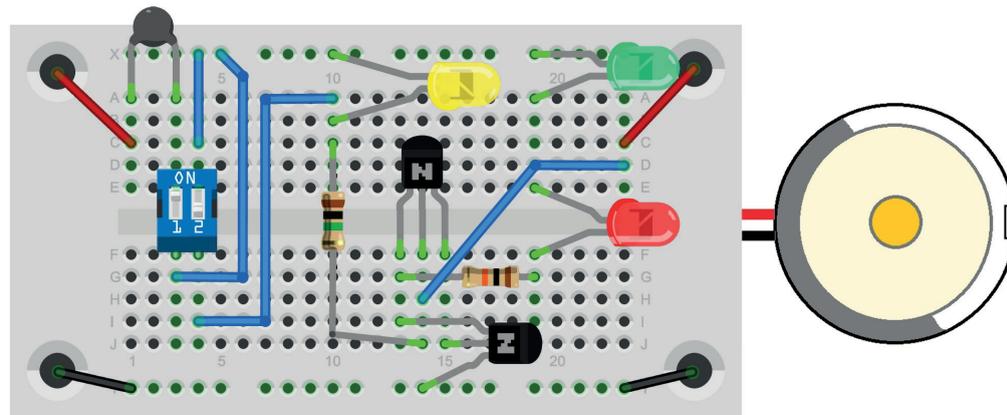
Hinter dem Türchen Nummer 15 verbirgt sich ein weiteres Kabel. Baue nun einen Infrarot-Bewegungsmelder. Der eigentliche Sensor ist die Piezoscheibe. Du weißt ja schon, dass sie bei einer Temperaturänderung eine elektrische Spannung erzeugt. Und das funktioniert auch ohne direkte Berührung, wenn man nur in die Nähe kommt. Noch besser geht es, wenn du die Silberschicht der Scheibe mit einem weichen Bleistift dunkel

färbst. Deine warme Hand strahlt infrarote Wärmestrahlung ab. Wenn diese auf den geschwärzten Sensor trifft, erwärmt er sich etwas. Dabei entsteht nur eine sehr kleine elektrische Spannung. Deshalb braucht man einen guten Verstärker, der hier aus einer Darlington-Schaltung besteht. Zusätzlich wird ein sehr kleiner Basisstrom gebraucht, den die gelbe LED liefert. Zusätzlich wird ein sehr kleiner Basisstrom gebraucht, den die gelbe LED in Abhängigkeit von der Beleuchtung liefert.

Warte einige Zeit, bis sich eine gleichmäßige, schwache Helligkeit der roten und der grünen LED einstellt. Halte dann deine Hand in einem Abstand von ungefähr 5 cm über die Piezoscheibe. Nach einigen Sekunden ändert sich die Helligkeit der LEDs. Entferne die Hand wieder und beobachte die gegensätzliche Änderung der Helligkeit. Die beiden LEDs können also die Annäherung der Hand anzeigen. Allerdings kann man die



Richtung der Änderung nicht voraus-sagen. Du kannst sie ändern, indem du beide Kabel des Piezolausprechers vertauschst. Die LEDs sollten heller leuchten, wenn du die Hand näher hältst. Damit hast du ein Nachtlicht mit Näherungssensor gebaut. Zusätzlich gibt es den Schalter 2 für Dauerlicht.



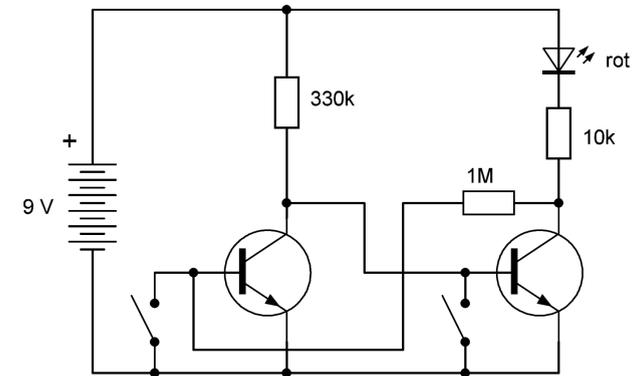
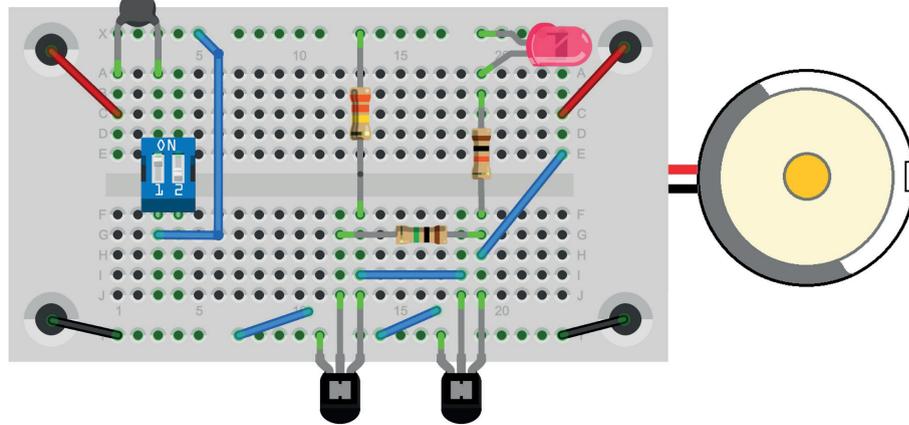
16

Ein Flipflop-Schalter

Ein weiteres Kabel findest du hinter dem Türchen Nummer 16. Nun kann eine Schaltung mit zwei Transistoren gebaut werden, die sich gegenseitig ein- oder ausschalten. Immer wenn ein Transistor eingeschaltet ist, schaltet er zugleich den Basisstrom des anderen Transistors ab. So ist die rote LED entweder an oder aus.

Man kann nicht vorhersagen, ob die LED nach dem Einschalten leuchten wird. Du kannst aber den Zustand umschalten, indem du einen der Basisanschlüsse mit einem

Draht berührst. Das funktioniert meist nicht beim ersten Mal. Ein sicheres Umschalten wird jedoch erreicht, wenn du an dem gerade leitenden Transistor die Basis mit dem Emitter verbindest. Der Piezolautsprecher gehört nicht unbedingt zu diesem Versuch und ist deshalb auch nicht im Schaltbild eingezeichnet. Aber wenn du ihn wie im Aufbaubild an den Kollektor anschließt, hörst du bei jedem Umschalten ein Knackn.



INFOBOX



Das Flipflop

Ein Flipflop ist eine Schaltung, die zwei stabile Zustände haben kann. Der vorhandene Zustand bleibt beliebig lange gespeichert, solange man ihn nicht mit Absicht ändert. Das Flipflop ist deshalb zugleich ein Informationsspeicher. In diesem Fall wird nur eine Information gespeichert. Man kann sie ja oder nein nennen, aber auch eins oder null oder in diesem Fall an oder aus. Sehr viele Flipflops zusammen werden als Speicher in Computern verwendet und speichern entsprechend große Informationsmengen.

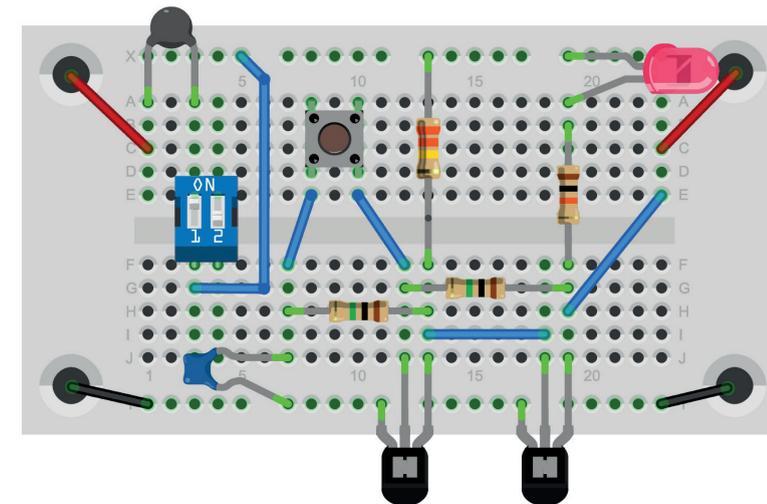
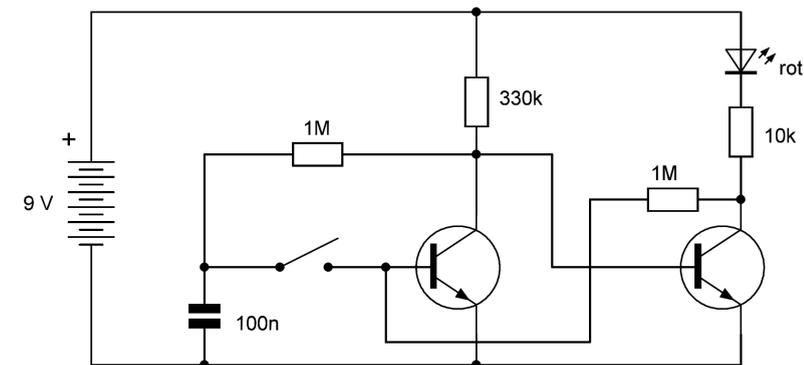
17

Umschalt-Flipflop



Hinter dem Türchen Nummer 17 findest du einen weiteren Widerstand mit einem Megaohm (1 M Ω , Braun, Schwarz, Grün). Damit baust du einen Tasten-Umschalter. Jeder Druck auf den Taster ändert den Zustand der LED in an – aus – an – aus und so weiter. Nach dem Loslassen bleibt der letzte Zustand erhalten. Auch hier kann wieder der Lautsprecher angeschlossen bleiben.

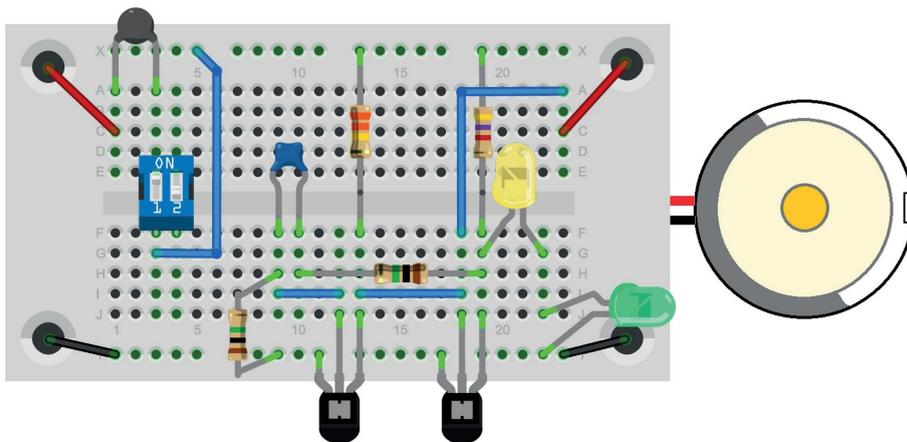
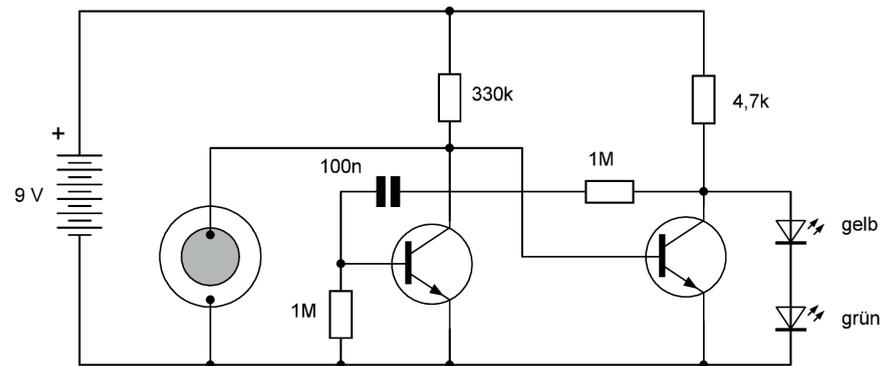
Diese Schaltung bezeichnet man auch als Toggle-Flipflop (englisch to toggle = umschalten). Wenn man zehn Mal auf den Taster drückt, ist die LED in dieser Zeit genau fünf Mal an. Deshalb halbiert diese Schaltung die Anzahl der Ein-Zustände.



18

Klopf-Schalter

Öffne das Türchen Nummer 18 und nimm einen Widerstand mit $4,7\text{ k}\Omega$ (Gelb, Violett, Rot) heraus. Baue nun ein Flipflop, das die LED bei jedem Klopfen auf die Piezoscheibe für eine kurze Zeit einschaltet und dann von allein wieder ausschaltet. Oft reicht es sogar, wenn du neben dem Sensor auf den Tisch klopfst. Am Ausgang liegen diesmal zwei LEDs in Reihe.



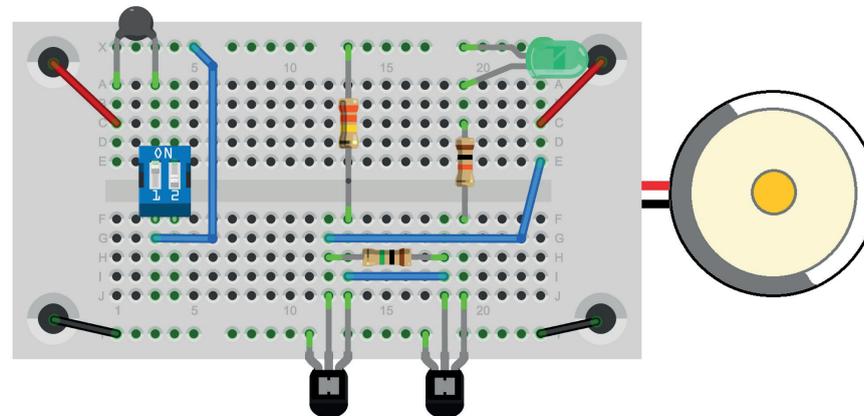
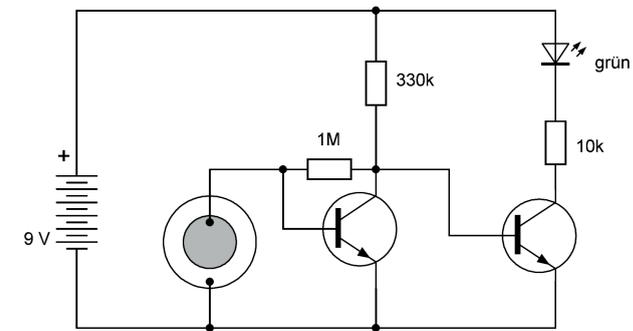
Eine Schaltung wie diese nennt man ein monostabiles Flipflop. Das bedeutet, dass es nur einen stabilen Zustand gibt, in diesem Fall den Aus-Zustand. Der An-Zustand wird nur für eine kurze Zeit eingeschaltet, und zwar so lange, bis der Kondensator vollständig aufgeladen ist.



19

Ein Schwingungssensor

Das Türchen Nummer 19 verbirgt einen Widerstand mit $10\text{ k}\Omega$ (Braun, Schwarz, Orange). Er wird in dieser Schaltung als Vorwiderstand für die LED eingesetzt. Zwei Transistoren bilden einen empfindlichen Verstärker. Im Ruhezustand leuchtet die LED nur schwach. Am Eingang des Verstärkers ist der Piezowandler angeschlossen. Wenn nun die Membran des Piezowandlers in Schwingungen versetzt wird, entsteht eine kleine Spannung, die deutlich verstärkt wird. Deshalb flackert die LED gut sichtbar.



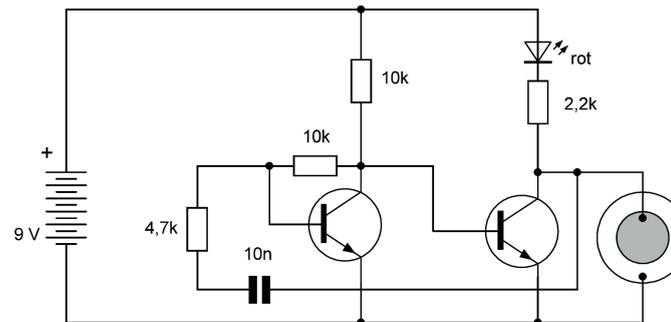
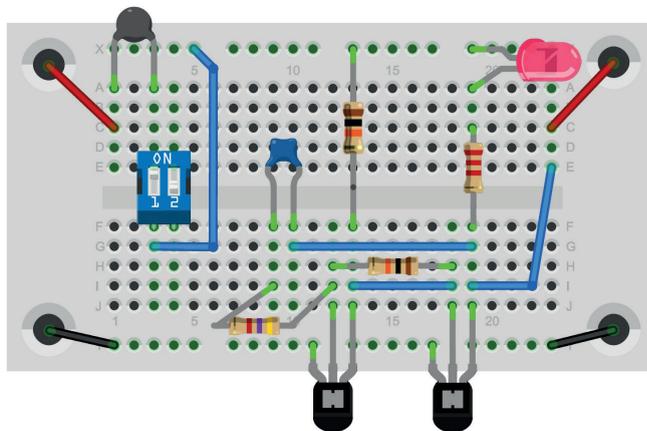
Sogar auf lauten Schall reagiert die Schaltung. Der Piezowandler arbeitet dann wie ein Mikrofon. Klatsche in die Hände und beobachte das Flackern der LED. Drehe dann den Wandler um und lege ein kleines Gewicht auf die Membran. Das können zum Beispiel ein Radiergummi oder eine Cent-Münze sein. Dann klopfe sanft auf den Tisch. Die LED zeigt starkes Flackern. Sogar kleinste Schwingungen des Fußbodens können angezeigt werden, wenn gerade jemand durch den Raum geht.

20

Ein Tongenerator

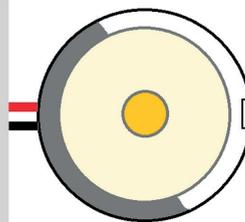
Hinter dem Türchen Nummer 20 verbirgt sich ein Kondensator mit 10 nF (Aufdruck 103). Baue nun einen elektronischen Tongenerator. Aus dem Lautsprecher hörst du einen gleichförmigen Ton. Berühre nun den Kondensator mit den Fingern, sodass er sich etwas erwärmt. Dabei ändert sich der Ton ganz langsam.

Diese Schaltung nennt man ein astabiles Flipflop, denn keiner von beiden Zuständen ist stabil. Der Strom wird immer wieder ein- und ausgeschaltet. Die schnellen Änderungen erzeugen eine Bewegung der Piezoscheibe und



damit einen Ton. Die Frequenz, also die Tonhöhe, hängt von den Bauteilen ab. Tausche einmal den kleinen Kondensator mit 10 nF gegen den größeren mit 100 nF. Der Ton wird nun sehr viel tiefer und ähnelt eher einem Knattern.

Die LED scheint gleichmäßig zu leuchten. Wenn du aber eine schnelle Bewegung mit den Augen machst, siehst du, dass sie tatsächlich sehr schnell flackert. Noch deutlicher siehst du das Flackern, wenn du die LED über einen kleinen Spiegel betrachtest, den du gleichzeitig bewegst. So kannst du sogar die einzelnen Schwingungen des hohen Tons erkennen.



INFOBOX



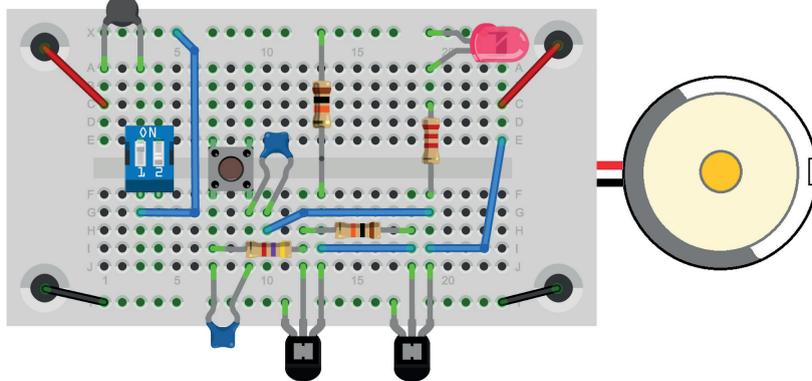
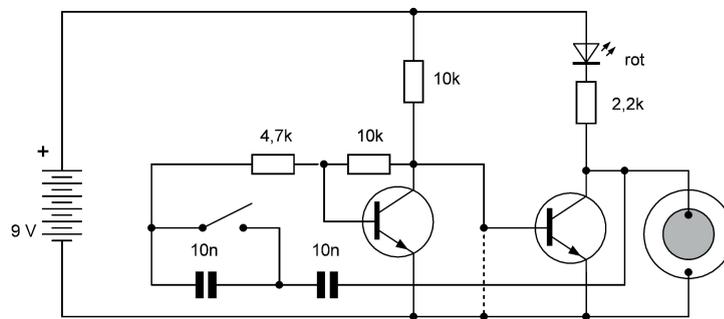
Der Oszillator

Eine Schaltung, die selbstständig Schwingungen erzeugt, nennt man auch einen Oszillator. Oszillatoren sind wichtige Schaltungen der Elektronik und der Computertechnik. In einem Computer arbeiten sehr viele Bauteile im Gleichtakt. Dieser Takt wird von einem Oszillator vorgegeben, ganz ähnlich wie ein Dirigent ein ganzes Orchester mit seinem Takstock dirigiert.



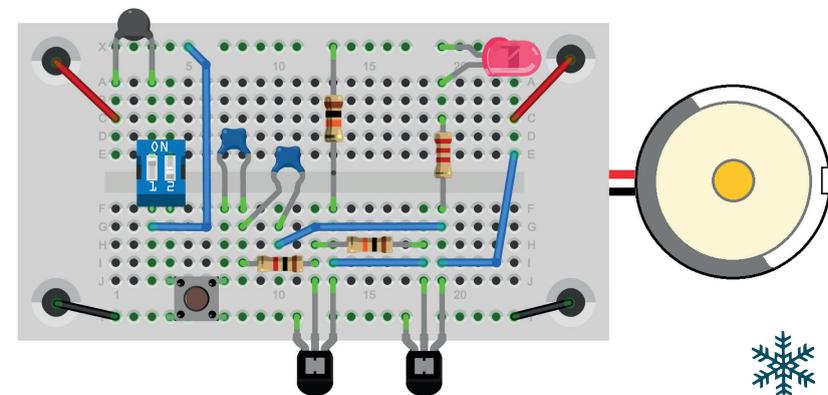
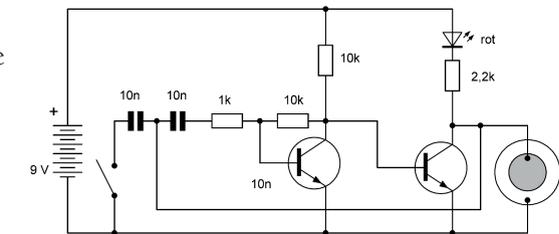
21 Tonumschalter

Das Türchen Nummer 21 verbirgt einen zweiten Kondensator mit 10 nF (Aufdruck 103). Baue ihn in Reihe zum ersten Kondensator ein. Damit wird der Ton noch höher. Zusätzlich gibt es nun einen Tastschalter, der den zweiten Kondensator überbrückt. Immer wenn du auf den Taster drückst, wird der Ton tiefer.



22 Besondere Klänge

Hinter dem Türchen Nummer 22 findest du einen Widerstand mit 1 k Ω . Baue damit deinen Tongenerator noch einmal um. Wieder gibt es einen Taster zur Veränderung der Tonhöhe. Schalte den Ton immer wieder um und ändere dabei den Abstand zwischen Piezowandler und Tisch. Damit kannst du noch weitere Töne erzeugen. Das funktioniert, weil der Schall reflektiert wird



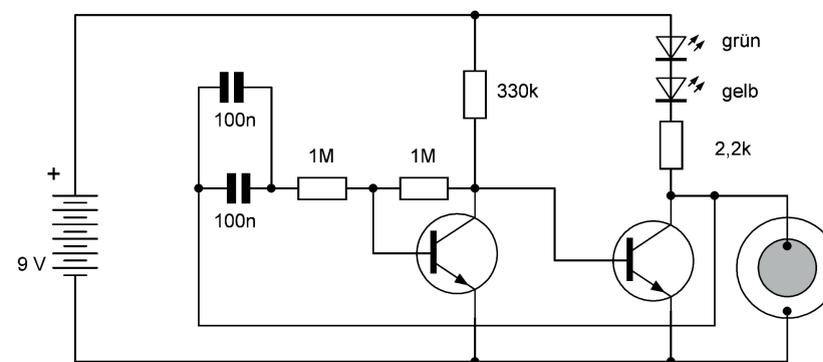
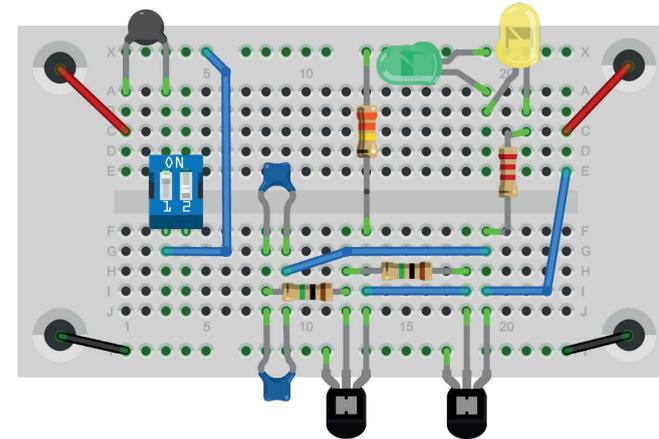
und das Flipflop beeinflusst. Auch eine direkte Berührung mit dem Finger ändert den Ton, genauso wie ein Zuhalten des Schalllochs. Mit etwas Geschick kannst du besondere Klänge erzeugen oder eine ganz eigene Musik.

23

Der LED-Blinker

Öffne das Türchen Nummer 23 und nimm einen zweiten Kondensator mit 100 nF (104) heraus. Er wird nun zusammen mit dem anderen Kondensator mit ebenfalls 100 verwendet, um langsame Schwingungen zu erzeugen. Aus dem Tongenerator wird ein Blinker mit zwei LEDs. Damit das Blinken langsam genug ist, wurden auch die Widerstände gegen größere ausgetauscht. Der Schallwandler bleibt angeschlossen, aber statt eines Tons hörst du nun ein Klicken, ähnlich dem Ticken einer Uhr.

Ziehe einmal einen der Kondensatoren heraus. Das Blinken wird dadurch doppelt so schnell und auch das Geräusch ändert sich.



24

Der Vierfach-Wechselblinker

Hinter dem Türchen Nummer 24 kommt eine weitere grüne LED zum Vorschein. Dein Blinker wird nun zu einem Wechselblinker mit insgesamt vier LEDs erweitert. Dieses besondere Licht kannst du in den Weihnachtsbaum hängen. Und aus dem Lautsprecher hört man ein leises Kicken. Oder ist das vielleicht der Weihnachtsmann mit seinen Rentieren und ihren klappernden Hufen? Jeder soll mal genau lauschen und dann sagen, was er da wirklich hört. Und wenn du einen der Kondensatoren herausziehst, werden das Blinken und das Geräusch schneller.

Jetzt hast du schon so viele Versuche aufgebaut, dass du sicherlich auch eigene Ideen und Änderungswünsche umsetzen kannst. Du weißt ja, wie man ein Blinken schneller oder langsamer macht, wie die LED-Helligkeit verändert werden kann und vieles mehr. Hebe alle Bauteile gut auf und experimentiere damit weiter. Vielleicht erfindest du ja eines Tages ganz neue Dinge.

