



EXPERIMENTE MIT ELEKTRONIK





Inhalt

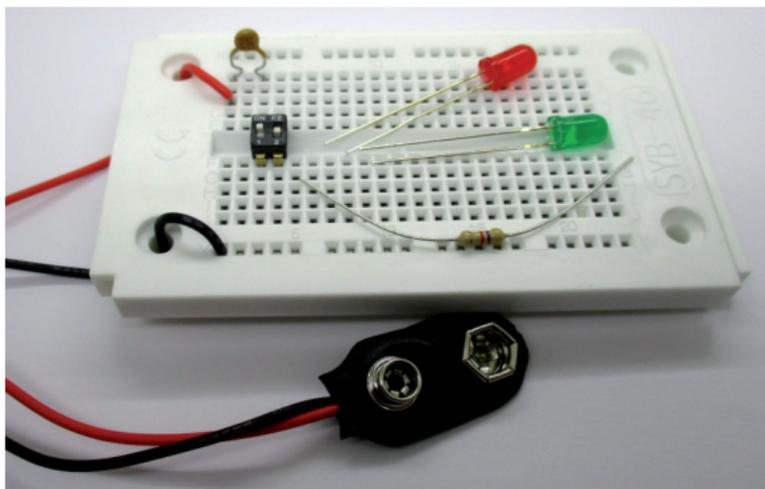
1 Vorbereitungen.....	3
2 Einfache LED-Lampe	4
3 Mehr Farbe: Rot und Grün	7
4 Bereitschaftslicht für die Nacht	8
5 Umschaltbare Helligkeit	10
6 Verstärkter Strom	13
7 Eine Alarmanlage	16
8 Aus bei Knopfdruck.....	17
9 Ein langes Nachleuchten.....	19
10 Rot und Grün im gleichen Takt.....	21
11 Ausschaltverzögerung für drei LEDs	23
12 Dreier-Blinklicht im gleichen Takt	25
13 Berührungsschalter.....	26
14 Ein LED-Lichtsensord	28
15 Mit Zusatzschalter auch bei Dunkelheit	30
16 Transistor-Flipflop: Rot oder Grün	32
17 Reaktionsspiel	34
18 Vierfarbenumschalter.....	36
19 Einfaches RS-Flipflip	38
20 Temperatursensord.....	39
21 Langsamer Blinkgeber.....	41
22 Dreifarben-Transistorblinker	42

23 Unterbrochenes Blinken	44
24 Flackerndes Feuer	45
25 Die besondere LED-Leuchte.....	47

1 Vorbereitungen

Im Mittelpunkt dieses Lernpakets stehen Leuchtdioden und Transistoren. Damit sind auch komplexe Anwendungen möglich. Und wer möchte, findet hier auch die nötigen Informationen darüber, wie das alles funktioniert.

Das Lernpaket enthält die folgenden Bauteile zum Aufbau und zur Verbindung der Bauteile: eine Steckplatte zum Aufbau aller Versuche, ein 9-V-Batterieclip zum Anschluss der Batterie, ein Doppelschalter mit vier Anschlüssen, eine Sicherung mit zwei Drähten sowie fünf Kabel zum Einstecken in die Steckplatte.



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. Man sollte vorher mit einer Nadel kleine Löcher in die Schutzfolie auf der Rückseite der Platte stechen und die Kabel von unten hindurchstecken. Das sorgt für eine ausreichende Fixierung. Der Schalter und die Sicherung sollen genau in die gezeigte Position gesteckt werden. Das passt dann für alle folgenden Versuche.

Außerdem gibt es sechs Leuchtdioden (LEDs), darunter fünf bunte LEDs in den Farben Rot, Gelb, Grün, Blau und Pink sowie eine rote Blink-LED, die ein klareres Gehäuse hat, in dem man einen zusätzlichen kleinen Chip erkennen kann.

Achtung, die LEDs dürfen niemals direkt an eine Batterie mit 9 V angeschlossen werden! Man muss immer noch einen Widerstand verwenden, der die elektrische Stromstärke verkleinert. Es gibt neun Widerstände, die man anhand ihrer Farbringe unterscheiden kann.

Besonders interessant sind die Versuche mit den weiteren elektronischen Bauteilen. Entscheidend sind die beiden Transistoren mit der Typenbezeichnung BC547B. Sie haben drei Anschlüsse, die man nicht verwechseln darf. Außerdem gibt es einen Elektrolytkondensator mit 100 Mikrofarad (100 μF) und zwei kleine Tastschalter.

2 Einfache LED-Lampe

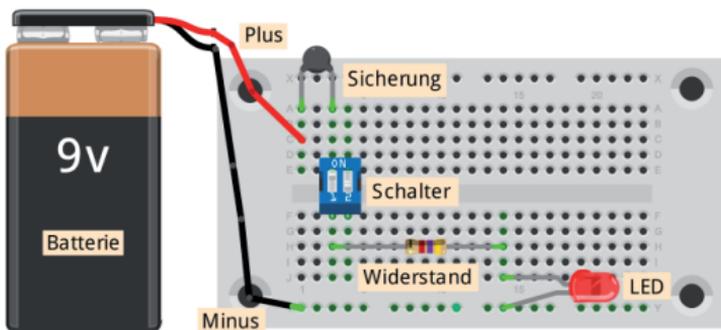
Für den ersten Versuch braucht man sechs Bauteile, von denen vier bei jedem Versuch immer wieder gebraucht werden:

Die Steckplatine, der Batterieclip, der Schalter und die Sicherung. Dazu kommen für den ersten Versuch ein Widerstand mit 4.700 Ohm (Gelb, Violett, Rot, 4,7 k Ω) und eine rote Leuchtdiode (LED).



Wichtig ist die Einbaurichtung der LED. 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.

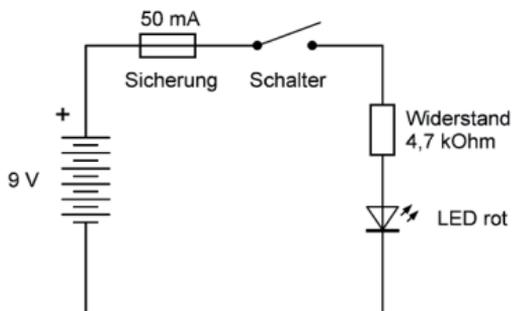
Nach dem Aufbau und einer abschließenden Kontrolle soll die Batterie angeschlossen werden - fertig ist ein rotes LED-Licht mit Schalter. Schiebt man den linken Schalter in Richtung ON, leuchtet die rote LED. Falls es nicht funktioniert, sollte der Aufbau noch einmal überprüft werden. Der häufigste Fehler ist eine falsch herum eingebaute LED. Aber kein Problem, dabei geht nichts kaputt. Wenn sie richtig herum eingesetzt wird, funktioniert es.



Schaltbilder

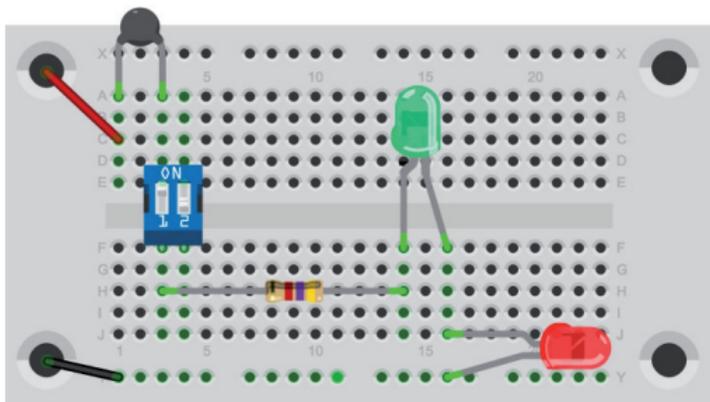
Die Schaltbilder in diesem Handbuch muss man nicht unbedingt beachten, um die Versuche erfolgreich aufzubauen. Aber sie können dabei helfen, alles besser zu verstehen. Ein Schaltbild zeigt die Verbindungen der Bauteile in einer vereinfachten Art mit Schaltsymbolen für jedes Bauteil. Wenn man sich daran gewöhnt hat, versteht man 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 einen Pfeil, der die Stromrichtung darstellt. Zwei kleine Pfeile deuten auf das erzeugte Licht hin. In diesem Schaltbild sieht man deutlich, dass alle Bauteile einen geschlossenen Weg bilden, also einen Stromkreis. Nur an einer Stelle ist der Weg unterbrochen: am gerade geöffneten Schalter.



3 Mehr Farbe: Rot und Grün

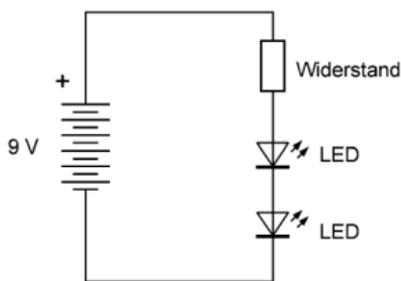
Hier wird zusätzlich eine grüne LED in Reihe zur roten LED eingebaut. Damit leuchten beide LEDs gemeinsam. Mit dem Schalter kann man beide gemeinsam ein- und ausschalten.



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 kann man leicht ausprobieren, indem man beide LEDs vertauscht. Die Helligkeit bleibt dabei genau gleich.

Die Batteriespannung von 9 V verteilt sich auf drei Verbraucher. Die rote LED hat einen Spannungsabfall von 1,8 V, die grüne 2,4 V, und der Widerstand 4,8 V. Wenn man alle Teilspannungen addiert, erhält man die Gesamtspannung: $1,8 \text{ V} + 2,4 \text{ V} + 4,8 \text{ V} = 9,0 \text{ V}$.

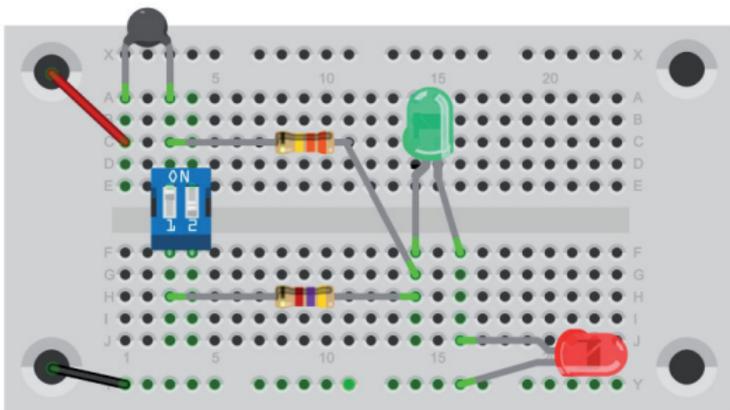
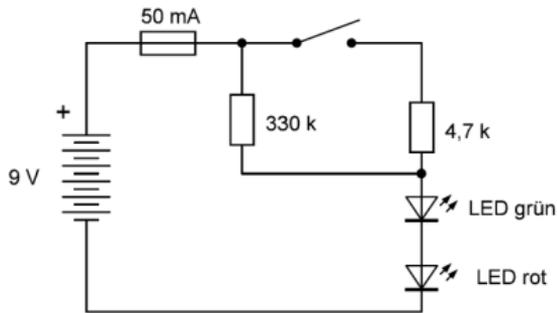


Vereinfachtes Schaltbild einer Reihenschaltung

4 Bereitschaftslicht für die Nacht

Hier wird ein weiterer Widerstand mit $330\text{ k}\Omega$ (330 Kiloohm) eingebaut. Er trägt die Farbringe Orange, Orange, Gelb sowie einen zusätzlichen goldenen Ring. Je größer der Widerstand, desto weniger Strom fließt. Der erste Widerstand hatte nur $4,7\text{ k}\Omega$ (Gelb, Violett, Rot) und sorgte für relativ helles Licht. Wenn der größere Widerstand verwendet wird, leuchten die LEDs nur noch schwach.

In dem Bereitschaftslicht sorgt der große Widerstand dafür, dass man die Lampe auch bei Dunkelheit jederzeit findet. Wenn die Lampe dann gebraucht wird, schaltet man die größere Helligkeit ein. So etwas gibt es auch bei manchen Lichtschaltern. Eine kleine Glimmlampe sorgt dafür, dass man den Schalter leichter findet.



Widerstände und ihre Farbringe

Die Farbringe auf den Widerständen stehen für Zahlen. Sie werden beginnend mit 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 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: Gelb = 4, Violett = 7, Rot = 00, zusammen 4.700 Ohm, also 4,7 k Ω .

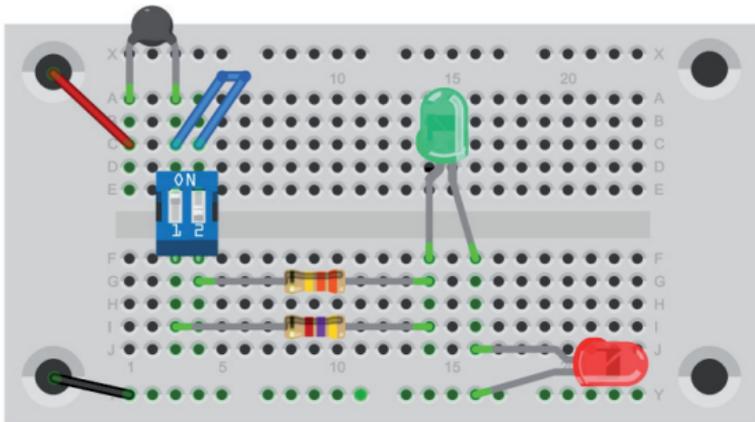
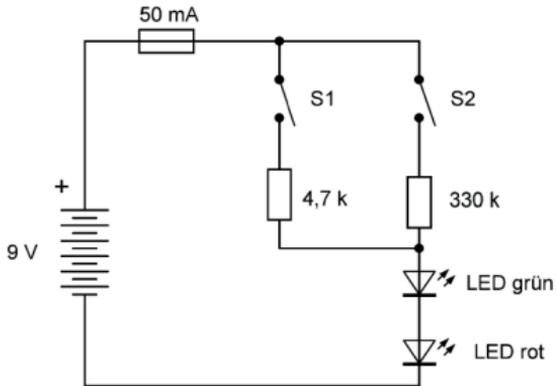
Der Widerstandsfarbcode

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 %

5 Umschaltbare Helligkeit

Hier wird die LED-Leuchte so umgebaut, dass beide Teile des Schalters für eine eigene Helligkeit zuständig sind. Dazu braucht man ein Kabel mit zwei Steckern. Nun lassen sich je nach Wunsch drei Helligkeiten einschalten: aus, schwaches Licht und helles Licht. Wenn beide Schalter gemeinsam an sind, müsste

es eigentlich noch eine vierte Stufe geben, denn nun fließt der Strom durch beide Widerstände. Aber der Unterschied zur dritten Stufe ist so gering, dass man ihn nicht bemerkt.



Spannung, Widerstand und Strom

Bekanntlich wird die elektrische Spannung in Volt (V) gemessen. Die Batterie hat 9 V. Und einen Widerstand misst man in Ohm (Ω) oder Kiloohm ($1 \text{ k}\Omega = 1.000 \Omega$). Es gibt aber noch eine andere sehr wichtige Messgröße: Die elektrische Stromstärke misst man in Ampere (A) oder bei kleinen Stromstärken in Milliampere ($1 \text{ mA} = 1/1000 \text{ A}$). All diese Namen stammen von berühmten Forschern, die vor etwa 200 Jahren als Erste die Elektrizität erforschten: 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. Ist die Batterie noch neu, hat sie eine Spannung von 9 V. Die beiden LEDs brauchen zusammen ungefähr 4 V. Da bleiben noch 5 V für den Widerstand. Und dann kann man für die größere Helligkeit so rechnen:

Strom = Spannung / Widerstand

Strom = 5 V / 4700 Ω

Strom = 0,0011 A = 1,1 mA

Das ist nicht viel, es fließen nur 1,1 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 die Lampe leuchtet etwa 450 Stunden mit 1,1 mA, also fast drei Wochen lang.

Für den größeren Widerstand mit $330\text{ k}\Omega$ kommt man auf einen Strom von rund $0,015\text{ mA}$ und eine Betriebsdauer von vier Jahren mit nur einer Batterie. Strom sparen lohnt sich!

6 Verstärkter Strom

Das wichtigste Bauteil dieses Lernpakets ist der Transistor. Er hat drei Anschlüsse, die man nicht verwechseln darf. Sie heißen Emitter (E), Basis (B) und Kollektor (C). Die Abkürzung C stammt 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.

Transistoren sind in allen Bereichen der Elektronik wichtige Bauelemente. 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. Die Schaltung zeigt sogar schon ein wichtiges Grundelement eines Computers, nämlich die UND-Schaltung. Nur wenn Schalter 1 (S1) UND Schalter 2 (S2) auf ON stehen,

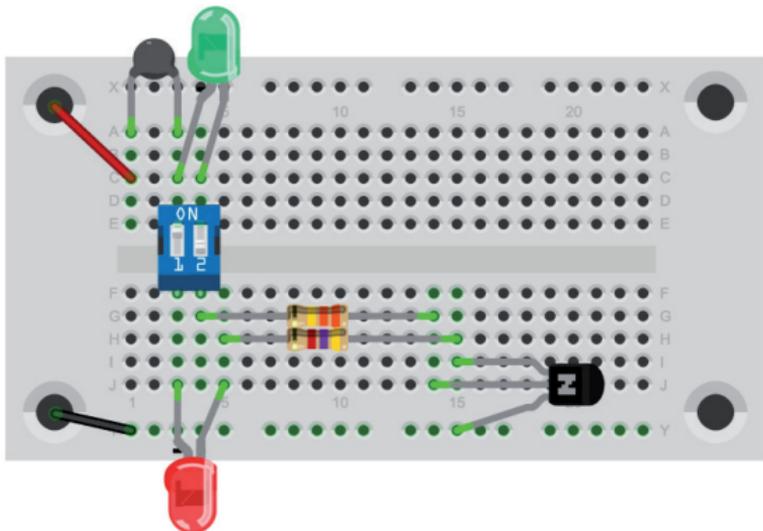
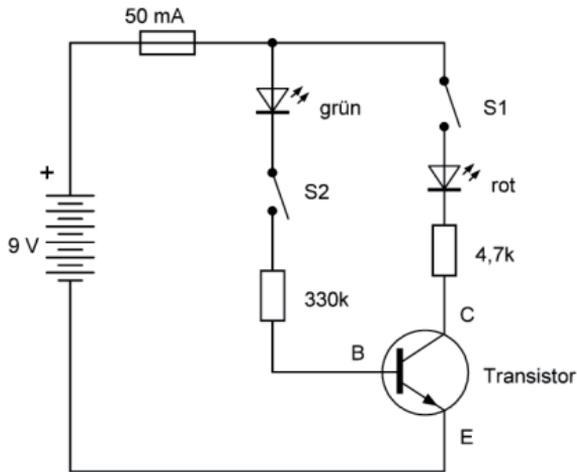
geht die rote LED an. Ist einer von beiden oder sind beide ausgeschaltet, bleibt sie aus. Aus sehr vielen solchen Grundschaltungen kann man Automaten, Rechenmaschinen oder ganze Computer bauen.

Transistoren

Der Transistor enthält einen Kristall aus Silizium. Silizium (Si) ist in ganz normalem Quarzsand in großen Mengen enthalten (Quarz = Siliziumoxid). 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.



Dieser Transistor hat die Typenbezeichnung BC547B. Mit dieser Bezeichnung kann man genau den richtigen Typ auswählen, der übrigens von mehreren Firmen hergestellt wird. Oder man kann im Internet nach dem Datenblatt suchen. Darin stehen die entscheidenden Eigenschaften und Messwerte. 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.



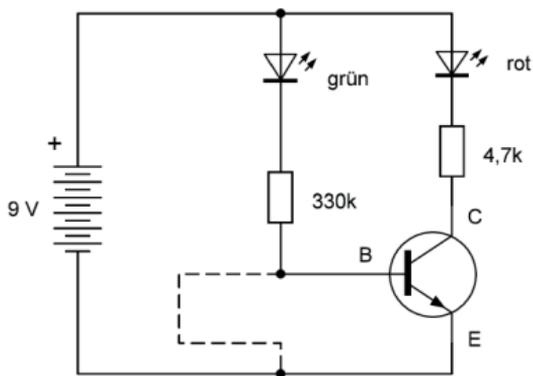
7 Eine Alarmanlage

Für diese kleine Alarmanlage braucht man ein zweites Kabel. Es bildet eine Verbindung zwischen der Basis, die den Kollektorstrom abschaltet, und dem Emitter des Transistors. Wenn man aber das Kabel herauszieht, wird der Alarm ausgelöst. Dann geht die rote LED an.

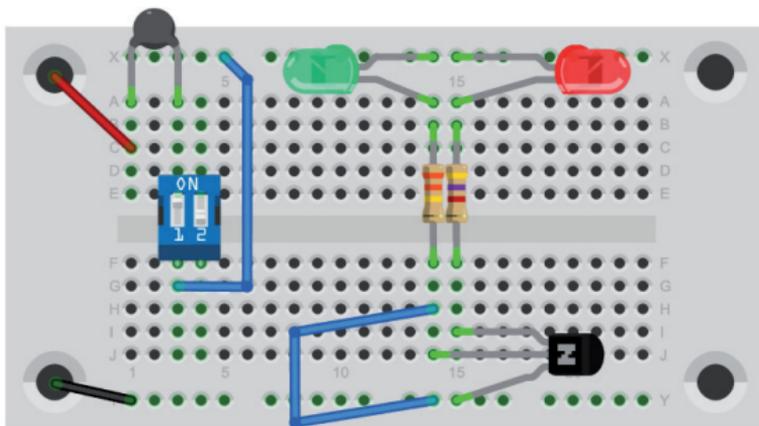
Eine Alarmanlage könnte mit einem dünnen Draht gebaut werden, der zerreißt, wenn jemand ein Fenster oder eine Tür öffnet. Der Draht könnte in Form einer Alarmschleife gleich mehrere Fenster und Türen sichern. Sollte ein Einbrecher ihn entdecken und kurzerhand durchtrennen, um den Alarm auszuschalten, hat er sich gründlich verrechnet. Denn dann geht der Alarm ebenfalls los.

Im Alarmzustand fließt ein kleiner Strom durch die grüne LED, den 330-k Ω -Widerstand und durch den Basisanschluss des Transistors. Der Transistor schaltet deshalb den Kollektorstrom ein, sodass die rote LED leuchtet. Die Alarmschleife bildet aber einen Kurzschluss zwischen Basis und Emitter. Damit wird der Basisstrom abgeschaltet. Ohne Basisstrom fließt auch kein Kollektorstrom, die rote LED bleibt aus. Wenn man aber die Alarmschleife auftrennt, wird der Transistor eingeschaltet.

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.



Achtung, die Sicherung und der Schalter sind im Schaltbild nicht mehr eingezeichnet, gehören aber immer dazu.



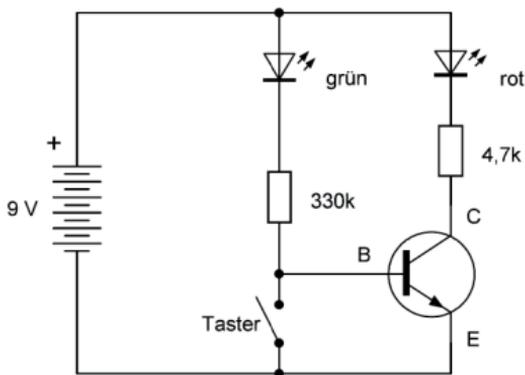
8 Aus bei Knopfdruck

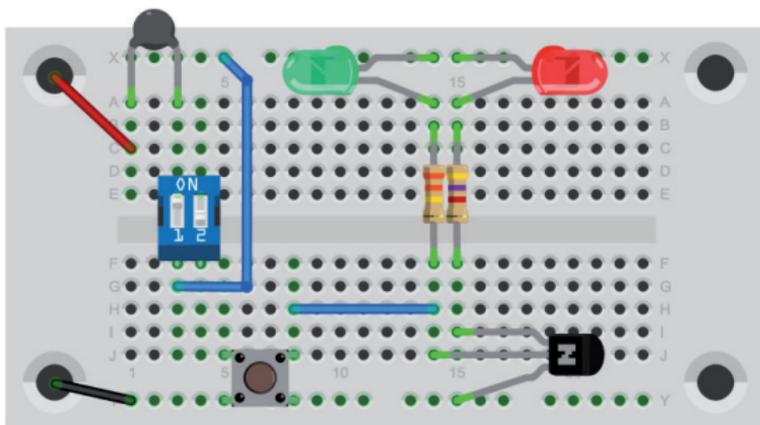
Hier wird anstelle der Alarmschleife des letzten Versuchs ein Tastschalter eingebaut. Im Normalzustand ist der Schalter ge-

öffnet. Nur wenn man auf den Knopf drückt, schließt sich der Kontakt. Damit schaltet man nun die rote LED aus.

Die NICHT-Schaltung

Eigentlich seltsam, man schließt einen Kontakt und schaltet einen Strom ein, aber dadurch wird ein anderer Strom abgeschaltet. Ein Einschalten bewirkt ein Ausschalten, also das genaue Gegenteil. Auch dies gehört zu den wichtigen Grundsaltungen der Computertechnik und wird als NICHT-Schaltung bezeichnet. Ein anderer Ausdruck dafür ist „Inverter“ („Umkehrer“). Wie die UND-Schaltung ist auch die NICHT-Schaltung eine logische Grundsaltung. Aus sehr vielen UND- und NICHT-Schaltungen könnte man einen ganzen Computer bauen.





9 Ein langes Nachleuchten

Der Kondensator in diesem Lernpaket ist so etwas wie ein kleiner Energiespeicher. Es handelt sich um einen Elektrolytkondensator (kurz Elko), und die Besonderheit des Elkos ist, dass man wie bei einer LED die Polung beachten muss. Der Minuspol ist mit einem dicken weißen Strich gekennzeichnet und muss mit Minus verbunden werden.

Achtung! Ein Elektrolytkondensator darf nicht falsch herum eingebaut werden. Wenn bei einem Elko Plus und Minus vertauscht werden, funktioniert seine Isolierung nicht. Es fließt dann Strom, der auf Dauer zu einer Zerstörung des Bauteils führt.

Ein Druck auf den Taster schaltet die LED ein. Wenn man ihn wieder loslässt, geht die LED nicht sofort aus, sondern leuch-

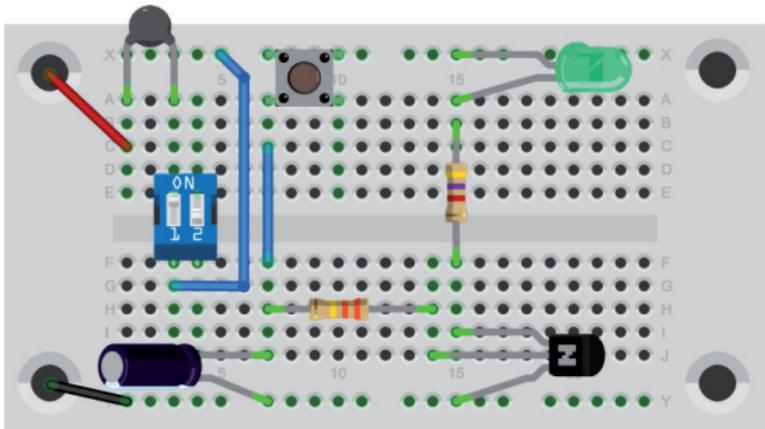
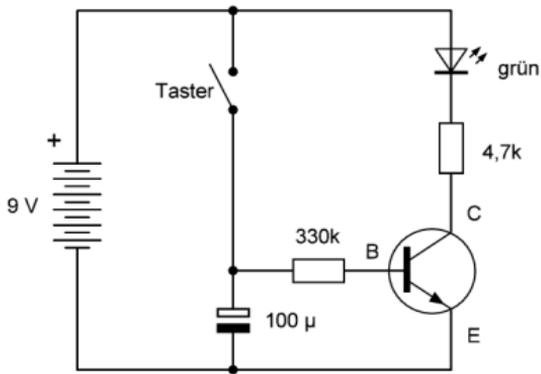
tet noch ein bis zwei Minuten nach und wird dann langsam immer schwächer. Das ist eine ideale Nachtlampe, denn man kann sich allmählich an die Dunkelheit gewöhnen.

Kondensator

Ein Kondensator besteht aus zwei Metallplatten oder Metallfolien, die sich nicht berühren, sondern voneinander isoliert sind. Wenn man sie mit einer Batterie verbindet, werden sie elektrisch aufgeladen und speichern nun elektrische Energie.

Die Kapazität eines Kondensators, also wie viel elektrische Ladung ein Kondensator bei einer bestimmten Spannung speichert, wird in der Einheit Farad gemessen, benannt nach dem bekannten Forscher Michael Faraday. Dieser Kondensator hat aber nur 100 Mikروفarad ($100 \mu\text{F}$). $1 \mu\text{F}$ ist ein Millionstel Farad. Der griechische Buchstabe μ (My) ist das griechische kleine m , und „mikros“ heißt auf Griechisch „klein“. Eine Kapazität von $100 \mu\text{F}$ ist also recht klein. Aber weil der Widerstand von $330 \text{k}\Omega$ sehr groß ist, wird der Kondensator mit einem sehr kleinen Strom nur langsam entladen. Der Transistor verstärkt diesen kleinen Entladestrom und lässt die LED hell genug leuchten.

Ohne den Transistor reicht die gespeicherte Energie nur für einen kurzen Lichtblitz. Das kann man leicht testen, indem man den gerade aufgeladenen Kondensator aus der Steckplatine nimmt und ihn richtig herum an eine LED hält, die dann einmal kurz aufleuchtet.



10 Rot und Grün im gleichen Takt

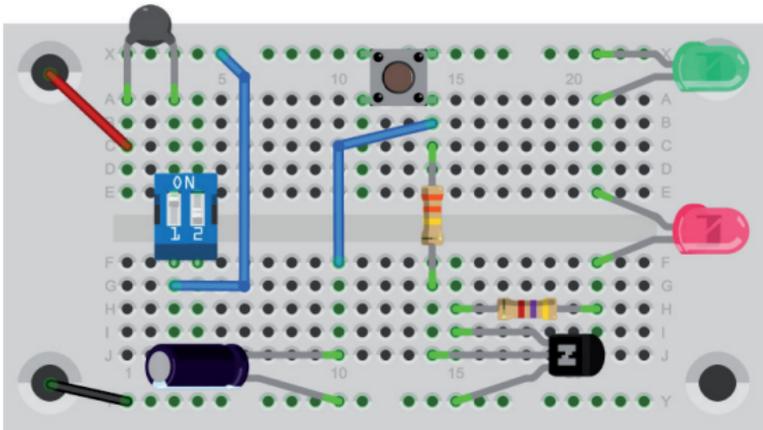
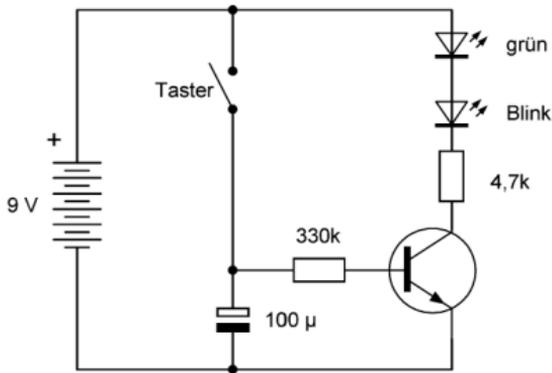
Die rote Blink-LED enthält neben dem LED-Kristall eine Schaltung, die den LED-Strom immer wieder ein- und ausschaltet. Wenn man sie wie im Aufbauplan einbaut, wird auch die

grüne LED mit ein- und ausgeschaltet. Das Ergebnis ist ein rot-grünes Blinklicht, das man mit dem Tastschalter startet und das dann langsam immer schwächer wird. Sollten die LEDs nicht blinken, wurde vermutlich die normale rote LED eingebaut, die man an ihrem etwas matt gefärbten Gehäuse erkennen kann.

Die Blink-LED

Die Blink-LED enthält einen elektronischen Schalter, der aus einem Transistor besteht. Aber es sind weitere Transistoren und andere Bauelemente nötig, die zusammen eine komplexe Schaltung bilden und die Aufgabe haben, den genauen Zeitablauf zu steuern. Alles zusammen ist auf einem kleinen Stück Silizium aufgebaut, das neben dem LED-Kristall eingebaut ist. Später wird eine eigene Blinkschaltung gebaut, um genauer zu verstehen, wie so etwas funktioniert.

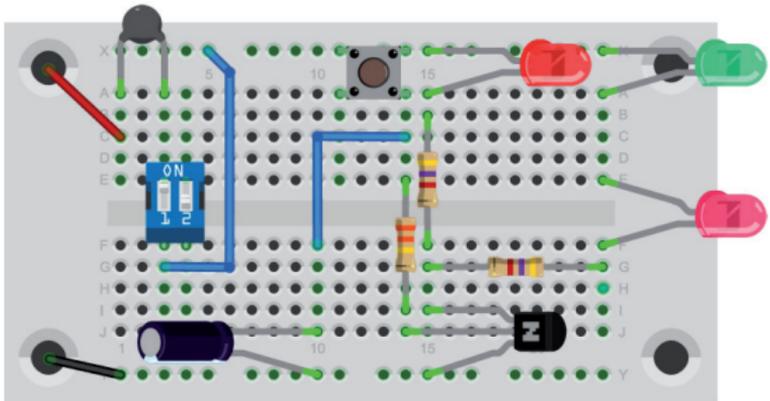
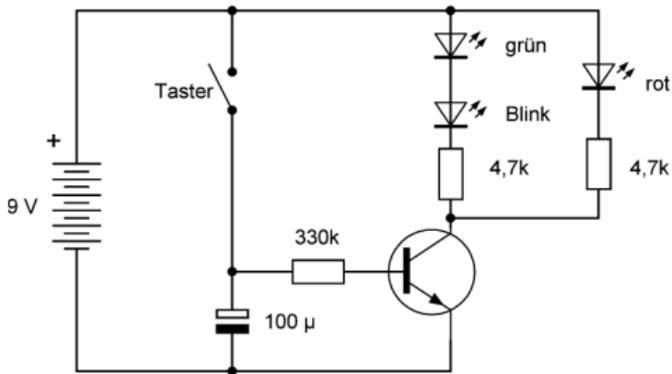
Man kann erkennen, dass die grüne LED in den Blinkpausen nie ganz ausgeht, sondern noch schwach weiterleuchtet. Das liegt daran, dass zwar durch den roten LED-Kristall kein Strom mehr fließt, wohl aber durch die übrigen Teile der Schaltung. Deshalb bleibt im Aus-Zustand ein kleiner Strom übrig, der die grüne LED noch schwach leuchten lässt.



11 Ausschaltverzögerung für drei LEDs

Nun wird noch eine dritte LED zusammen mit einem weiteren Widerstand von 4,7 kΩ (Gelb, Violett, Rot) eingebaut. Die zweite rote LED blinkt nicht, weil sie nicht in Reihe zur Blink-

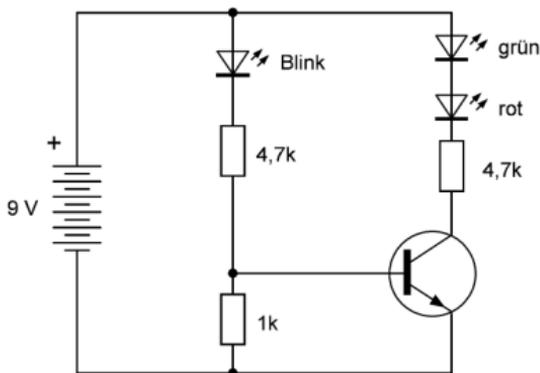
LED liegt. Aber sie geht wie die anderen LEDs langsam aus. Ganz am Ende leuchtet nur noch die rote LED. Die grüne LED und die Blink-LED sind dann schon ganz aus, weil sie zusammen mehr Spannung benötigen.

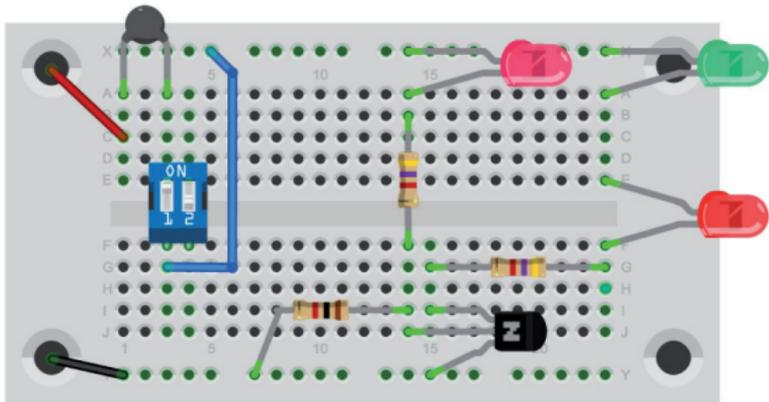


12 Dreier-Blinklicht im gleichen Takt

Die Schaltung wird nun so verändert, dass alle drei LEDs in den Blinkpausen vollständig ausgehen. Dabei kommt ein Widerstand mit $1\text{ k}\Omega$ (Braun, Schwarz, Rot) zum Einsatz. Die rote Blink-LED steuert den Transistor an, der dadurch die rote und die grüne LED ein- und ausschaltet. Das Ergebnis ist ein Blinken aller drei LEDs.

Nimmt man zum Test den $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand aus der Schaltung, blinkt nur noch die Blink-LED, die anderen beiden LEDs bleiben immer an. Die Verstärkung des Transistors ist nämlich groß genug, um allein schon durch den kleinen Reststrom der Blink-LED die übrigen LEDs voll einzuschalten. Der Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ dient also dazu, diesen kleinen Strom abzuleiten, sodass der Transistor nur im An-Zustand der Blink-LED leitet. Die drei LEDs zusammen blinken nun viel heller als die Blink-LED allein – man sieht also, dass der Transistor als Verstärker arbeitet.





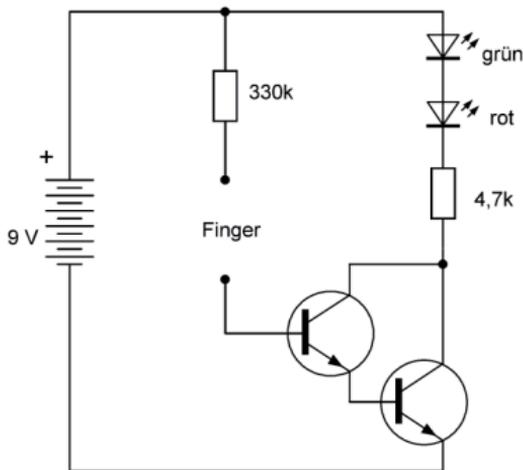
13 Berührungsschalter

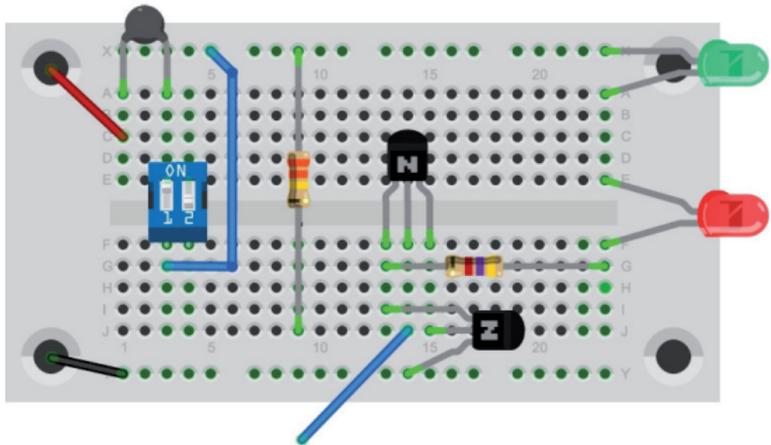
Ein weiterer Transistor soll nun zusammen mit dem ersten für noch mehr Verstärkung sorgen. Beide Kollektorschlüsse sind direkt verbunden, und der Emittor des ersten Transistors führt zur Basis des zweiten. Diese Schaltung nennt man Darlington-Schaltung. Damit wird ein Berührungsschalter gebaut. Wenn man mit dem Finger gleichzeitig das freie Ende des Kabels und den Widerstand mit 330 k Ω berührt, fließt ein ganz kleiner, nicht spürbarer Strom durch den Finger, der so weit verstärkt wird, dass beide LEDs eingeschaltet werden.

Bisher konnte der erste Transistor immer an seiner Position stecken bleiben. Aber nun muss er anders eingebaut werden, damit beide passend verbunden werden. Der neue Eingang ist die Basis des linken Transistors.

Die Darlington-Schaltung

Die Verbindung von zwei Transistoren wie im Schaltbild nennt man 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 Emittor des ersten Transistors fließt zur Basis des zweiten. Die Darlington-Schaltung verhält sich wie ein einzelner Transistor mit riesiger Verstärkung.





14 LED-Lichtsensor

In diesem Versuch wird eine gelbe LED als Lichtsensor verwendet. Sie wird andersherum eingebaut als sonst und leitet deshalb eigentlich keinen Strom. Wenn aber Licht auf die LED fällt, bewirkt dies wie bei einer Fotodiode einen kleinen Strom. Er wird dann von zwei Transistoren verstärkt und lässt die anderen beiden LEDs leuchten. Zum Testen eignet sich eine Taschenlampe. Je stärker man die gelbe LED beleuchtet, desto heller leuchten die beiden anderen LEDs.

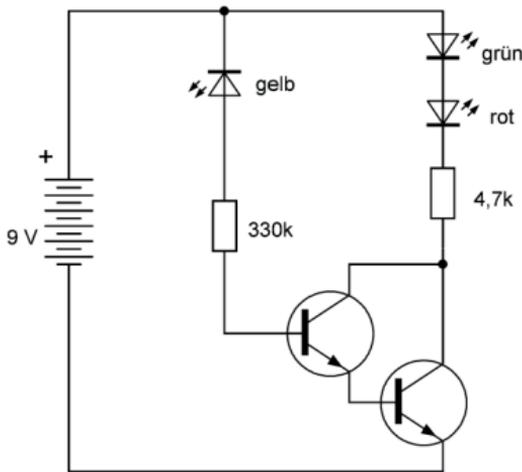
Fotodiode

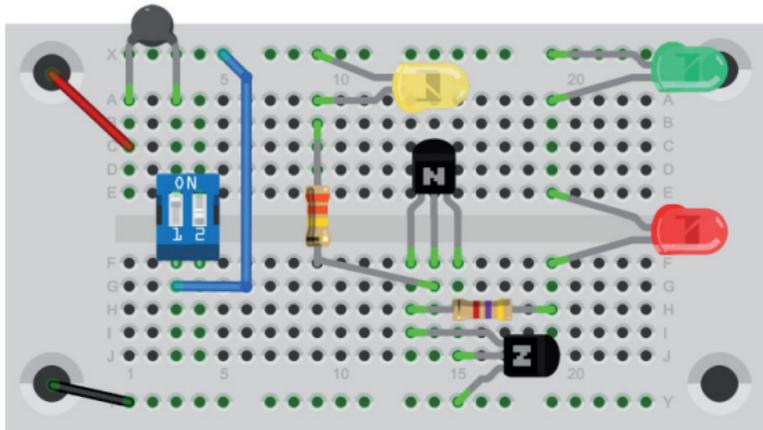
Jede Diode besteht aus einem Halbleiter mit einer PN-Sperrschicht, die in einer Richtung den Strom leitet und in der anderen keinen Strom hindurchlässt, also den Strom sperrt.

Außer Leuchtdioden gibt es Gleichrichterioden und Fotodioden aus Silizium, also dem gleichen Material, aus dem auch 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 ebenfalls nur klein. Nach einer großen Verstärkung durch die beiden Transistoren reicht er aber für diesen Versuch aus.

Zusatzversuch

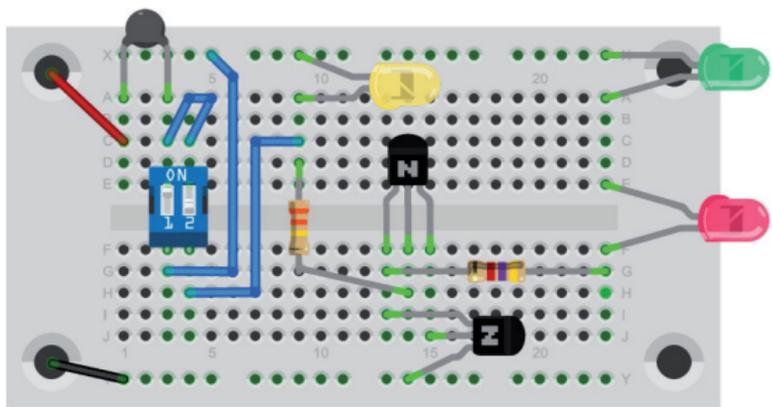
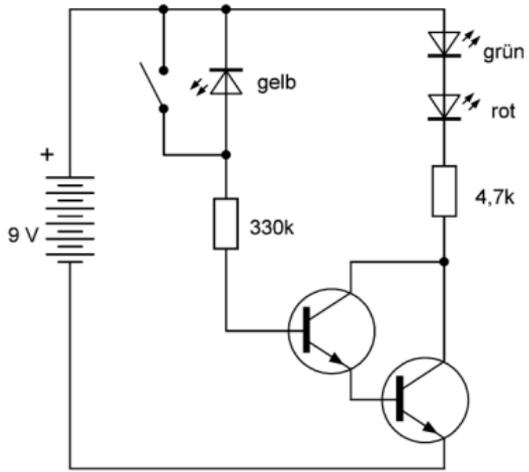
Auch die rote oder die grüne LED kann als Fotodiode arbeiten. Man kann leicht untersuchen, welche LED die beste Fotodiode ist.





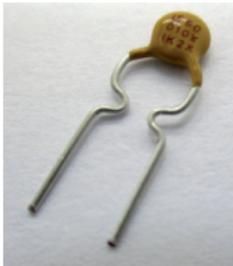
15 Mit Zusatzschalter auch bei Dunkelheit

Hier wird der Lichtsensor um einen zusätzlichen Schalter erweitert. Mit dem zweiten Schalter lassen sich die LEDs auch in der Nacht einschalten. Er liegt parallel zum Lichtsensor und kann deshalb auch bei Dunkelheit für genügend Basisstrom sorgen. Anstatt den Schalter könnte man auch zwei Kontakte für einen Berührungssensor einbauen oder einfach die Drähte der Sensor-LED berühren.



Die PTC-Sicherung

Bei allen Versuchen wird eine Sicherung verwendet, die helfen soll, wenn ein Fehler passiert. Sollte einmal ein Kurzschluss auftreten, könnte ein Kabel glühend heiß werden. Oder die Batterie könnte heiß werden, sich schnell entladen oder im schlimmsten Fall sogar explodieren. Aber die Sicherung würde das Schlimmste verhindern.



Viele Sicherungen brennen einfach durch, wenn man einen Kurzschluss verursacht. Aber diese Spezialsicherung ist eine selbst-rückstellende Sicherung, die man auch PTC-Sicherung nennt. Wenn bei einem Kurzschluss ein zu großer Strom fließt, wird die PTC-Sicherung heiß und lässt nur

noch sehr wenig Strom durch, weil ihr Widerstand stark ansteigt. PTC steht für „Positiver Temperatur-Koeffizient“ und besagt, dass der Widerstand mit der Temperatur steigt. Bei einem Kurzschluss erreicht die PTC-Sicherung bis etwa 60 Grad. Schaltet man dann den Strom ab und beseitigt den Fehler, kühlt sie ab und ist wieder wie neu.

16 Transistor-Flipflop: Rot oder Grün

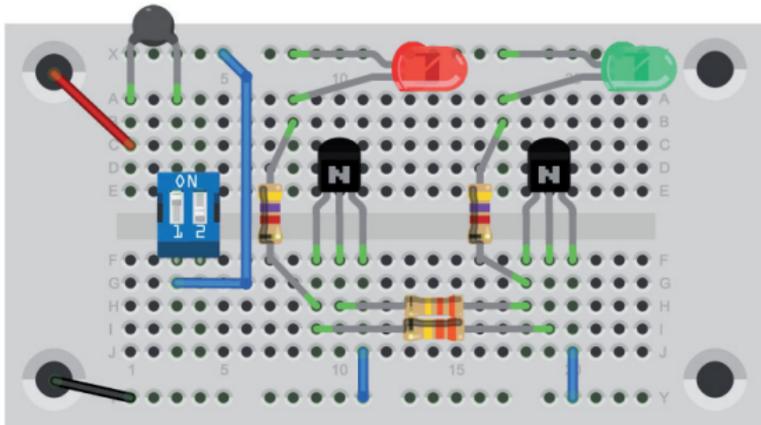
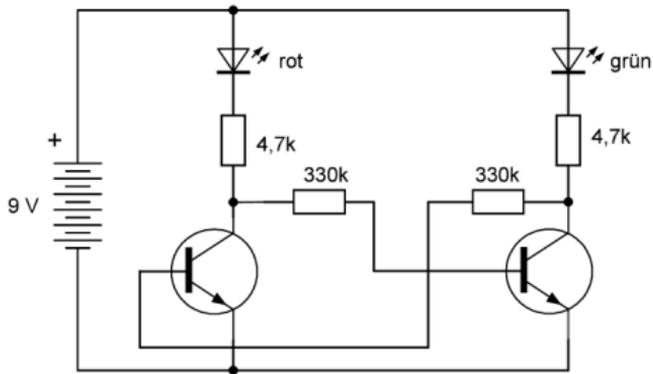
In dieser Schaltung gibt es zwei Transistoren, die sich gegenseitig ein- oder ausschalten. Zu jeder Basis führt ein großer Widerstand mit 330 k Ω . Immer wenn ein Transistor eingeschaltet ist, schaltet er zugleich den Basisstrom des anderen Transistors ab. In diesem Fall ist entweder die rote oder die

grüne LED an. Aber die jeweils andere LED leuchtet noch ganz schwach, weil der kleine Basisstrom des anderen Transistors durch sie hindurchfließt.

Man kann nicht vorhersagen, welche LED nach dem Einschalten leuchten wird. Man kann aber den Zustand umschalten, indem man einen der Basisanschlüsse mit einem Draht berührt und damit aufgrund zufällig vorhandener Ladungen einen kurzen elektrischen Impuls erzeugt. Das funktioniert meist nicht beim ersten Mal. Ein sicheres Umschalten wird jedoch erreicht, wenn man an dem gerade leitenden Transistor die Basis mit dem Emitter verbindet.

Das Flipflop

Ein Flipflop ist eine Schaltung, die zwei stabile Zustände kennt. 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 wie in diesem Fall Rot oder Grün. Sehr viele Flipflops zusammen werden als Speicher in Computern verwendet und speichern entsprechend große Informationsmengen.



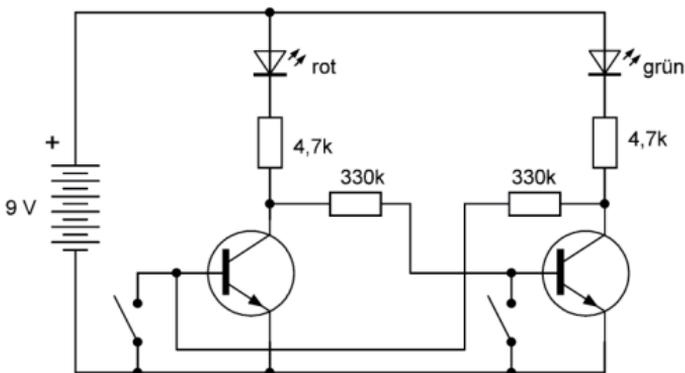
17 Reaktionsspiel

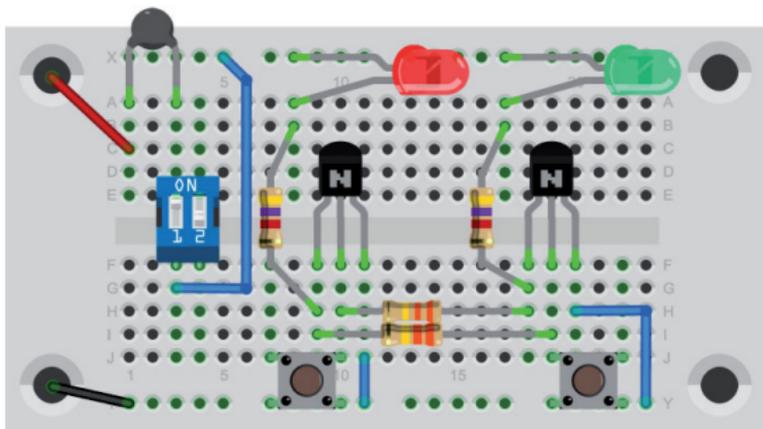
Zwei Taster kann man verwenden, um das Flipflop des letzten Versuchs ganz gezielt in einen gewünschten Zustand zu bringen. Man könnte den Versuch als Lichtsignal verwenden. Rot heißt:

Bitte nicht stören! Und Grün bedeutet: Ansprechen erlaubt. Aber der Versuch ist zugleich ein kleines elektronisches Spiel.

Jeder Schalter kann den Basisstrom seines Transistors abschalten, womit auch die angeschlossene LED ausgeht. Normalerweise drückt man die Taster nur einzeln und abwechselnd. Aber wenn man beide gleichzeitig drückt, gehen beide LEDs aus. Beim Loslassen der Taster wird dagegen nur eine LED angehen, und niemand kann vorhersagen, welche. Die Schalter wirklich gleichzeitig loszulassen, ist nämlich unmöglich. Und selbst wenn der Unterschied nur eine Mikrosekunde ausmacht, ein Schalter wird früher geöffnet als der andere. Und an der Seite geht die LED an.

So funktioniert das Spiel für drei Personen: Zwei betätigen die Schalter, einer gibt das Kommando zum Loslassen. Dann zeigt sich, wer schneller reagiert, denn nur dessen LED geht an. Das geht immer reihum, sodass in mehreren Runden der Sieger ermittelt werden kann.





18 Vierfarbenumschalter

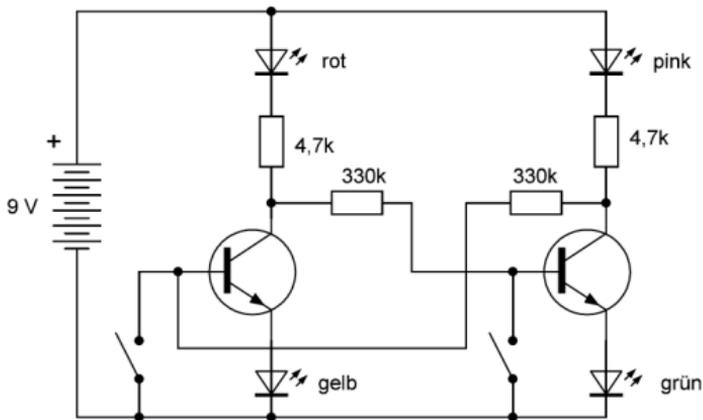
Hier wird zum ersten Mal die pink leuchtende LED verwendet. Das Gehäuse ist weißlich, aber tatsächlich leuchtet diese LED in der Farbe Pink. Das RS-Flipflop vom letzten Versuch soll nun für vier LEDs erweitert werden. An jedem Transistor liegt wie bisher eine LED in der Kollektorleitung, aber die andere LED wird in die Emitterleitung eingesetzt. So leuchten immer Rot und Gelb zusammen oder auf der anderen Seite Pink und Grün.

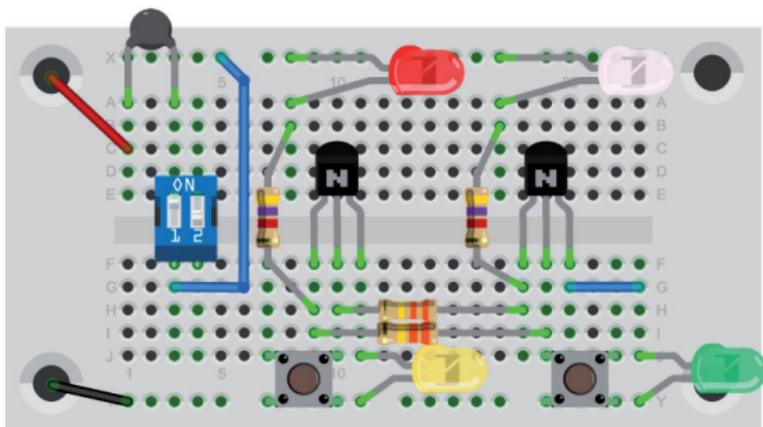
Bei diesem Versuch ist es wichtig, dass die beiden LEDs am Minusanschluss ähnliche Spannungen haben, was nur bei ähnlichen Farben der Fall ist. Bei gleichem Strom unterscheiden sich nämlich die Spannungen an den LEDs, wobei die Reihenfolge der eines Regenbogens entspricht: Rot, Gelb, Grün, Blau, Violett. Gelb und Grün liegen auch in der Span-

nung nahe beieinander. Zum Test sollten man einmal reihum alle LEDs vertauschen und untersuchen, wie sich die Schaltung dann verhält.

Aufbau der pinkfarbenen LED

Der eigentliche LED-Kristall der pinkfarbenen LED strahlt blaues Licht ab. Er ist aber mit einem Leuchtstoff überzogen, der einen Teil des blauen Lichts einfängt und als rotes Licht wieder abstrahlt. So kommt es, dass die pinkfarbene LED eigentlich zwei Farben abstrahlt: Rot und Blau. Auf diese Weise entsteht die Mischfarbe Pink.



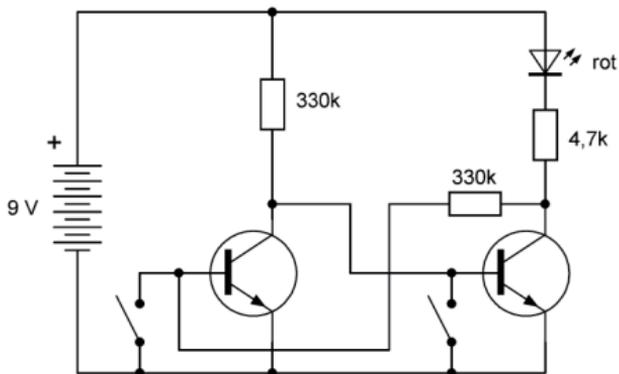


19 Einfaches RS-Flipflop

Ein vereinfachtes Flipflop lässt sich mit nur einer LED und mit nur drei Widerständen bauen. Mit den beiden Tastern kann man die LED ein- und ausschalten. Eine solche Schaltung nennt man auch RS-Flipflop. Die Abkürzung steht für Reset (Zurücksetzen = Ausschalten) und Set (Setzen = Einschalten). Das RS-Flipflop ist ein wichtiges Grundelement der digitalen Elektronik und Computertechnik.

Die Schaltung mit zwei Transistoren beruht auch wieder darauf, dass jeder der beiden dem anderen den Basisstrom abschalten kann. Weil nur eine LED verwendet wird, ist es natürlich interessant, auch die anderen Farben zu testen. Man kann eine eingeschaltete LED herausnehmen und eine andere einsetzen. Nach dem Wechsel ist die neu eingesetzte LED immer zuerst an. Wenn man nämlich eine LED ausbaut,

schaltet man zugleich den Basisstrom für den linken Transistor ab, genau so, als wollte man die LED einschalten. Interessant ist auch ein Test mit der Blink-LED. Wird das Blinken einen Einfluss auf den Zustand des RS-Flipflops haben?

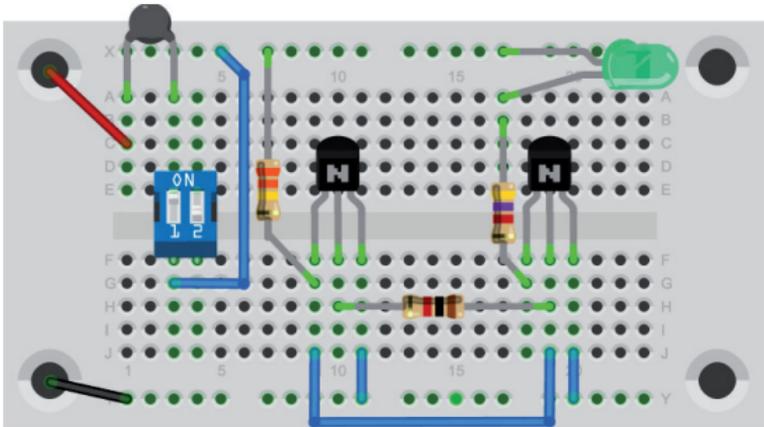
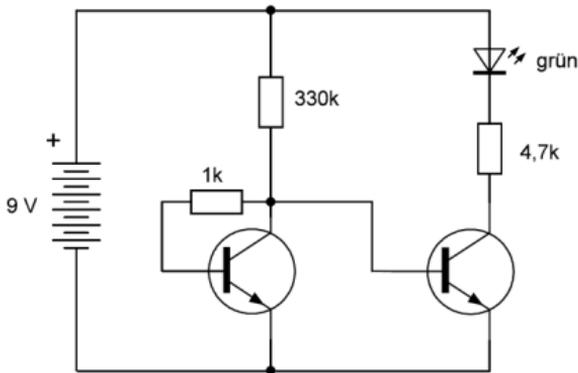


20 Temperatursensor

Die letzte Schaltung wird nur wenig geändert, verhält sich aber völlig anders und reagiert auf unterschiedliche Temperaturen. Ein Widerstand mit $1\text{ k}\Omega$ (Braun, Schwarz, Rot) versorgt den linken Transistor mit Basisstrom. Die LED ist nicht ganz an und nicht ganz aus, sondern leuchtet immer gleichmäßig und sehr schwach.

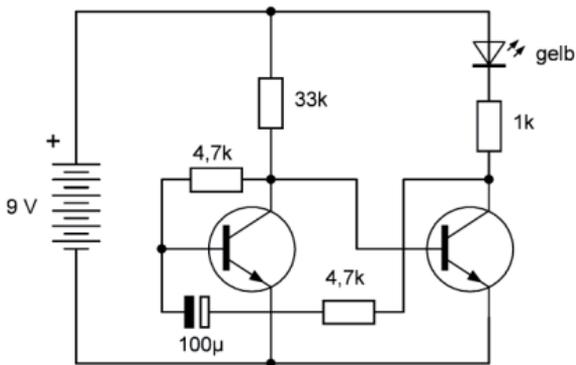
Berührt man nun den rechten Transistor mit zwei Fingern, erwärmt er sich geringfügig. Die LED leuchtet dann etwas heller. Berührt man den linken Transistor, ist das Ergebnis umgekehrt, die LED leuchtet schwächer. Der Unterschied der Helligkeit ist nicht sehr groß und hängt direkt von den erreichten Tempe-

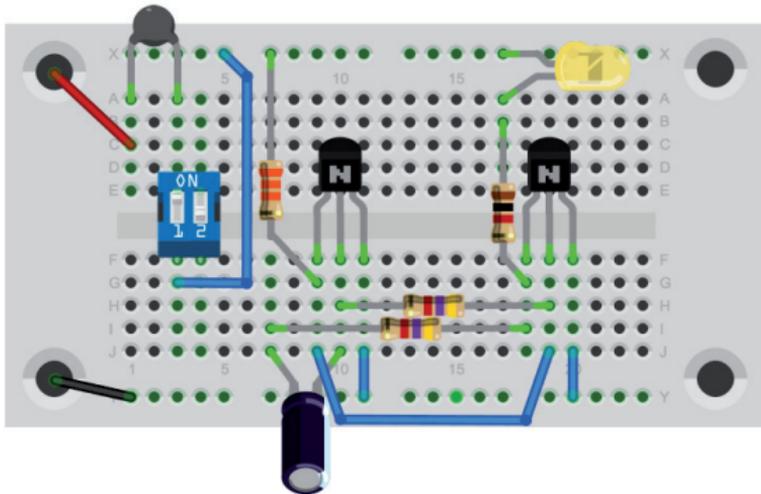
raturunterschieden ab. Man kann aber deutliche Ergebnisse sehen, wenn man im Abstand von einer halben Minute abwechselnd den linken und den rechten Transistor berührt. Für größere Temperaturunterschiede legt man ein Stück Eis auf einen Löffel und hält einen anderen Löffel an die Heizung, um dann mit beiden die Transistoren zu berühren.



21 Langsamer Blinkgeber

Im Gegensatz zur roten Blink-LED mit ihrem eingebauten Blinkgeber soll nun ein eigener Blinker gebaut werden. Die Schaltung erinnert ein wenig an die Flipflops der vorausgegangenen Versuche. Der wichtigste Unterschied ist, dass diesmal ein Kondensator mit eingebaut wird. Der Basisstrom durch den Kondensator fließt nur jeweils so lange, bis der Kondensator aufgeladen oder entladen ist. Danach wechselt das Flipflop selbstständig den Zustand. Wie schnell das Blinken ist und wie lange die LED jeweils an oder aus ist, hängt von der Dimensionierung der Bauteile ab.



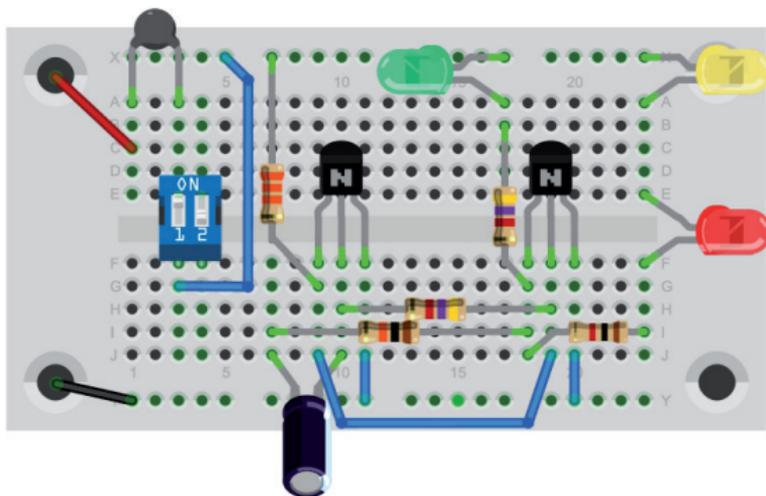
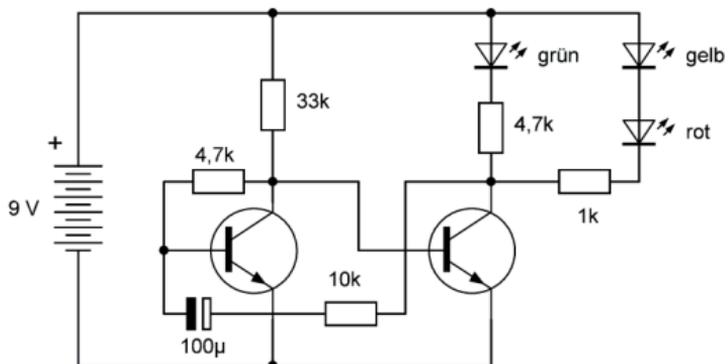


22 Dreifarben-Transistorblinker

In die Blinkschaltung des letzten Versuchs wird ein zusätzlicher Widerstand mit $10\text{ k}\Omega$ (Braun, Schwarz, Orange) in Reihe zum Kondensator eingebaut. Damit wird das An-Aus-Verhältnis ausgeglichener. Eine weitere Änderung betrifft die LEDs. Der rechte Transistor kann viel mehr als nur eine LED schalten. Hier sind es gleich drei, die gemeinsam blinken.

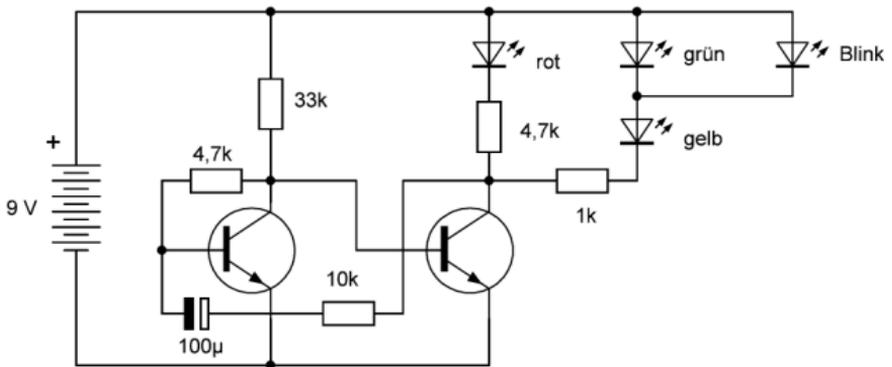
Der Oszillator

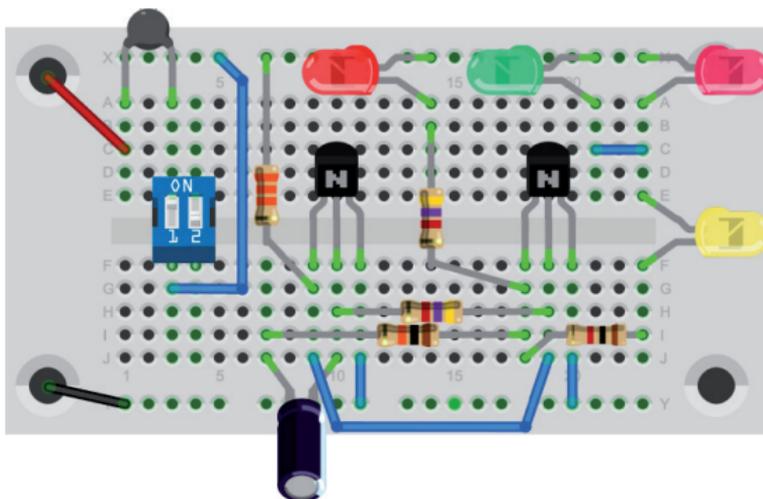
Eine Schaltung, die selbstständig Schwingungen erzeugt, nennt man Oszillator. Oszillatoren sind wichtige Schaltungen der Elektronik und der Computertechnik. In einem Computer arbeiten sehr viele Bauteile im Gleichtakt. Und dieser Takt wird von einem Oszillator vorgegeben, ist allerdings wesentlich schneller als beim hier vorgestellten Blinker.



23 Unterbrochenes Blinken

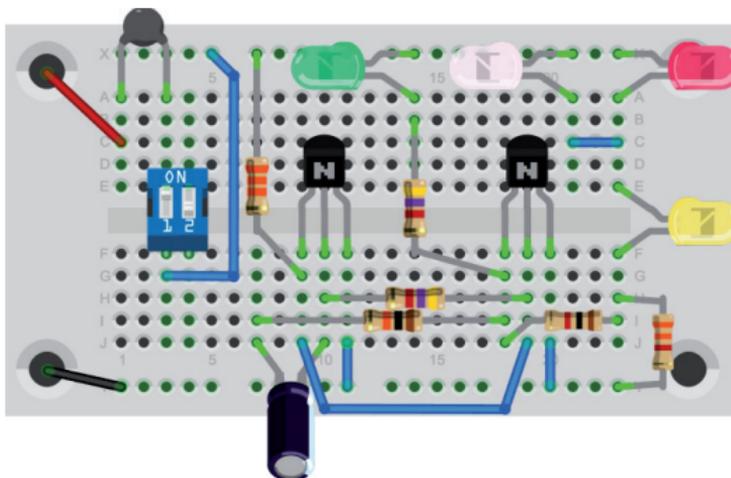
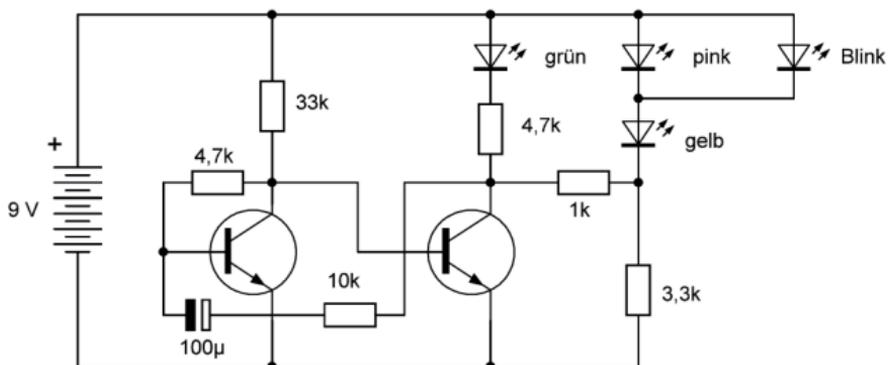
Der Blinker bekommt nun eine vierte LED. Diesmal ist auch die Blink-LED mit dabei. Und die wird parallel zur grünen LED eingebaut. Das Ergebnis ist, dass die rote Blink-LED und die grüne LED immer abwechselnd blinken. Dieses Blinken ist schneller als das der selbst gebauten Blinkerschaltung. Man sieht Serien von Blinkimpulsen, wobei die Blink-LED zusammen mit der grünen LED immer etwa sechs Mal blinkt und dann unterbrochen wird. Die anderen LEDs blinken im langsamen Takt.





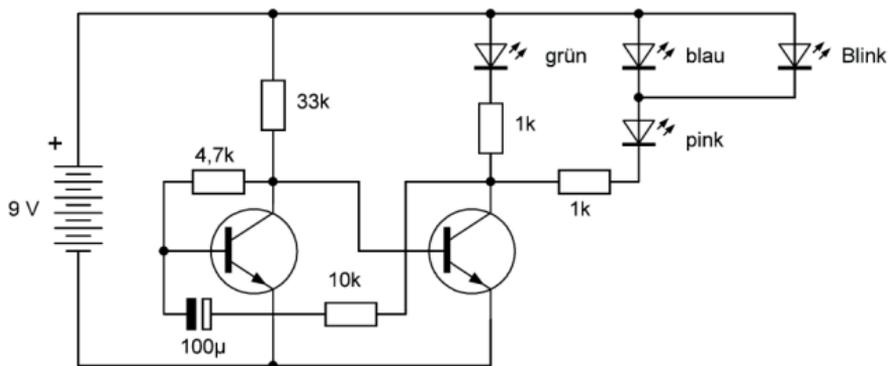
24 Flackerndes Feuer

Das Ziel dieses Versuchs ist ein sanftes Flackern wie bei einem simulierten Lagerfeuer. Die Schaltung soll dazu eine dritte Helligkeitsstufe zwischen An und Aus bekommen. Diesmal wird die pinkfarbene LED parallel zur Blink-LED eingesetzt und leuchtet immer dann, wenn die Blink-LED gerade aus ist. So entsteht ein kompliziertes Blinkmuster, das an das Flackern eines Feuers erinnert.



25 Die besondere LED-Leuchte

Eine Farbe fehlte bisher noch, und deshalb wird nun auch die blaue LED eingebaut. Das unterbrochene rot-blaue Wechselblinken sieht besonders schön aus und zieht alle Blicke auf sich. Aber es sind noch viele Erweiterungen mit ganz unterschiedlichen Farben denkbar. Gelb, Rot, Grün, Blau? Mit oder ohne Blinken? Alles ist machbar!



Impressum

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.

© 2018 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Autor: Burkhard Kainka

GTIN 4019631150202

Produziert im Auftrag der Firma Conrad Electronic SE, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240 Hirschau

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 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.

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.

Elektrische und elektronische Geräte dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden! Entsorgen Sie das Produkt am Ende seiner Lebensdauer gemäß den geltenden gesetzlichen Vorschriften. Zur Rückgabe sind Sammelstellen eingerichtet worden, an denen Sie Elektrogeräte kostenlos abgeben können. Ihre Kommune informiert Sie, wo sich solche Sammelstellen befinden. Dieses Produkt ist konform zu den einschlägigen CE-Richtlinien, soweit Sie es gemäß der beiliegenden Anleitung verwenden. Die Beschreibung gehört zum Produkt und muss mitgegeben werden, wenn Sie es weitergeben.

