



# RETRO-GAMES

A collection of retro gaming hardware components including resistors, capacitors, LEDs, a breadboard, and a microcontroller on a circuit board background.

# Inhalt

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1 Vorbereitungen .....            | 3  |
| 2 Eine Bombe entschärfen .....    | 6  |
| 3 Kopf oder Zahl .....            | 9  |
| 4 Spielautomat .....              | 11 |
| 5 Ein elektronischer Würfel ..... | 12 |
| 6 Spielautomat mit vier LEDs..... | 14 |
| 7 Heißer Draht .....              | 15 |
| 8 Heißer Draht - Version 2 .....  | 17 |
| 9 Quiz-Buzzer .....               | 18 |
| 10 Konzentrationsspiel.....       | 19 |
| 11 Spiel mir ein Lied.....        | 20 |
| 12 Lügendetektor.....             | 22 |
| 13 Hörtest.....                   | 25 |
| 14 Tresorknacker .....            | 27 |
| 15 Balltrainer.....               | 29 |
| 16 Balltrainer für zwei .....     | 30 |
| 17 Balltrainer für drei .....     | 31 |
| 18 Entspannungslicht.....         | 32 |
| 19 Hau den Maulwurf .....         | 33 |
| 20 Hau den Maulwurf 2 .....       | 34 |
| 21 Pong.....                      | 34 |
| 22 Pingpong für Profis .....      | 35 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 23 Reaktionstest .....               | 36 |
| 24 Stroboskop und Soundeffekte ..... | 37 |
| 25 Die elektronische Grille .....    | 39 |
| 26 Senso .....                       | 40 |

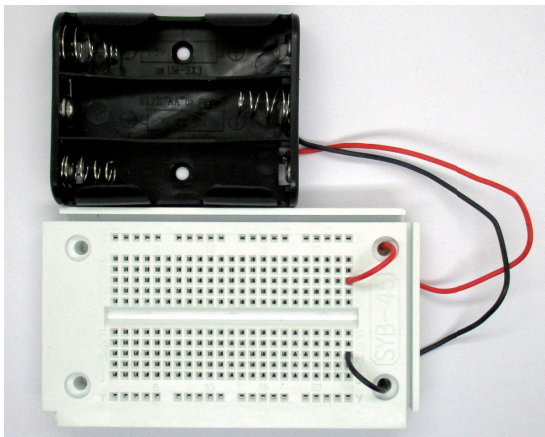
# 1 Vorbereitungen

Die Spiele in diesem Paket erinnern an die Anfangszeit der ersten elektronischen Spielgeräte in den 1970er-Jahren und an die vielen Arcade-Games in den Spielhallen. Später kamen dann Spielecomputer und kleine elektronische Spiele in den Handel. Und auch die ersten Home-Computer der 1980er-Jahre wurden oft für Computerspiele verwendet. Heutige Spielekonsolen sind dagegen wesentlich weiter entwickelt und deutlich leistungsfähiger.

Hier geht es um die ganz einfachen Spiele und um einen Blick zurück auf die Anfänge – Nostalgie pur. Was früher einen ganzen Computer erforderte, passt dank großer Fortschritte in der Mikrocontrollertechnik heute auf einen Chip.

Der Aufbau der Spiele gelingt auch ohne Vorerfahrungen, weil die Aufbauzeichnungen alle Bauteile und alle Drähte genau an ihrer Position zeigen. Oft muss beim nächsten Versuch nur noch ein weiteres Bauteil eingefügt werden. Sämtliche Versuche werden auf einer Steckplatine aufgebaut. Unter der Kunststoffplatte mit den vielen Löchern befinden sich Metallfedern, die jeweils mehrere Anschlüsse verbinden. Es gibt zweimal 23 vertikale Streifen mit jeweils fünf Kontakten und zwei längere horizontale Streifen mit jeweils 20 Anschlüssen. Ein Draht muss exakt von oben in die Kontakte gedrückt werden. Dabei hilft eine kleine Flachzange. Drahtstücke müssen mit einer Zange passend abgetrennt und die Enden müssen abisoliert werden. Dazu zieht man an beiden Enden mit den Fingernägeln oder mit einer Zange auf einer Länge von 5 mm

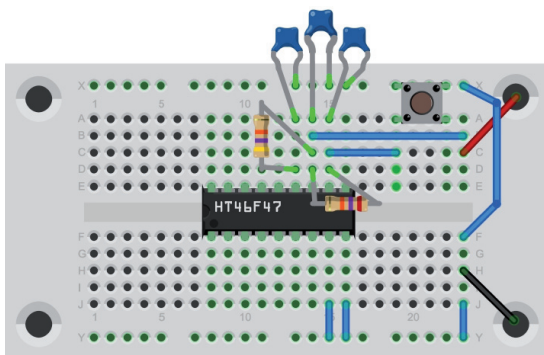
die Isolierung ab, sodass das blanke Metall des Drahts zum Vorschein kommt.



Die Anschlüsse des Batteriefachs verwenden weiche Drahtlitze, die am Ende abisoliert und verzinnt ist. Die Enden lassen sich in die Kontakte stecken. Sie sollten möglichst nur einmal eingesteckt werden und dann immer an ihrer Position bleiben, weil sie bei mehrfachem Einstecken leicht abnutzen und weicher werden. Man kann Löcher in die untere Abdeckfolie der Steckplatine stechen und die Drähte von unten hindurchführen. Damit erreicht man eine Zugentlastung und eine stabile Befestigung. Das schwarze Kabel soll genau in Kontakt H23 stecken, das rote in Anschluss C23. Dann muss die Po-

sition bis zum 24. Spiel nicht mehr geändert werden. Immer wenn das Spiel ausgeschaltet werden soll, entfernt man eine Batterie aus dem Batteriefach.

Das wichtigste Bauteil ist der Mikrocontroller HT46F47. Vor dem Einbau in die Steckplatine muss man seine Anschlüsse etwas weiter nach innen biegen, um sie parallel auszurichten. Einige der 18 Anschlüsse werden immer gleich verwendet und sind unbedingt nötig, damit er überhaupt funktioniert. Dazu muss man einige Drähtchen und zusätzlich einen Reset-Tastschalter, zwei Widerstände mit 47 k $\Omega$  (Gelb, Violett, Orange) und 27 k $\Omega$  (Rot Violett, Orange) sowie drei Kondensatoren mit 100 nF (Aufdruck 104) anschließen. Alle diese Bauteile sollen nun zur Vorbereitung genau an die richtige Position gesteckt werden, wo sie dann bis zum letzten Spiel bleiben.



### **Bauteile und Anschlüsse**

Der Mikrocontroller vom Typ HT46F47 hat 18 Anschlüsse. Wenn man ihn wie im Bild gezeigt einsetzt, ist die Beschriftung lesbar. Außerdem gibt es am linken Rand eine Kerbe. Die richtige Position ist entscheidend, weil später weitere Bauteile hinzukommen, die nur so passen werden. Außerdem ist es wichtig, dass die Batterie an den richtigen Anschlüssen liegt. Der Anschluss für die negative Betriebsspannung (GND) ist Pin 9 (unten rechts), der positive Pol (VCC) liegt an Pin 12 (der dritte Pin von rechts in der oberen Reihe). Falls die Batterie falsch angeschlossen wird, kann der Mikrocontroller zerstört werden. Deshalb muss vor dem ersten Einlegen der Batterien alles ganz genau kontrolliert werden.

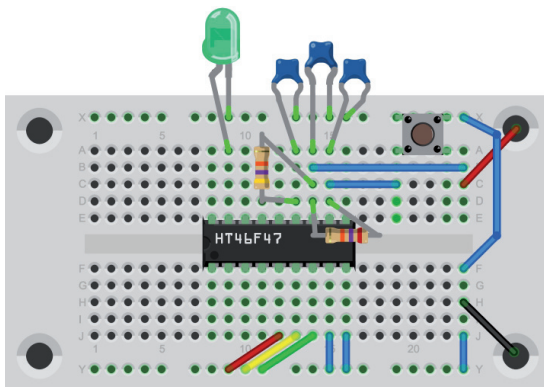
Die obere und die untere horizontale Kontaktleiste sind an den Minuspol gelegt. Das bleibt bei allen folgenden Spielen so. Wenn eine LED angeschlossen wird, muss der kürzere Draht (die Kathode) grundsätzlich an diesem Minusanschluss liegen. Ein besonderer Anschluss ist Pin 9 (untere Reihe, der zweite von rechts). Er liegt zuerst mit am Minuspol, wird aber später immer wieder unterschiedlich angeschlossen, um einzelne Spiele im Controller zu starten.

## **2 Eine Bombe entschärfen**

Für das erste Spiel müssen noch einige Drähte und eine LED eingesteckt werden. Bei der LED muss man die Richtung beachten. Der kürzere Draht ist der Minusanschluss und gehört



in die obere Kontaktreihe. Rechts oben auf der Steckplatine befindet sich der Reset-Schalter.



Zuerst einmal werden nur die blauen Drähte eingesetzt, die farbig gezeichneten Verbindungen folgen erst später. Nachdem alles richtig angeschlossen und noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, darf die Batterie eingelegt werden. Nun blinkt die grüne LED. Das ist ein erster Erfolg, denn das gesamte System arbeitet damit korrekt. Fast alle Verbindungen können bei den folgenden Spielen so bleiben.

Und jetzt kommt das Spiel. Der ganze Aufbau stellt eine tickende Zeitbombe dar, die unbedingt entschärft werden muss. Im Plan sind drei Drähte eingezeichnet, ein roter, ein gelber und ein grüner. Aber nur einer davon soll eingesteckt

werden, die Farbe ist natürlich nicht wichtig. Man kann die Verbindungen auch nacheinander ausprobieren. Aber in welcher Reihenfolge und zu welchem Zeitpunkt, das kann man nicht wissen. Wenn man es richtig macht, bleibt die LED aus, macht man es falsch, bleibt die LED an, und die Bombe explodiert.

Anders als im richtigen Leben kann man aber den Draht entfernen, auf den Reset-Schalter drücken und es noch einmal probieren. Wer findet die Regel? Wie genau muss diese Bombe entschärft werden?

### **LED mit eingebautem Widerstand**

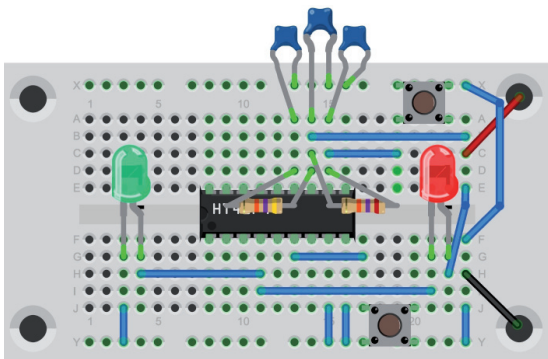
Die grüne LED benötigt nur eine Spannung von etwa 2 V, der Mikrocontroller arbeitet aber mit 4,5 V. Eine ganz normale LED dürfte nicht direkt an den Controller angeschlossen werden. Die allgemeine Regel lautet: LEDs dürfen nur mit Vorwiderständen verwendet werden. Die in diesem Paket verwendeten Spezial-LEDs besitzen bereits einen eingebauten Widerstand, den man sogar sehen kann. Die LED hat einen kürzeren Draht, der innen zu einem kleinen Kelch geformt ist, in den der LED-Kristall eingesetzt ist. Dieser Anschluss heißt Kathode und ist der Minusanschluss. Der längere Draht ist die Anode, also der Pluspol. Im Kunststoff der LED kann man auf der Spitze dieses Drahts einen kleinen Block erkennen. Das ist der eingebaute Widerstand, der übrigens ein Kiloohm ( $1\text{ k}\Omega$ ) hat. Die Gehäuse dieser Spezial-LEDs sind kürzer als bei anderen LEDs. Das schützt vor Verwechslungen.

Alle LEDs haben noch ein weiteres Kennzeichen für die Anschlüsse. Der kleine Kragen am unteren Rand ist an der Kathodenseite abgeflacht, sodass man den Minuspol auch leicht erkennen kann, wenn die LED eingebaut ist. Wenn etwas einmal nicht so funktioniert wie geplant, kann es ja an einer falsch herum eingebauten LED liegen. Das ist aber nicht weiter schlimm, man muss sie einfach nur umdrehen.

### **3 Kopf oder Zahl**

Kopf oder Zahl heißt das Spiel. Rot oder Grün, das ist hier die Frage. Zu Beginn blinken beide LEDs so schnell, dass es wie ein Flackern aussieht. Der bisherige Reset-Schalter ist nun an anderer Stelle eingebaut und kann das Flackern beenden. Wenn man ihn betätigt, bleibt eine der Farben stehen, aber man weiß vorher nicht, welche.

Was genau damit gespielt wird, bleibt jedem selbst überlassen. Beispielsweise könnten sich zwei Personen besondere sportliche Übungen ausdenken. Einer sagt dann: „Rot!“, der andere sagt: „Grün!“ – derjenige, dessen Farbe kommt, muss sich an der Aufgabe versuchen.

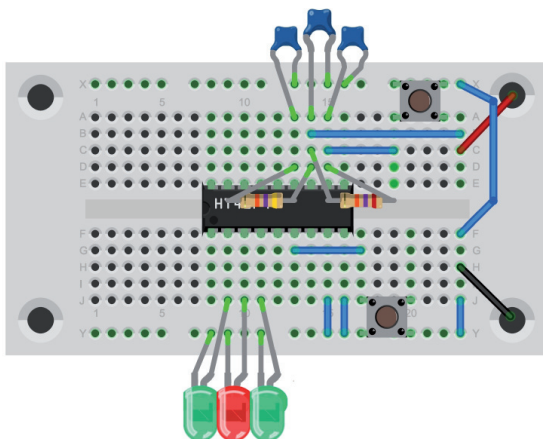


### Reihenschaltung und Schaltausgang

Die rote und die grüne LED sind bei diesem Spiel in Reihe geschaltet und liegen direkt an der Batterie. Das ist übrigens hier wieder nur deshalb erlaubt, weil die LEDs eingebaute Widerstände haben. Ohne den Mikrocontroller würden beide LEDs leuchten. Pin 4 des Mikrocontrollers hat aber einen internen elektronischen Umschalter, der den Pin abwechselnd an GND und VCC legt. Damit wird jeweils eine der LEDs abgeschaltet und die andere voll eingeschaltet. Dieser und andere Anschlüsse werden als sogenannte Ausgänge verwendet, die man am besten mit automatischen Schaltern vergleichen kann.

## 4 Spielautomat

Mit insgesamt drei LEDs kann nun ein kleiner Spielautomat gebaut werden, wie er sonst nur im Kasino oder in der Kneipe zu finden ist. Alle drei LEDs werden in einer Reihe an die benachbarten Anschlüsse des Mikrocontrollers gelegt. Die kurzen Anschlüsse (Kathoden) müssen wieder an die untere Minusschiene angeschlossen werden.



Nun blinken alle LEDs schnell, ähnlich wie sich die Rollen eines Automaten drehen. Ziel des Spiels ist es, mit dem Button die LEDs so anzuhalten, dass alle drei LEDs gleichzeitig leuchten (111). Nur auf diese Weise kann man den Jackpot knacken.

## 5 Ein elektronischer Würfel

Gleicher Aufbau, anderes Spiel: Um den Würfel zu starten, muss man beim Einschalten, also beim Einlegen der Batterien oder bei einem Druck auf den Reset-Knopf, den unteren Taster gedrückt halten. Wenn man ihn dann loslässt, erscheint die erste gewürfelte Zahl, nach jedem neuen Tastendruck erscheint eine weitere Zahl. Ein Würfel mit nur drei LEDs? Ja, das geht tatsächlich, wenn man das Ergebnis als Binärzahl abliest:

1 = 001

2 = 010

3 = 011

4 = 100

5 = 101

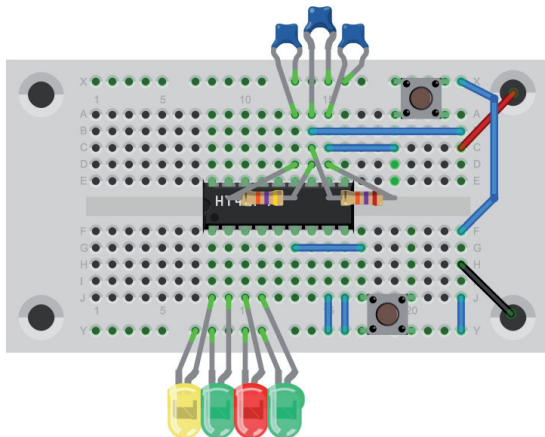
6 = 110

### Binärzahlen

Computer rechnen mit Binärzahlen, weil dabei jede Ziffer nur zwei Zustände kennt, 0 und 1, die sich leicht mit Stromkreisen abbilden lassen: Sie sind dann an oder aus. Mit vier Stellen (4 Bit) kann man Zahlen bis 15 (dezimal) darstellen. Das Bit ganz rechts hat die Wertigkeit 1, das links daneben die Wertigkeit 2. Jeweils eine Stelle weiter links verdoppelt den Wert eines Bits. Und wenn man alle vier addiert ( $1 + 2 + 4 + 8$ ), erhält man die höchste darstellbare Zahl 15. Bei allen Zahlen bis 7 ist die vierte Stelle eine Null. Daher braucht man nur drei LEDs, um Zahlen bis 6 darzustellen.

| 8 | 4 | 2 | 1 | Dezimal |
|---|---|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0       |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1       |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2       |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3       |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4       |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5       |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6       |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7       |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 8       |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 9       |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 10      |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 11      |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 12      |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 13      |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 14      |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 15      |

## 6 Spielautomat mit vier LEDs

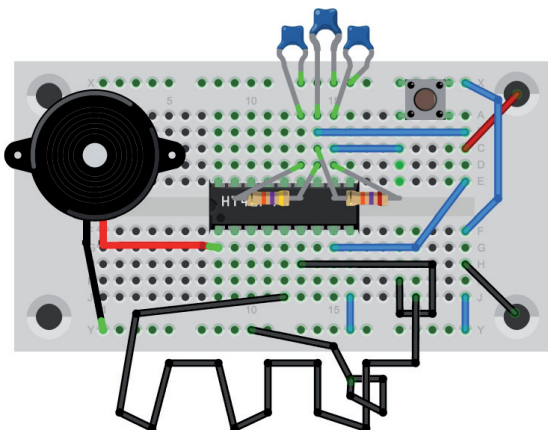


Mit einer gelben LED wird der Spielautomat erweitert und das Spiel noch schwieriger. Wieder blinken alle LEDs und müssen mit dem Taster gestoppt werden. Zur Abwechslung soll diesmal erreicht werden, dass alle LEDs aus sind (0000).

Das ist ein reines Glücksspiel, denn die LEDs blinken so schnell, dass es unmöglich ist, den richtigen Zeitpunkt zu erkennen. Theoretisch sollte im Durchschnitt auf 16 Spiele ein Treffer kommen. Das lässt sich mit einer größeren Anzahl von Durchläufen überprüfen. Aber erst bei sehr vielen Spielen werden sich Theorie und Praxis annähern.

## 7 Heißer Draht

Ein Piezo-Schallwandler dient hier als kleiner Lautsprecher. Er wird in diesem Spiel gebraucht, um akustische Signale zu erzeugen, und zwar für das bekannte Geschicklichkeitsspiel „Heißer Draht“. Darin muss eine Drahtschleife so an einem gebogenen Draht entlanggeführt werden, dass sich beide nie berühren. Bei jeder Berührung ertönt ein Warnton, der anzeigt, dass das Spiel verloren wurde. Wenn am Ende der Zielkontakt berührt wird, ohne dass man vorher an den heißen Draht gekommen ist, ertönt dagegen ein Siegerklang. Für dieses Spiel muss ein neues Programm gestartet werden. Pin 8 des Mikrocontrollers liegt dazu nicht mehr an GND (Minus), sondern diesmal an VCC (+4,5 V).



Zu Vorbereitung muss man einen etwa 30 cm langen Draht abschneiden und komplett abisolieren. Dies ist der Draht, an dem man sich entlanghangeln muss, ohne ihn zu berühren. Ein zweiter, etwa 5 cm langer Draht, der ebenfalls komplett abisoliert ist, fungiert als Kontakt am Ende. Ein dritter Draht von ca. 15 cm Länge dient als Kontaktschleufe. Bei diesem müssen nur die Enden abisoliert werden, und zwar auf der einen Seite so lang, dass sich eine Schleife bilden lässt. Der Schwierigkeitsgrad ergibt sich daraus, wie genau der heiße Draht gebogen und wie groß die Schleufe ist.

### **Eingänge des Mikrocontrollers**

Während die meisten Anschlüsse des Mikrocontrollers als Ausgänge für den Anschluss der LEDs und des Lautsprechers verwendet werden, dienen einige als Eingänge. Hier sind es die Pins 5 und 6. Intern wird jeweils ein Widerstand gegen VCC (+4,5 V) zugeschaltet. Wenn der Mikrocontroller den Zustand dieser Eingänge liest, wird im Normalfall eine hohe Spannung erkannt, also ein Eins-Zustand gelesen. Wird aber über die Drähte oder einen Schalter eine Verbindung nach GND geschlossen, erkennt der Controller einen Null-Zustand. In diesem Fall wird der zugehörige Ton eingeschaltet. In einigen der folgenden Spiele gibt es übrigens noch zwei weitere Eingänge an den Anschlüssen 3 und 4 des Controllers. Und zusätzlich gibt es zwei analoge Eingänge an den Pins 7 und 8, an denen nicht nur An und Aus unterschieden werden können, sondern auch eine Messung der Spannung ausgeführt wird.

## **8 Heißer Draht - Version 2**

Ein Widerstand mit 100 k $\Omega$  (Braun, Schwarz, Gelb) wird nun anstelle des kleineren Widerstands von 47 k $\Omega$  (Gelb, Violett, Orange) eingesetzt. Das Ergebnis ist, dass der Mikrocontroller nur noch mit halber Geschwindigkeit arbeitet. Alles andere bleibt gleich. Der heiße Draht funktioniert genauso wie vorher, aber diesmal sind die erzeugten Töne um eine Oktave tiefer.

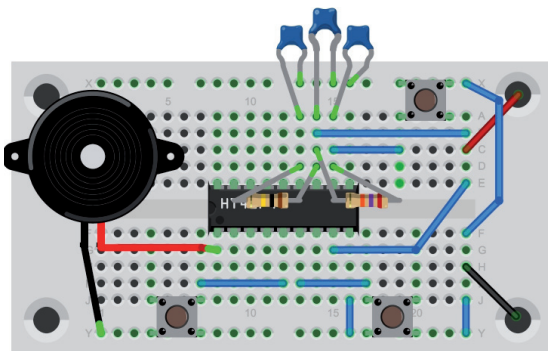
### **Taktfrequenz**

Jeder Computer und jeder Mikrocontroller arbeitet mit einer Taktfrequenz, die oft mit einem Quarz stabilisiert wird. Der Mikrocontroller HT46F47 besitzt einen internen Oszillator, mit dem eine Taktfrequenz bis 12 MHz eingestellt werden kann. Die Frequenz wird über den Widerstand an Pin 13 festgelegt. Mit 47 k $\Omega$  bekommt man eine Frequenz von etwa 4,5 MHz. Bei 100 k $\Omega$  ist die Frequenz ungefähr halbiert, man hat also nur noch 2,25 MHz, der Controller wird langsamer. Zum Vergleich: Der Home-Computer Sinclair ZX81 von 1981 lief mit 3,25 MHz und hatte einen Arbeitsspeicher von 1 KB. Inzwischen ist alles in einem Chip integriert, daher läuft beim HT46F47 alles deutlich schneller und mit wesentlich mehr Speicher, nämlich 2 KB. Deshalb sind sämtliche Spiele schon im Speicher vorhanden.

## **9 Quiz-Buzzer**

Mit einem zweiten Tastschalter lässt sich ein Quiz-Buzzer bauen, um spannende Quizduelle zu bestreiten. Dazu muss man den heißen Draht abbauen und stattdessen zwei Tastschalter gegen GND anschließen. Es läuft weiterhin dieselbe Software, deshalb bleibt der Programmauswahlpin an VCC.

Nun benötigt man noch einen Quizmaster, der schwierige Fragen stellt, sowie zwei würdige Kontrahenten, die die Antworten finden sollen. Der Quizmaster stellt eine Frage, und wer seinen Button zuerst drückt, darf zuerst antworten. Weil zu jedem Button ein anderer Ton gehört, ist es immer klar, wer zuerst gedrückt hat.

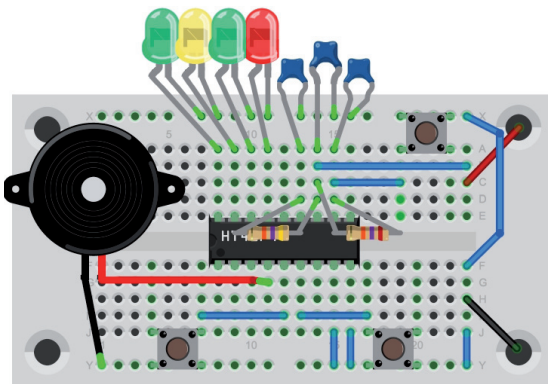


## 10 Konzentrationsspiel

Der Piezo-Schallwandler ist diesmal an einem anderen Pin angeschlossen und erzeugt während des Laufs des Spielautomaten ein ratterndes Geräusch. Die LEDs werden jetzt an den oberen Ausgängen angeschlossen. Sie blinken diesmal so langsam, dass man es gut verfolgen kann. Damit es nicht zu langsam wird, ist nun wieder der Widerstand mit 47 k $\Omega$  am Takteingang Pin 13 angeschlossen.

Das Spiel geht folgendermaßen: Man drückt den Reset-Schalter, um das Spiel neu zu starten, und muss dann die LEDs genau beobachten. Sobald erstmalig die beiden linken LEDs an sind (1100), soll der Stopp-Button (rechts) gedrückt werden. Wenn eine der beiden rechten LEDs leuchtet, ist das Spiel verloren. Aber man kann über die Reset-Taste einen

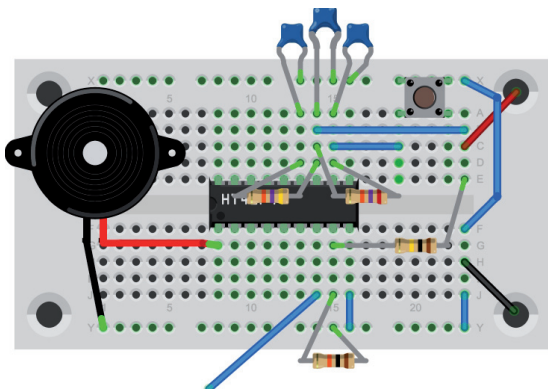
neuen Versuch starten. Alternativ kann man auch den linken Knopf drücken. Dann gehen alle LEDs an (1111). Sobald man loslässt, folgen erst der nächste Zustand 0000 und danach alle weiteren bis zum Ziel 1100.



## 11 Spiel mir ein Lied

Bisher gab es nur zwei Programme, die mit 0 V und 4,5 V am Auswahleingang (Pin 8) gewählt wurden. Aber der Controller erkennt auch andere Spannungen. In diesem Fall liegt ein Spannungsteiler mit 10 k $\Omega$  (Braun, Schwarz, Orange) und 100 k $\Omega$  (Braun, Schwarz, Gelb) am Eingang, sodass nur eine kleine Spannung gemessen wird. Der Mikrocontroller weiß dann

nach einem Neustart sofort, welches Programm gestartet werden soll. Und das ist eine kleine automatische Orgel.



Das Spiel verwendet einen Draht, der nach außen führt. Man kann ihn berühren, um den erzeugten Ton zu ändern. Ohne Berührung entsteht meist eine ansteigende oder absteigende Tonfolge, die auf einen mittleren Ton zustrebt. Durch die Berührung kann der Ton höher oder tiefer werden. Und auch eine Bewegung der Füße beeinflusst die Tonhöhe. Wenn man sich in der Nähe elektrischer Leitungen befindet, kann sich die Tonhöhe ganz unregelmäßig ändern. Dieser Effekt lässt sich verstärken, wenn eine zweite Person die Steckplatine mit dem Batteriefach in der Hand hält. Mit etwas Geschick und wiederholten Berührungen kann man die Melodie beein-

flussen. So kann jeder zu einem Meister der atonalen Musik werden.

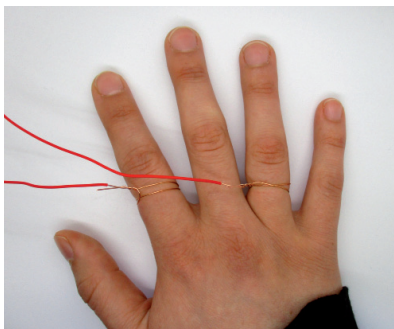
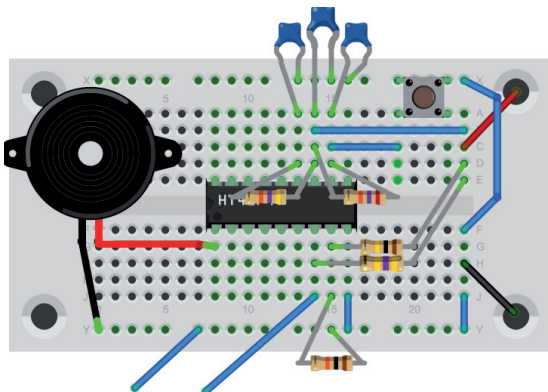
### **Elektrische Ladungen**

Das hört sich alles wie Zauberei an, aber tatsächlich beruht das Ganze auf Physik. Das Programm misst immer wieder die elektrische Spannung am Eingang und steuert damit die Tonhöhe. Es handelt sich aber um einen offenen, extrem hochohmigen Eingang, der sich ganz beliebig auf eine zufällige Spannung aufladen kann. Kleinste Ladungen können die Spannung ändern. Jeder Mensch trägt immer gerade irgendeine elektrische Ladung, die sich durch Reibung schnell ändern kann. In der Nähe einer Wechselstromleitung trägt man auch eine gewisse Wechselspannung, die zu einer abwechselnden Tonfolge führen kann.

## **12 Lügendetektor**

Ein Widerstand mit 470 k $\Omega$  (Gelb, Violett, Gelb) wird diesmal nicht für die Programmauswahl, sondern für eine Spannungsmessung gebraucht. Am Eingang liegt ein Spannungsteiler aus diesem Widerstand und einem zweiten Widerstand, der durch die Drahtkontakte an zwei Fingern der Testperson gebildet wird. So entsteht ein Lügendetektor, der den Hautwiderstand misst und in eine Tonhöhe umsetzt. Wenn die Testperson bei einer strengen Befragung lügt, gerät sie ins Schwitzen, was die Leitfähigkeit der Haut erhöht. Das hört man an einem höheren Ton. Das Programm ist übrigens immer noch das gleiche wie das der automatischen Orgel vom

letzten Versuch und wird deshalb wieder mit dem Widerstand von 10 k $\Omega$  ausgewählt.



Die Fingerkontakte werden aus Drahtstücken hergestellt, die nicht zu fest um zwei Finger gewickelt werden. Anschließend beginnt das Spiel für zwei Personen. Die eine stellt Fragen, die andere muss sie beantworten – mit oder ohne Lügen. Man muss natürlich immer bedenken, dass dieser Lügendetektor nur ein Spiel ist und nicht zweifelsfrei beweisen kann, dass jemand lügt. Die Befragung beginnt ganz harmlos, so dass erst einmal eine Entspannung eintritt, wobei der Ton tiefer wird. Dann wird ganz langsam ein unangenehmes Thema aufgeworfen, das den Befragten unter Druck setzt. Und wenn schließlich die entscheidende Frage mit einer Lüge beantwortet wird, kann sich der Ton erhöhen. Das hängt allerdings davon ab, wie sensibel jemand ist. Eine Person mit extrem starken Nerven kann auch eine Lüge verbergen, sodass der Lügendetektor versagt. Aber die meisten Menschen reagieren mit schnellerem Puls und stärkerem Schwitzen, was die Leitfähigkeit der Haut messbar erhöht. Wenn man zusätzlich hört, wie der Ton höher wird, fühlt man sich ertappt, was die Sache noch schlimmer macht.



## Hautwiderstand

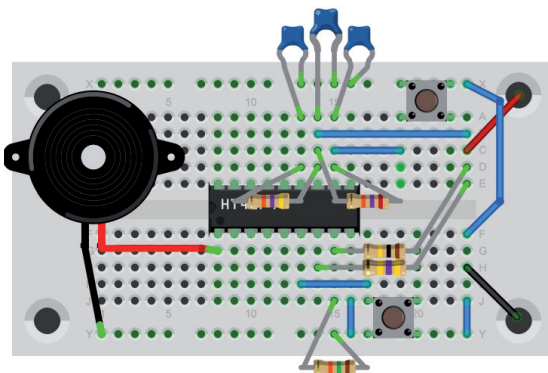
Der menschliche Körper leitet elektrischen Strom, weil er Wasser enthält. Das ist auch der Grund dafür, dass höhere Spannungen wie die Netzspannung gefährlich sind. Unterhalb von 24 V kann aber nichts passieren, weil der Widerstand der Haut so groß ist, dass nur noch ein sehr kleiner Strom unter 1 mA fließt. Im Normalfall liegt der Hautwiderstand zwischen etwa 100 k $\Omega$  und 1 M $\Omega$ . Hier wird der Strom zusätzlich durch den Widerstand mit 470 k $\Omega$  begrenzt. Der maximale Strom liegt unter 10  $\mu$ A und ist absolut nicht spürbar. Gefährlich wird es ab 100 mA, also einem zehntausendfach größeren Strom, der erst bei sehr viel größeren Spannungen fließen kann. Aber auch der sehr kleine Strom reicht schon für eine Messung aus, die Auskunft über den Hautwiderstand und über eventuelle Lügen geben kann.

## 13 Hörtest

Dieses Spiel ist ein Hörtest, mit dem jeder feststellen kann, welchen höchsten Ton er noch hört. Ein Widerstand mit 15 k $\Omega$  (Braun, Grün, Orange) dient wieder dazu, das aktuelle Programm auszuwählen.

Nach dem Start des Spiels hört man zuerst einen relativ tiefen Ton. Dieser wird schnell höher, und man soll den Knopf drücken, sobald man den eigentlichen Ton nicht mehr wahrnehmen kann. Man hört dann zwar immer noch mit jedem Umschalten auf einen neuen Ton ein Knacken, aber nicht mehr den Ton selbst. Die letzte Tonhöhe wird dann festgehal-

ten, damit andere überprüfen können, ob sie diesen Ton noch wahrnehmen. Meist können Kinder die höchsten Töne hören, ältere Menschen dagegen erreichen ihre Grenze schon eher. Jugendliche und junge Erwachsene nehmen normalerweise den vollen Frequenzumfang wahr. Allerdings kann das Gehör durch übermäßige Lärmbelastung vorschnell altern.



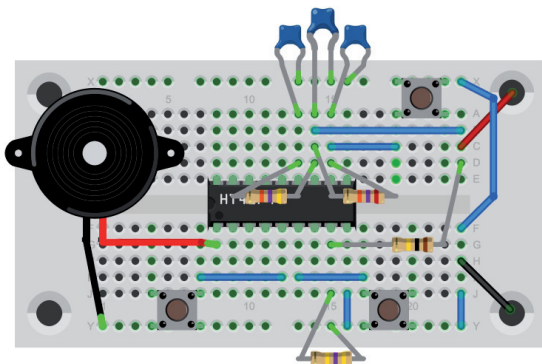
### **Töne und Frequenzen**

Der Ton beginnt bei 1,5 kHz und endet bei etwa 40 kHz. Ein junger Mensch hört Töne bis etwa 20 kHz, im Alter kann die Grenze dagegen deutlich unter 10 kHz liegen. Aber erst wenn Töne von 3 kHz nicht mehr gehört werden können, wird man ernsthaft schwerhörig. Den letzten Ton von 40 kHz sollte kein Mensch mehr wahrnehmen können. Für Hunde und Katzen kann der Ton aber sehr unangenehm sein. Man kann den höchsten Ton auch verwenden, um einen Fledermausdetektor zu testen, denn die Rufe von Fledermäusen liegen ebenfalls in diesem Bereich.

## **14 Tresorknacker**

Dieses elektronische Schloss hat lediglich zwei Tasten, aber nur der rechtmäßige Besitzer (in diesem Fall die Königin von England) weiß, wie man sie bedient. Hier wird man zum Panzerknacker und findet den geheimen Code heraus. Das zugehörige Programm wird mit einem Widerstand mit 470 k $\Omega$  (Gelb, Violett, Gelb) gestartet, der vorher schon für den Lügendetektor verwendet wurde.



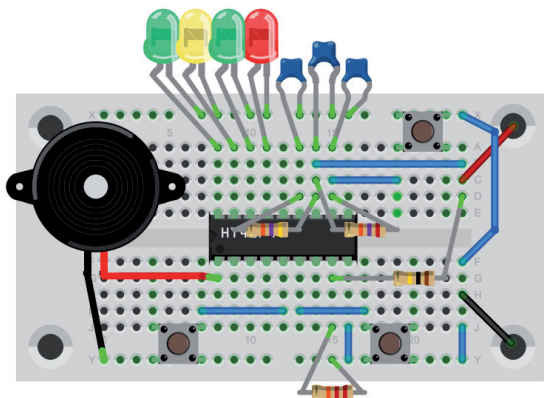


Nun kann das Spiel beginnen. Es gibt zwei Taster, die in einer ganz bestimmten Reihenfolge gedrückt werden müssen. Man weiß aber weder, mit welchem Taster man anfangen muss, noch, wie viele Tastendrucke insgesamt gebraucht werden. Da hilft nur Probieren. Immer wenn das Schloss eine falsche Eingabe erkennt, hört man einen tiefen Ton. Sobald die richtige Kombination gefunden ist, entsteht dagegen eine aufsteigende Tonfolge, die anzeigt, dass sich das Schloss öffnet. Man kann eigentlich beliebig viele Versuche unternehmen, um die geheime Kombination herauszubekommen. Allerdings wird jeder Fehlversuch über eine Standleitung direkt an Scotland Yard gemeldet. Es kann dann nur wenige Minuten dauern, bis man verhaftet wird.

## 15 Balltrainer

Diesmal geht es um ein Sportspiel. Man soll einen Ball mit dem rechten Taster hochschlagen, der dann wieder herunterkommt. Genau im richtigen Moment schlägt man erneut, und zwar so oft wie möglich.

Der Widerstand mit 22 k $\Omega$  (Rot, Rot, Orange) wird zur Auswahl des Programms gebraucht. Die linke Taste ist noch ohne Funktion, aber sie darf aufgebaut bleiben, weil sie im nächsten Spiel schon wieder gebraucht wird.

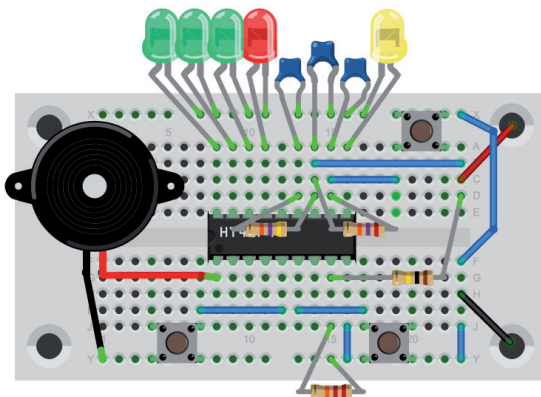


Die Ballhöhe wird durch vier LEDs dargestellt. Ganz rechts ist der obere Punkt erreicht. Außerdem wird der Ball nach oben langsamer, bis er seinen Umkehrpunkt erreicht hat - genau

so, wie es im Physikbuch steht. Die Wurfedauer ist konstant, sodass man sicher weiß, wann der Ball wieder unten ankommt. Genau in dem Moment soll er erneut abgeschlagen werden. Wenn man zu spät schlägt, erkennt man das daran, dass für einen Moment alle LEDs aus sind.

## 16 Balltrainer für zwei

Die LED-Reihe wird nun so umgebaut, dass die ersten drei LEDs grün sind. Zusätzlich wird eine fünfte LED an Pin 10 angeschlossen. Nun sollen zwei Personen den Ball abwechselnd abschlagen. Die fünfte LED ändert laufend ihre Helligkeit. Sie wird heller, je höher der Ball fliegt - sozusagen der Sonne entgegen!

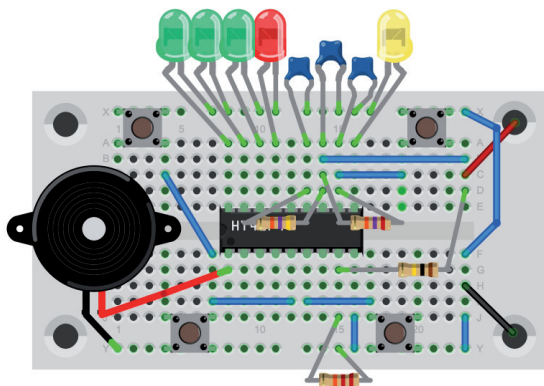


### **Helligkeitssteuerung**

Bisher wurden alle LEDs entweder ganz an- oder ganz ausgeschaltet. Das entspricht dem normalen Verhalten eines Schalters, und im Mikrocontroller befinden sich ja elektronische Schalter. An Pin 10 liegt ein ganz besonderer Ausgang, mit dem man mehr machen kann, als ihn nur ein- und auszuschalten. Hier kann die Helligkeit in vielen Stufen verändert werden. Tatsächlich verbirgt sich dahinter auch ein Schalter, der so schnell ein- und ausgeschaltet wird, dass man nur die mittlere Helligkeit sieht. Das Verfahren nennt sich Pulsweitenmodulation (PWM). Man verändert dabei das Verhältnis zwischen An-Zeit und Aus-Zeit.

## **17 Balltrainer für drei**

Mit einem dritten Tastschalter soll das Spiel so erweitert werden, dass jetzt drei Personen reihum den Ball abschlagen können. Das erfordert noch mehr Konzentration. Wer wird der Erste sein, der seinen Abschlag verpasst?



## 18 Entspannungslicht

Gleicher Aufbau, anderes Programm: Nach einer harten Spielrunde sollte man sich auch mal entspannen. Und dafür gibt es nun ein Entspannungsprogramm, genauer gesagt ein Unterprogramm zum Balltrainer. Um es zu starten, drückt man Reset und den linken Taster. Anschließend lässt man zuerst Reset los und dann erst den linken Taster. Nun sieht man nur noch die ganz rechte LED, die sanft blinkt und dabei immer wieder heller und dunkler wird.

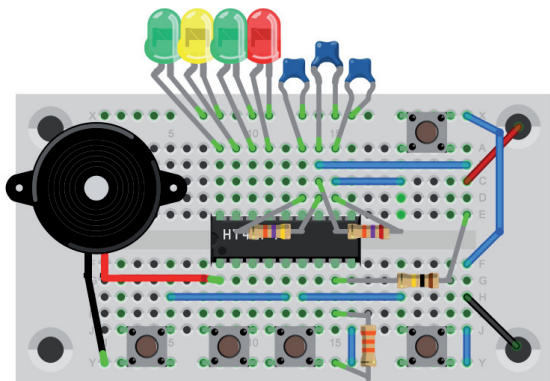
Man kann die Blinkgeschwindigkeit nach Belieben einstellen. Mit der rechten Taste wird es schneller, mit der linken langsamer. Man stellt die Geschwindigkeit zum Beispiel so ein, dass

das Blinken dem eigenen Atemrhythmus entspricht. Dann konzentriert man sich ganz auf seinen Atem und erreicht damit vollständige Entspannung.

## **19 Hau den Maulwurf**

Ein Widerstand mit 33 K $\Omega$  (Orange, Orange, Orange) startet ein altes Jahrmarktspiel, bei dem man versuchen muss, aus Löchern schauende Maulwürfe mit dem Hammer zu treffen: „Whack a Mole“ – „Hau den Maulwurf!“

Man startet das Spiel und siehst eine der LEDs leuchten. Nun hat man nur wenig Zeit, den passenden Taster zu dieser LED zu drücken. Es ist also ein Reaktionsspiel, denn der Maulwurf wird nicht lange aus genau diesem Loch schauen. Wenn man rechtzeitig gedrückt, den Maulwurf also getroffen hat, erklingt ein Ton. Hat man falsch oder zu spät gedrückt, hört man einen anderen Ton. Aber es dauert nicht lange, und schon schaut der Maulwurf durch ein anderes Loch heraus! Wenn man zehnmal richtig getroffen hat, hört man die Siegerfanfare. Wenn man dagegen mehrmals danebengehauen hat, kommt ein Verloren-Klang, und das Spiel startet neu.



## 20 Hau den Maulwurf 2

Diesmal sollen vier grüne LEDs eingebaut werden. Jetzt haben alle Maulwürfe die gleiche Farbe, womit das Spiel noch schwieriger wird. Aber so ist das eben - in der Dunkelheit der Nacht sind alle Maulwürfe grau, besonders wenn sie aus ihren Löchern schauen.

## 21 Pong

Dieses einfache Tennisspiel ist dem bekannten Spieleklassiker „Pong“ von Atari nachempfunden, wenn auch in einer stark vereinfachten Form. Zur Programmauswahl wird ein Widerstand mit 47 k $\Omega$  (Gelb, Violett, Orange) verwendet.

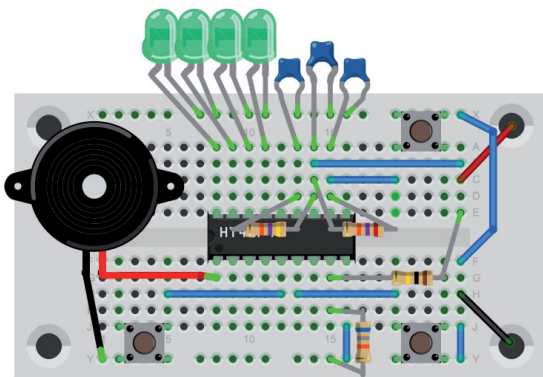
Der Ball fliegt ganz allein immer hin und her. Wenn man mit-spielen will, muss man genau dann auf den Taster drücken, wenn der Ball gerade an der betreffenden Seite angekommen ist. Stimmt der Zeitpunkt, hört man jedes Mal einen kurzen Ton. Drückt man zu lange, wird der Ball aufgehalten. Man kann mit zwei Händen oder mit zwei Personen spielen. Bei perfekter Spielweise sind absolut gleichmäßige Abschläge zu hören. Es ist gar nicht so einfach, mehr als 20 fehlerfreie Schläge zu schaffen.

## **22 Pingpong für Profis**

Ein Widerstand mit 68 k $\Omega$  (Blau, Grau, Orange) startet eine zweite Version des Pingpong -Spiels, die wesentlich schwieriger ist. Diesmal muss alles ganz genau stimmen. Wieder spielen zwei Spieler, die den Ball genau zu dem Zeitpunkt zurückschlagen müssen, an dem er auf ihrer Seite ankommt. Ob es der präzise Zeitpunkt ist, wird diesmal genau überwacht. Wenn man zu früh oder zu spät schlägt, ertönt ein Fehlerton, und das Programm hält an, bis man den Taster wieder loslässt.

Nur wenn man präzise spielt, läuft das Spiel gleichmäßig weiter, und man hört bei jedem Schlag den gleichen Ton. Auch ein unbeteiligter Dritter hört also den regelmäßigen Schlagabtausch. Das klingt wie bei einer Tennisübertragung im Fernsehen. Man muss gar nicht hinsehen und hört das regelmäßige Geräusch der Abschläge, Pingpong für Profis eben.



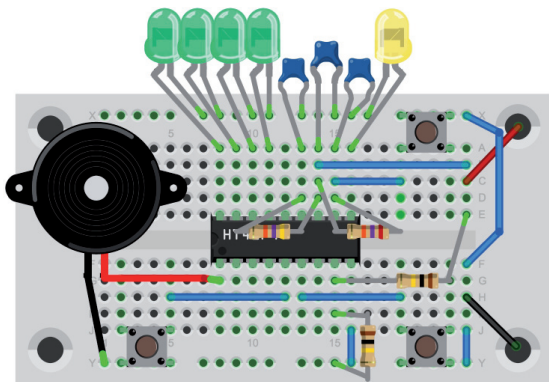


## 23 Reaktionstest

Mit einem Widerstand von 100 k $\Omega$  (Braun, Schwarz, Gelb) startet ein Reaktionsspiel. Man sieht einen schnell von links nach rechts wachsenden Leuchtbalken aus bis zu vier LEDs. Sobald die erste LED an ist, soll man den Knopf drücken. Meist schafft man das aber nicht ganz, und dann leuchten schon zwei oder drei LEDs. Jede LED steht für eine Zehntelsekunde. Die übliche Reaktionszeit zieht sich über 0,2 bis 0,3 Sekunden, aber sobald es jemand in einer Zehntelsekunde schafft, ertönt eine Siegerfanfare.

Wenn man den Taster erst drückt, wenn alle vier LEDs an sind, wird klar, dass man dringend mal richtig entspannen muss. Das Programm wechselt dann automatisch zum schon

bekannten Entspannungslight. Die Helligkeit der LED ganz rechts ändert sich in einem langsamen Rhythmus. Falls jemand schon vorher weiß, dass er Entspannung braucht, kannst er das Entspannungslight auch direkt starten, indem er den linken Taster gedrückt hält und einen Reset ausführt. Die optimale Geschwindigkeit kann man wieder mit den beiden Tasten einstellen. Soll es dann mit dem Reaktionstest weitergehen, drückt man einfach noch mal die Reset-Taste.

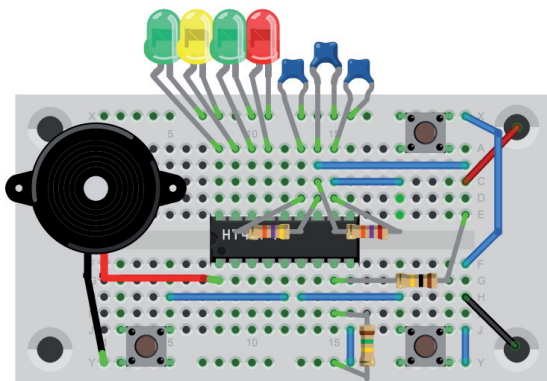


## 24 Stroboskop und Soundeffekte

Das Stroboskop ist ein Blitzlicht, bei dem alle angeschlossenen LEDs gemeinsam kurze Lichtblitze abgeben. Zum Start des Programms dient ein Widerstand mit 150 k $\Omega$  (Braun,

Grün, Gelb). Mit den beiden Tastern kann man die Geschwindigkeit einstellen. Man kann bei völliger Dunkelheit bewegte Gegenstände allein im Licht des Stroboskops betrachten. Bewegungen werden dabei in Einzelbilder aufgelöst. Wenn man einen drehenden Motor oder einen Lüfter am Computer beleuchtet, kann man eine Stroboskopgeschwindigkeit einstellen, bei der die Drehbewegung scheinbar einfriert oder sehr langsam wird.

Ein ähnlicher Effekt ist aus dem Piezo-Lautsprecher zu hören. Er erzeugt einen Ton, der im Takt des Stroboskops immer nur ganz kurz eingeschaltet wird. Wenn die Tonfrequenz und die Stroboskopfrequenz fast genau in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen, entstehen besondere Toneffekte. Mal hört es sich an wie ein Klingelton, mal wie ein Dieselmotor. Man kann mehrere markante Geräusche einstellen und dann jemanden raten lassen, welches Geräusch wohl gemeint ist.

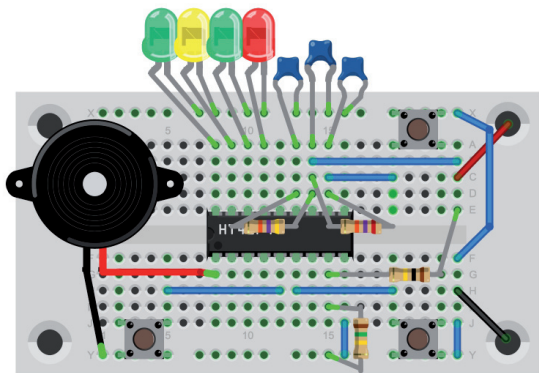


## 25 Die elektronische Grille

Mit einer blauen LED kann man in der Dunkelheit geheimnisvolle Lichteffekte erzielen. Hinzu kommen die besonderen Geräusche einer Grille. Dieser ganz andere Soundeffekt entsteht, wenn man das Unterprogramm des Stroboskops mit der linken Taste und einem Reset startet: Man hält die linke Taste gedrückt, während man einmal kurz auf Reset drückt.

Die elektronische Grille erzeugt seltene, sehr hohe Töne, die man nur schlecht orten kann. Zusätzlich entstehen in unregelmäßiger Folge schwache blaue Lichtblitze. Eine Grille im Haus nervt! Also sucht man sich ein passendes Opfer. Das ganze Gerät wird irgendwo in einem Raum versteckt, und anschließend beginnt die Suche, erschwert durch die hohen

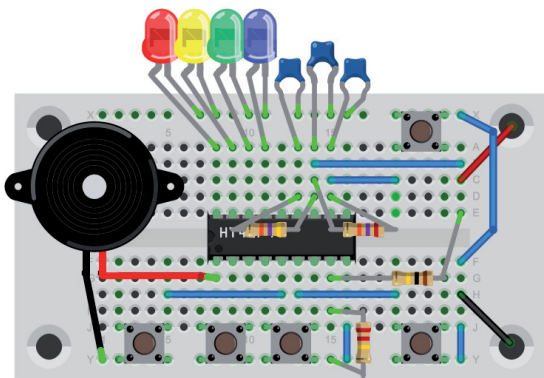
Töne und das schwache Licht. Sobald die Grille gefunden ist, muss man nur auf den rechten Knopf drücken. Dann ertönt die Siegerfanfare, das Licht geht für kurze Zeit vollständig an, um das Versteck zu beleuchten, und danach ist endlich wieder Ruhe.



## 26 Senso

Mit einem Widerstand von 220 k $\Omega$  (Rot, Rot, Gelb) startet man ein anspruchsvolles Spiel, das seit 1978 unter dem Namen „Senso“ bekannt ist und im englischen Sprachraum „Simon“ genannt wird, manchmal auch „Simon Says“. Es wurde von mehreren Firmen, darunter Atari, als kleines Handgerät gebaut. Später erschien es immer wieder in neuen Varianten.

Bei diesem Spiel gibt es vier unterschiedliche Farben, die in einer zufälligen Reihenfolge aufleuchten. Zu jeder Farbe gibt es einen eigenen Ton. Die Aufgabe besteht darin, sich die Farben zu merken und die Folge mit den Tasten zu wiederholen. Die linke Taste schaltet die rote LED ein, die zweite von links die gelbe und so weiter. Außerdem werden die zugehörigen Töne gespielt. Beim ersten Durchlauf muss man sich nur eine Farbe merken, beim zweiten schon zwei. So geht es weiter bis zu einer Abfolge von zehn Farben und Tönen. Wenn man die Zehnerfolge korrekt wiederholen kann, ist das Spiel gewonnen. Es ertönt die bekannte Siegerfanfare. Drückt man aber vorher eine falsche Taste, endet das Spiel vorzeitig mit dem Verlierersound. Wer schafft die meisten fehlerfreien Spiele?



# 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 4019631150219

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.

