

Spaß mit Elektronik

Kleines 1D-Pong-Spiel für Kinder – selbst gebaut

Das richtige Projekt, um Kinder und Jugendliche an den praktischen Aufbau einer eigenen Schaltung heranzuführen und nach erfolgreichem Aufbau sofort Spielspaß in verschiedenen Modi zu haben. Das kleine 1D-Pong-Spiel ist zum größten Teil aus einfachen, bedrahteten Bauteilen aufgebaut, deren grundlegenden Funktion wir hier erklären.

1D-Pong
Bestell-Nr.
15 49 42

Bausatz-
beschreibung,
Montagevideo
und Preis:



www.elv.com



Infos zum Bausatz 1D-Pong



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Ungefähre Bauzeit:
0,75 h



Verwendung SMD-Bauteile:
SMD-Teile sind bereits
komplett bestückt



Besondere Werkzeuge:
evtl. Bauteilbiegelehre



Lötterfahrung:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrische Fachkraft:
nein

Löten und Spielen

Dieses kleine Elektronikprojekt ist dazu gedacht, Kinder theoretisch und praktisch an die Elektronik heranzuführen. Sie können so das Erfolgserlebnis mit einer funktionierenden Schaltung und schließlich Spaß mit dem 1D-Pong beim Spielen haben.

Das mit einem kleinen Mikrocontroller als zentralem Bauteil agierende Spiel hat mehrere Betriebsmodi für das Spielen mit einem oder 2 Spielern. Neben einem Reaktionsspiel und einem automatischem Lichteffektverlauf ist der wesentliche Modus das Spiel zweier Spieler gegeneinander nach den Regeln des bekannten Pong-Spiels. Sie spielen sich gegenseitig den Ball zu und müssen im richtigen Moment reagieren, um den ankommenden Ball wieder zurückzuspielen. Der Ball wird hier in Form von mehreren LEDs in einer Reihe/Dimension (deshalb heißt das Spiel 1D-Pong) dargestellt, und das Zurückspiel erfolgt auf Tastendruck. Die LED wandert von einer Seite zur anderen, beim Erreichen der roten LED muss die Taste gedrückt werden, damit der Ball seine Richtung ändert. Drückt der Spieler zu früh oder zu spät, hat er die Spielrunde verloren. Dass das Spiel tatsächlich viel Spaß macht, konnte man anlässlich der Vorabpräsentation bei unseren MakerFaire-Auftritten schon gut beobachten ([Bild 1](#)).

Neben dem Spielen soll hier auch der Lerneffekt in der Elektronik nicht zu kurz kommen. Eigentlich ist das Projekt eine sehr gute Grundlage, den



Nachwuchs an die Elektronik heranzuführen und ihn spielerisch auch einige praktische Grundlagen zu vermitteln. Damit haben wir hier ein gutes Familienprojekt für einen verregneten Sonntagnachmittag. Entsprechend ausführlich und grundlegend widmen wir uns der Schaltungs- und Aufbaubeschreibung.

Schaltung

Die Schaltung des 1D-Pong, in Bild 2 zu sehen, ist sehr übersichtlich. Im Zentrum steht ein kleiner Mikrocontroller IC1, der über seine interne Software (Firmware) alle Vorgänge in der Schaltung steuert. Im unteren Bereich finden wir zunächst links die Spannungsversorgung, in diesem Fall wird diese von einer 3-V-Knopfzelle des Typs CR2032 zusammen mit den Kondensatoren C5 und C1, die zur Spannungstabilisierung/Filterung dienen, realisiert. Die Kondensatoren sind kleine Energiespeicher, sie werden zuerst mit Energie aus der Batterie aufgeladen und können dann bei Bedarf diese Energie wieder abgeben. Je nach Kapazität und Art des Kondensators reagieren sie unterschiedlich schnell, deshalb sind dort ein 100-nF-Keramikkondensator (C1), der relativ schnell reagiert, aber nur wenig Energie speichern kann, und ein Elektrolytkondensator (C5), der zwar viel Energie speichern kann, aber dafür langsamer reagiert, parallel geschaltet. Sie unterstützen so die Batterie dabei, stets eine konstante Spannung abzugeben, z. B. bei schwankender Belastung durch das gleichzeitige Aufleuchten mehrerer Leuchtdioden in diesem Gerät.

Rechts neben der Spannungsversorgung finden wir eine Transistor-schaltstufe, die den akustischen Signalgeber (Sound-Transducer) des Spiels schaltet. Dieser wird über den Widerstand R12 an die Spannungsversorgung angeschlossen. R12 dient dabei zur Strombegrenzung. Der Signalgeber benötigt zur Ausgabe einen relativ hohen Strom. Da der Mikrocontroller diesen Strom nicht über seine Ausgänge (GPIO = General Purpose Input Output, auf Deutsch: universell programmierbare Ein- oder Ausgänge) zur Verfügung stellen kann, wird ein Transistor dazwischen geschaltet. Der Transistor dient hierbei als elektronischer Schalter. Wenn ein vom Mikrocontroller ausgegebener Strom in den Basiseingang fließt, schaltet er auf der Kollektor-Emitterstrecke wie ein Schalter durch und der Signalgeber erhält seine Spannung und wird aktiviert.

Da sich in dem Signalgeber eine Spule (Induktivität) befindet, können beim Ausschalten durch das sich ändernde Magnetfeld in der Spule hohe Spannungsspitzen entstehen, die den Transistor und weitere Schaltungsteile beschädigen könnten. Um diese Spannungsspitzen zu verhindern, wird eine Diode D12 parallel geschaltet, welche die Spannungsspitzen ableitet. Eine Diode leitet nur in eine Richtung, sie ist hier in der Schaltung so eingebaut, dass sie im normalen Betrieb nicht stört. Wenn aber der Transistor abgeschaltet wird, wird die von der Spule erzeugte hohe Spannung über die Diode abgeleitet.

Die beiden Spiel Tasten S1 und S2 sind direkt mit dem Mikrocontroller verbunden, hier sind die durch das Betriebsprogramm zugewiesenen GPIO-Anschlüsse, auch Pins genannt, als Eingänge programmiert. Im Mikrocontroller sind intern per Betriebsprogramm Widerstände vom Pinanschluss zur 3-V-Versorgungsspannung zugeschaltet, so liegt im unge-

drückten Zustand der Taster die Versorgungsspannung über den Widerstand am Pin an und der Zustand ist logisch 1, in der Digitaltechnik mit H (High) bezeichnet. Beim Drücken wird der Pin über die Taste gegen die Masse kurzgeschlossen und der Zustand des Pins wechselt auf 0, auch L (Low) genannt. Der Mikrocontroller wertet diese Zustandsänderungen von H auf L dann als Tastendrucke aus, man spricht hier von einem Low-aktiven Eingang.

Rechts unten sehen wir die Spiel-LEDs D1 bis D11, die in 3 verschiedenen Leuchtfarben verbaut sind, mit ihren Vorwiderständen. Die LEDs haben eine maximale Versorgungsspannung, hier Flussspannung genannt, die geringer als 3 V ist – Gelb: 1,8 V, Rot: 1,7 V, Grün: 2,3 V. Sie dürfen nur von einem definierten Höchststrom durchflossen werden. Würde man diese LEDs direkt an die 3-V-Spannungsquelle anschließen, würden sie durch einen zu hohen Strom zerstört, da sie hier vom maximalen Strom durchflossen werden, den die Spannungsquelle liefern kann.

Damit die LEDs nicht zerstört werden, wird je ein Widerstand in Reihe geschaltet. Die Spannung teilt sich nun auf den Widerstand und die LED auf, in welchem Verhältnis, hängt von der Flussspannung und dem Widerstandswert ab. Damit wird nach dem ohmschen Gesetz der Strom, der durch die LED fließt, begrenzt bzw. genau definiert.

Die roten und gelben LEDs werden in dieser Schaltung mit einem relativ kleinen Strom von gerade einmal 0,5 mA betrieben, zum einen weil die LEDs sonst unangenehm hell leuchten würden, zum anderen um Strom zu sparen und so die Betriebsdauer der Batterie zu verlängern.

Sehen wir uns die Berechnung des erforderlichen Vorwiderstands an einem Beispiel mit einer gelben LED an:

- Die Knopfzelle liefert uns 3 V als Versorgungsspannung.
- Die gelben LEDs haben eine Flussspannung von 1,8 V, deshalb müssen über unseren Vorwiderstand 3 V minus 1,8 V gleich 1,2 V abfallen.
- Als Betriebsstrom soll ein Strom von 0,5 mA eingestellt werden.

Die Berechnungsformel für einen LED-Vorwiderstand lautet dazu:

$$R_V = \frac{U_B - U_F}{I_{LED}}$$

$$R_V = \frac{3,0 \text{ V} - 1,8 \text{ V}}{0,0005 \text{ A}} = 2400 \Omega$$

Genauso kann man durch Umstellen der Formel den sich ergebenden Betriebsstrom anhand eines vorhandenen Widerstands, hier mit den verwendeten 2,2 k Ω , ausrechnen:

$$\frac{U_B - U_F}{R_V} = I_{LED}$$

$$\frac{3,0 \text{ V} - 1,8 \text{ V}}{2200 \Omega} = 0,000545 \text{ A}$$



Bild 1: Das 1D-Pong-Spiel fand bei der Vorabpräsentation, hier mit abgesetztem Spiel- und Anzeigefeld, großes Interesse.

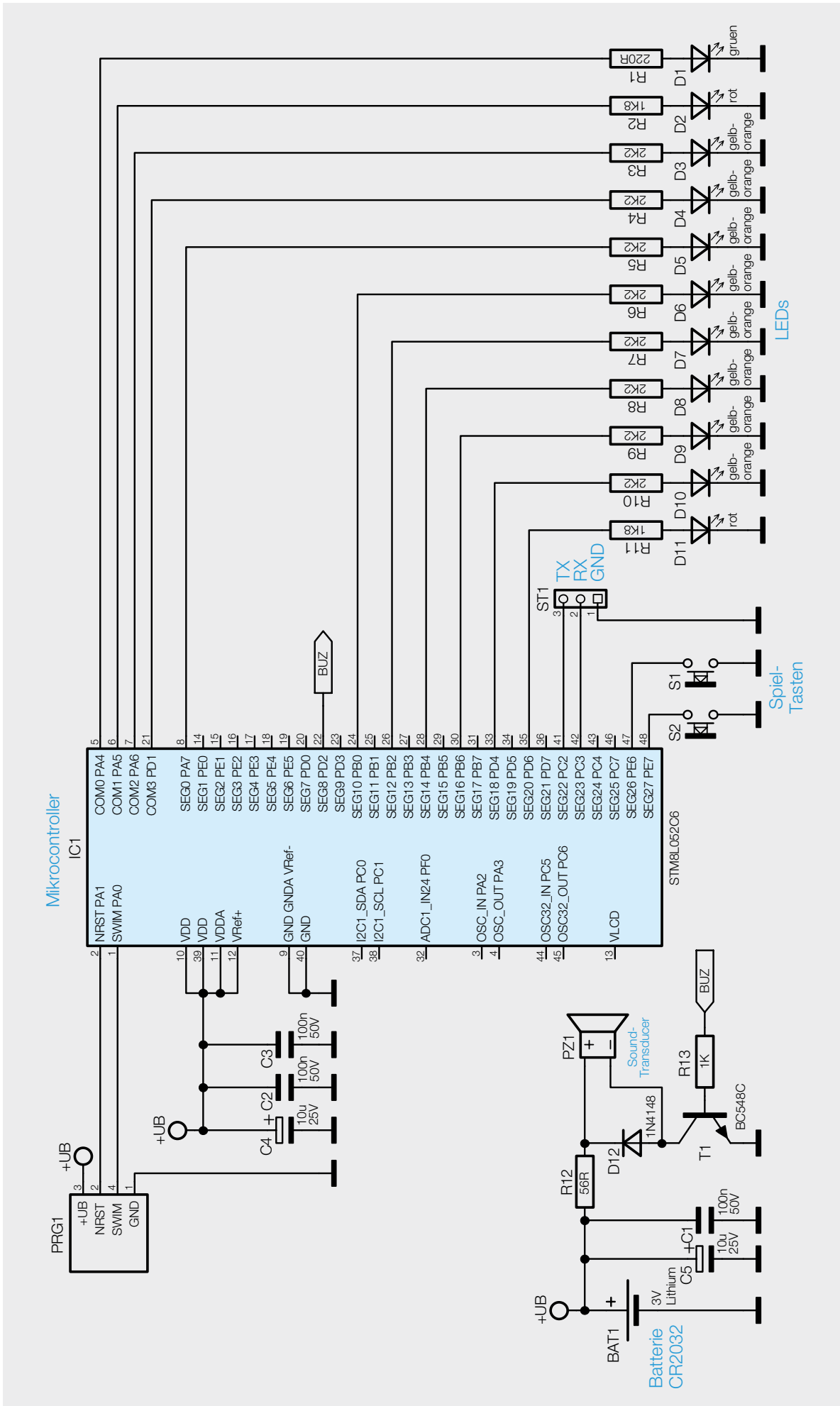


Bild 2: Das Schaltbild des 1D-Pong

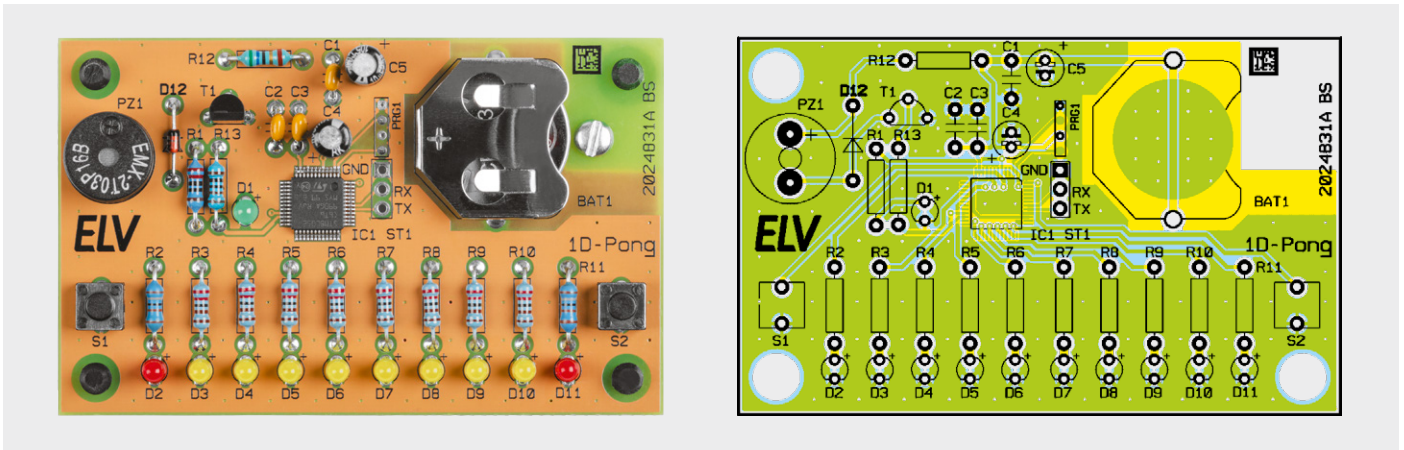


Bild 3: Platinfoto des komplett bestückten 1D-Pong mit dem zugehörigen Bestückungsplan

Als weiteren Schaltungsteil finden wir noch eine serielle Schnittstelle mit ST1, hier kann man einen USB-Seriellwandler, z. B. den UM2102N, anschließen und bei Bedarf ein Software-Update des Spiels über einen normalen PC durchführen.

Über die Schnittstelle PRG1 wird der Mikrocontroller ab Werk mit seinem Betriebsprogramm (Firmware) versehen. Die Kondensatorkombination C2, C3 und C4 schließlich dient wieder der Stabilisierung der Betriebsspannung für den Mikrocontroller wie bereits bei C5/C1 diskutiert.

Soweit zur Schaltung des 1D-Pong, kommen wir nun zum Nachbau.

Nachbau

Der Nachbau erfordert lediglich das Bestücken von bedrahteten Bauteilen. Der in SMD-Technik ausgeführte Mikroprozessor ist bereits ab Werk bestückt und verlötet, so reicht für die Bestückung eine Grundausrüstung mit Elektronik-Lötkolben, Lötzinn, einer Elektronik-Flachzange, einem Seitenschneider, einem Feinmechanik-Schraubendreher und einer Pinzette. Da dieser Beitrag sich an Elektronik-Einsteiger richtet, beschreiben wir den grundlegenden Umgang mit den Bauteilen detaillierter.

Tipps für Einsteiger
 Beim Nachbau am besten Bauteil für Bauteil einzeln bestücken und verlöten und danach die Bauteilanschlüsse auf der Lötseite kürzen. Dadurch wird verhindert, dass Bauteile durcheinanderkommen und die Anschlüsse beim Verlöten des nächsten Bauteils nicht im Weg sind.

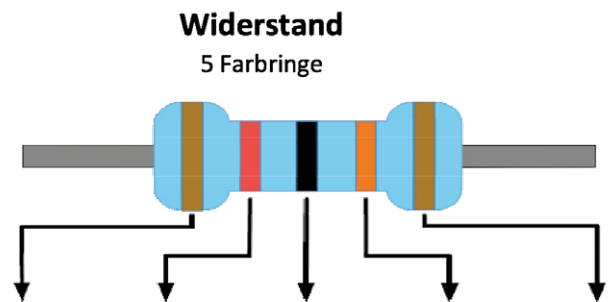
Bei der Bestückung richten wir uns nach der Stückliste, dem Platinfoto und dem Bestückungsplan in Bild 3 sowie dem Bestückungsdruck auf der Platine. Wir beginnen mit dem Bestücken der flachen (liegenden) Bauteile, also den Widerständen und der Diode. Die Widerstände sind mit Farbringen gekennzeichnet, über diese lässt sich der Widerstandswert entsprechend des im Bild 4 gezeigten Widerstands-Farbcode ablesen.

Dazu einige Erläuterungen:

- Bei Widerständen mit nur 4 Farbringen entfällt die 3. Ziffer.

- Bei Widerständen mit 6 Ringen zeigt der 6. Ring den Temperaturkoeffizienten an; dieser ist wie auch die Toleranz bei unserer Schaltung unwichtig und kann ignoriert werden.

In Bild 4 unten sind die Farbcodes der in unserer Schaltung verwendeten Widerstandswerte zusammengefasst.



Farbe	1. Ziffer	2. Ziffer	3. Ziffer	Multiplikator	Toleranz
Schwarz	0	0	0	1 Ω	
Braun	1	1	1	10 Ω	±1%
Rot	2	2	2	100 Ω	±2%
Orange	3	3	3	1k Ω	
Gelb	4	4	4	10k Ω	
Grün	5	5	5	100k Ω	±0,5%
Blau	6	6	6	1M Ω	±0,25%
Violett	7	7	7		±0,1%
Grau	8	8	8		
Weiß	9	9	9		
Gold				0,1 Ω	±5%
Silber				0,01 Ω	±10%

Hier verwendete Widerstände

1. Ziffer	2. Ziffer	3. Ziffer	Multiplikator	Toleranz	Wert
5	6	0	0,1 Ω	±1%	56 Ω
2	2	0	1 Ω	±1%	220 Ω
1	0	0	10 Ω	±1%	1000 Ω
1	8	0	10 Ω	±1%	1800 Ω
2	2	0	10 Ω	±1%	2200 Ω

Bild 4: Die Widerstands-Farbtabelle ermöglicht das einfache Ablesen eines Widerstandswerts anhand der Farbringe. Unten sind die Farbwerte der in unserem Projekt verwendeten Widerstände zusammengefasst.

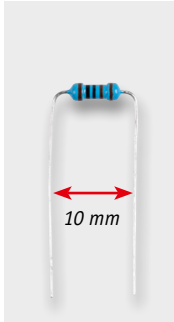


Bild 5: So werden die Anschlüsse eines Widerstands abgewinkelt.



Bild 6: Mit einer Biegelehre kann man Bauteilanschlüsse exakt entsprechend dem Rastermaß auf der Platine auch ohne Zange abwinkeln.



Bild 7: Die Polaritätskennzeichnung der Diode sowie die exakt abgewinkelten Anschlüsse

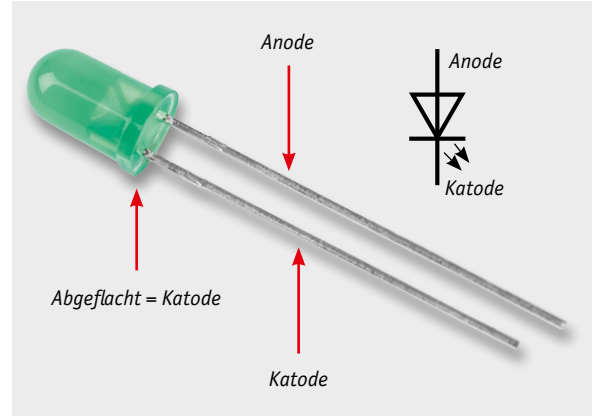


Bild 8: So identifiziert man Anode und Katode der Leuchtdioden.

Die Anschlüsse der Widerstände müssen, wie in Bild 5 gezeigt, mit einer Flachzange um jeweils 90° abgewinkelt und an die richtige Position in die Platine eingesetzt werden. Alternativ kann man auch eine Bauteilbiegelehre (Bild 6, ELVshop Bestell-Nr. 029290) verwenden, mit deren Hilfe die Bauteilanschlüsse auch ohne Zange ganz exakt entsprechend dem Rastermaß auf der Platine abgebogen werden können.

Die Anschlüsse der Diode sind ebenso entsprechend dem Rastermaß zu biegen, dabei achte man auf gleichmäßigen Abstand vom Glaskörper – niemals zu dicht an diesem biegen, sonst kann der Glaskörper zerstört werden. Beim Einsetzen der Diode ist aber gegenüber dem Widerstand auf die Polarität zu achten, denn die Diode leitet nur in eine Richtung. Der schwarze Strich auf der Diode (die Katode) muss in Richtung des Pfeils auf dem Platinenaufdruck zeigen. Bild 7 veranschaulicht dies noch einmal anhand des Schaltzeichens.

Als Nächstes bestücken wir die Leuchtdioden. Auch diese haben eine Polarität und leiten nur in eine Richtung – bei falscher Bestückungsrichtung leuchten sie nicht. Der längere Anschluss ist die Anode und der kürzere Anschluss die Katode, siehe Bild 8. Im Bestückungsdruck auf der Platine sehen wir 2 Bestückungshilfen. Einmal ein Pluszeichen, hierhin gehört der Anodenanschluss der Leuchtdiode. Und zum zweiten ist die Gehäusekontur aufgedruckt, die abgeflachte Gehäuseseite ist die Kathodenseite. Die LEDs werden so polrichtig bis zum Anschlag in die Platine eingesetzt und auf der Unterseite der Platine verlötet.

Nun folgen die Taster und die kleinen braunen Kondensatoren C1–C3. Sie haben keine Polarität und können einfach an den vorgegebenen Bestückungspositionen eingelötet werden. Die Gehäuse der Taster sollten dabei plan auf der Platine aufliegen, damit später beim Bedienen der Taster keine Belastung der Anschlüsse auftreten kann.

Der Sound-Transducer, den wir jetzt bestücken, ist wieder ein gepoltes Bauteil, bei dem vor dem Einbau die Schutzfolie zu entfernen ist. Zur Markierung ist oben auf dem Gehäuse und auf der Platine jeweils ein Plus-Zeichen abgebildet, diese müssen in bestückter Lage übereinstimmen (Bild 9).

Als nächstes Bauteil bestücken wir den Transistor T1, dessen mittlerer Anschluss wie in Bild 10 gezeigt nach vorne abzubiegen ist. Erst dann setzen wir ihn in den vorgesehenen Bestückungsplatz ein, dabei ist die

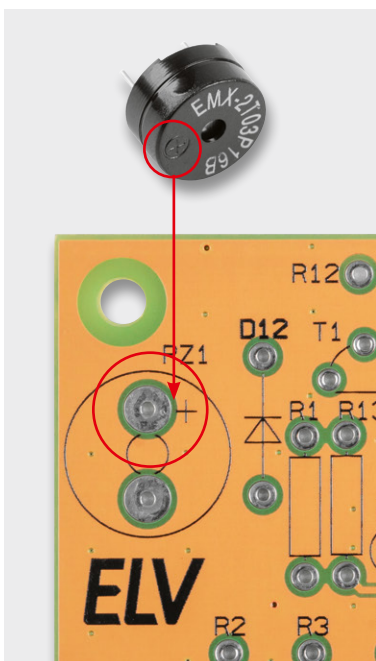


Bild 9: Hier sind die Plus-Markierungen des Sound-Transducers und die zugehörige Kennzeichnung auf der Platine zu sehen.

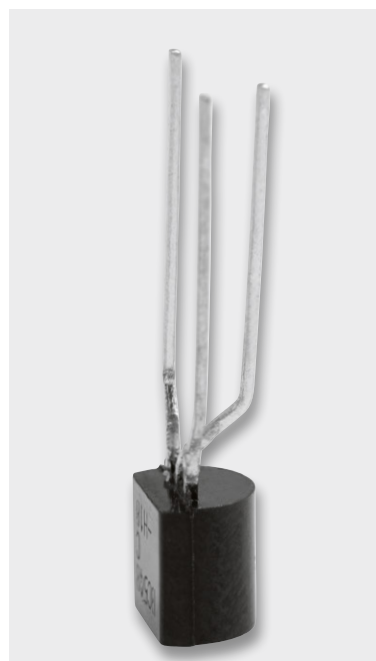


Bild 10: Der mittlere Anschluss des Transistors ist wie hier gezeigt in Richtung runde Gehäuseseite abzuwinkeln.

Widerstände:

56 Ω	R12
220 Ω	R1
1 kΩ	R13
1,8 kΩ	R2, R11
2,2 kΩ	R3–R10

Kondensatoren:

100 nF/50 V/THT	C1–C3
10 µF/25 V/THT/105 °C	C4, C5

Halbleiter:

ELV191707/SMD	IC1
BC548C	T1
LED/3 mm/grün	D1
LED/3 mm/superhell, rot	D2, D11
LED/3 mm/gelb-orange	D3–D10
1N4148/THT	D12

Sonstiges:

Mini-Drucktaster, 1x ein, print	S1, S2
Sound-Transducer, 3 V, print, 6,5 mm Höhe	PZ1
Batteriehalter für CR2032	BAT1
Zylinderkopfschraube, M3 x 5 mm	
Mutter, M3	
Gehäuse-Gummifüße, zylindrisch (8 x 5 mm), schwarz	

Einbaulage zusätzlich durch die stilisierte Gehäuseform im Bestückungsdruck gekennzeichnet.

Bei den nun folgenden Elektrolyt-Kondensatoren C4 und C5 muss auch wieder auf die Polarität geachtet werden. Auf dem Kondensator ist der negative Pol (–) gekennzeichnet, auf der Platine aber der positive Pol mit einem Plus-Zeichen (Bild 11), dies bitte unbedingt beachten! Ein falsch eingesetzter Elektrolyt-Kondensator wird durch die falsche Lage an der Betriebsspannung zerstört. Zusätzlich ist der Pluspol des Elektrolytkondensators wie bei der Leuchtdiode durch einen längeren Bauteilanschluss gekennzeichnet.

Zum Abschluss löten wir noch den Batteriehalter ein und setzen die GummifüÙe ein. Die 4 GummifüÙe werden einfach von unten durch die Löcher in der Platine gezogen, und die langen Enden mit einem Seitenschneider/Schere gekürzt, siehe Bild 12, damit diese nicht unnötig überstehen.



Wichtiger Hinweis zum ESD-Schutz:

Bei den verwendeten Bauteilen des 1D-Pong handelt es sich um elektrostatisch gefährdete Bauteile. Das bedeutet, dass sie bereits durch bloÙes Anfassen, z. B. beim Einbau oder im späteren Betrieb, zerstört werden können, sofern man vorher elektrisch geladen war, was beispielsweise durch Laufen über Teppiche passieren kann. Vor dem Handhaben bzw. dem Berühren dieser Bauteile ist es ratsam, Maßnahmen anzuwenden, die einen entsprechenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen an diesen Bauteilen ermöglichen. Hierzu kann man sich z. B. mit einem Erdungsband erden oder zumindest ein Metallgehäuse eines Geräts oder die Heizung anfassen.

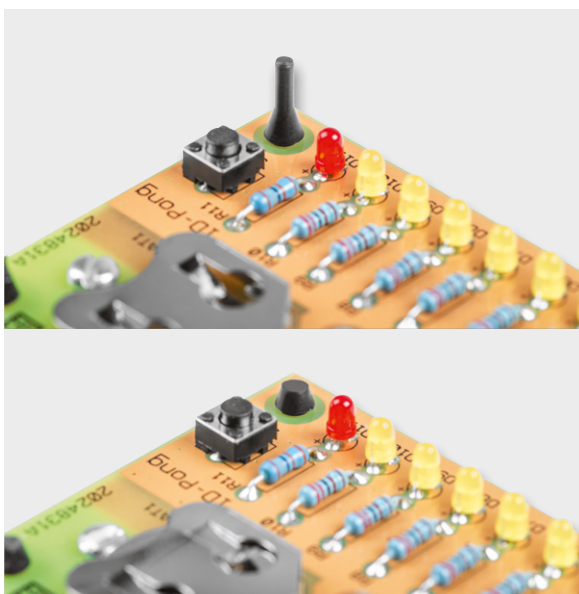


Bild 12: Hier ist ein durchgesteckter (oben) und gekürzter (unten) GummifüÙ zu sehen.

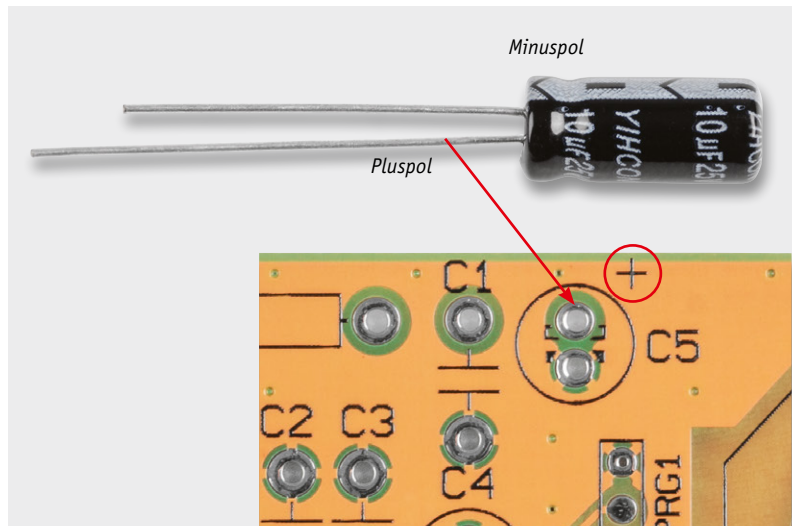


Bild 11: Die Polaritätsmarkierungen des Elektrolyt-Kondensators und die zugehörige Platzierungsmarkierung auf der Platine

Nach dem ebenfalls polrichtigen Einsetzen einer Knopfzelle vom Typ CR2032 (mit den Fingern oder nicht leitender Kunststoffpinzette einsetzen, Pluspol oben, siehe Bild 13, dazu Kasten „Wichtiger Hinweis zum ESD-Schutz“ beachten) wird die kleine Schraube durch das Loch gesteckt und mit der Mutter befestigt (Bild 12). Dies dient als Sicherung der Knopfzelle, damit ein werkzeugloses Entnehmen der Knopfzelle verhindert wird. So besteht keine Gefahr, dass kleine Kinder die Knopfzelle herausnehmen und verschlucken können.

Bedienung

Die Bedienung gestaltet sich sehr einfach. Als Reaktion auf einen beliebigen Tastendruck wacht das Gerät auf und beginnt eine neue Runde. Es gibt 3 Modi, je nachdem, welche Taste beim Neustart gedrückt gehalten wird. Ein Neustart lässt sich durch neues Einsetzen der Batterie erzeugen oder kurzes gleichzeitiges Drücken beider Tasten, nachdem sich das Spiel abgeschaltet hat. Bei einem durch die Tasten erzeugten Neustart blinken die roten LEDs und die grüne LED 5-mal auf, danach wird der Neustart mit den unten aufgeführten Tasten durchgeführt.

Die Zuordnung der Modi beim Neustart ist wie folgt:

- Keine Taste → Ping-Pong
- Taste S1 → Risiko
- Taste S2 → Lauflicht
- Beide Tasten → ruft den Neustart-/Update-Modus auf

Modus Ping-Pong:

Die LED wandert von der einen Seite zur anderen, und die entsprechende Taste muss beim Erreichen des Endes gedrückt werden, danach wechselt die Richtung. Die LED wandert dabei mit der Zeit immer schneller, und es wird immer schwieriger, im richtigen Moment zu drücken. Drückt man nicht zum richtigen Zeitpunkt, hat der Gegner die Runde gewonnen. Nach einer Runde blinkt die LED des Verlierers einige Male auf, bevor sich das Spiel abschaltet, um Energie zu sparen. Danach lässt sich eine neue Runde starten.

Modus Risiko:

Die LED D2 von Spieler eins blinkt im Wechsel mit der nächsten LED D3, siehe Bild 14. Wird die Taste S1 in dem Moment betätigt, in dem die rote LED D2 aufleuchtet, steigt man in die nächste Stufe auf. Nun wechseln sich die LEDs D2 und D4 gegenseitig ab, diesmal aber etwas schneller. Drückt man wieder im richtigen Moment, wenn die rote LED aufleuchtet, kommt man wieder eine Stufe weiter. Erreicht man Stufe 10, hat man gewonnen. Die Taste S2 beendet die Runde und schaltet das Spiel wieder ab.

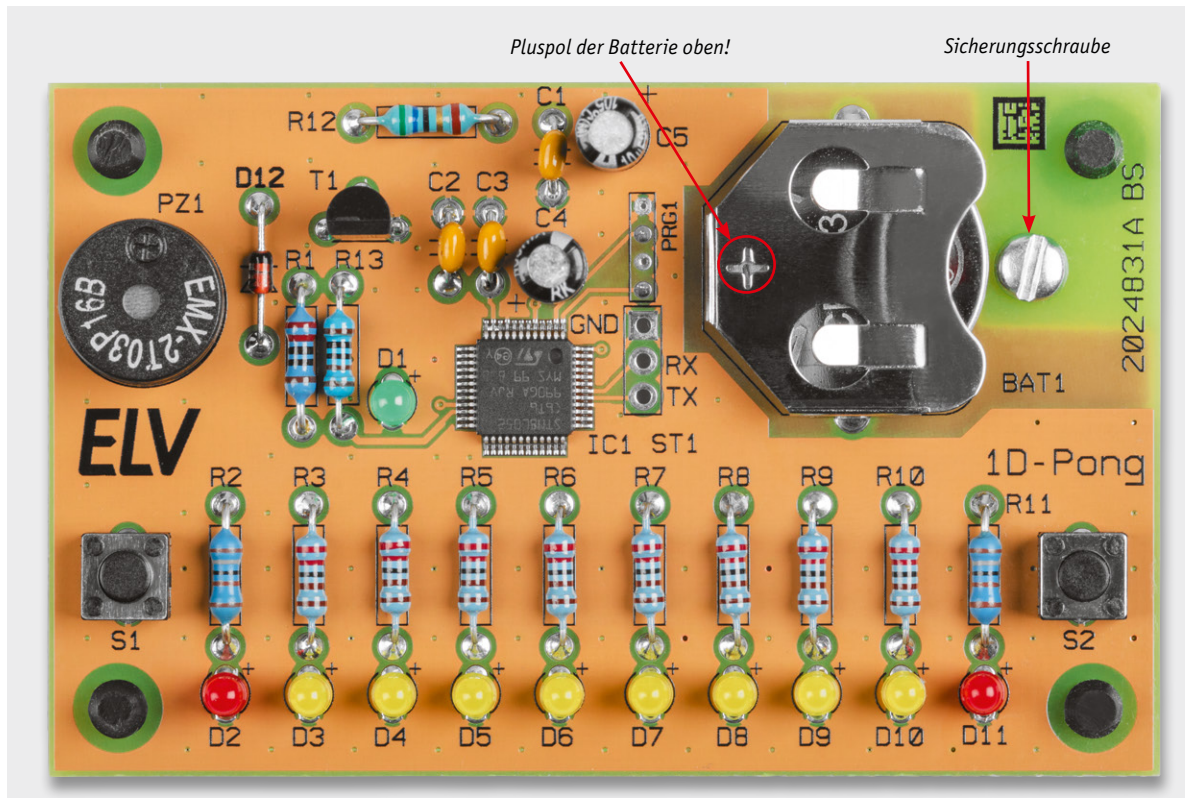


Bild 13: Die korrekt eingesetzte Batterie und die Sicherungsschraube, die ein Herausnehmen ohne Werkzeug verhindert

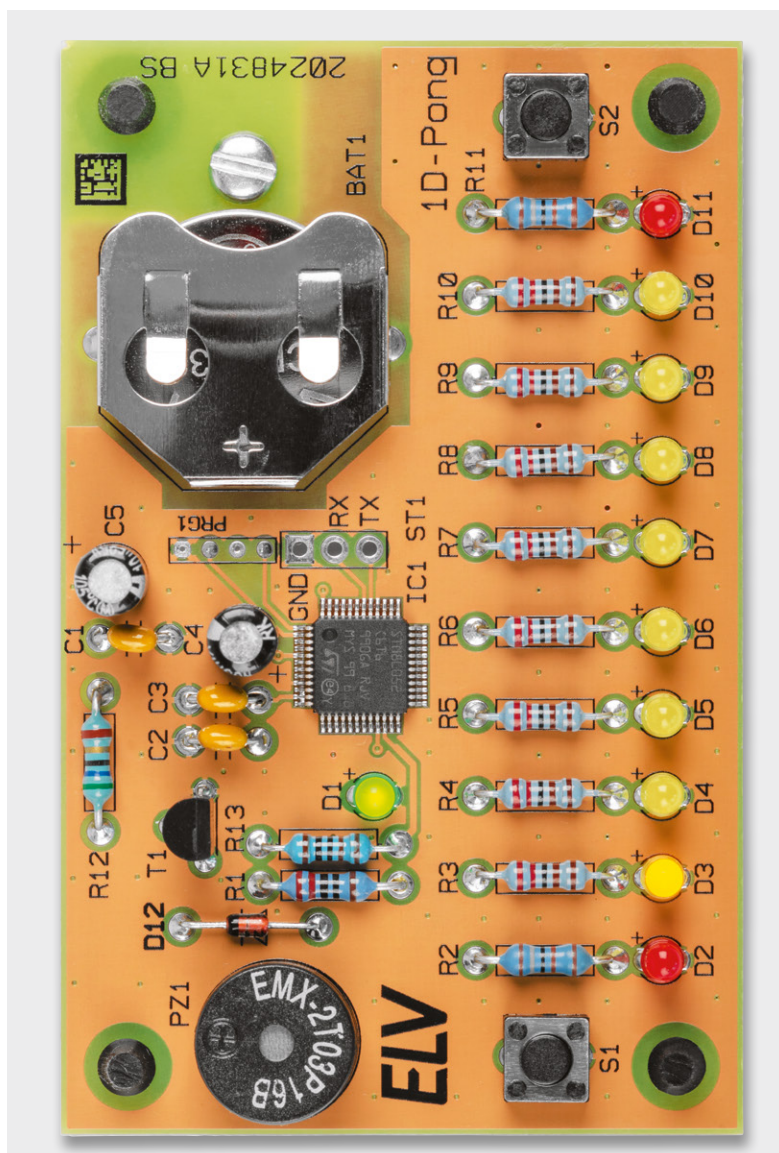


Bild 14: Die Ausgangsstellung der Spielanzeige beim Spiel „Risiko“

Modus Lauflicht:

Beim Lauflicht wandert eine LED von einer Seite zur anderen. Ein Druck auf eine der Tasten schaltet das Spiel ab.

Update-Modus:

Im Update-Modus leuchten die LEDs D1, D6 und D7, während auf den Datenleitungen RX und TX auf die Daten des Updates gewartet wird. Der Update-Modus wird, sofern kein Update übertragen wird, automatisch nach ca. 15 s beendet. Während der Datenübertragung des Updates blinkt die grüne LED. Für ein Update ist ein USB-UART-Wandler (UM2102) erforderlich, die Bezeichnung auf der Platine entspricht der Belegung dieses UART-Moduls und die Datenleitungen müssen nicht wie oft üblich noch getauscht werden.

Wir wünschen viel Spaß beim Aufbau des 1D-Pong und beim Spielen! **ELV**

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	1D-Pong
Versorgungsspannung:	3 V (1x CR2032)
Stromaufnahme:	25 mA max.
Ruhestromaufnahme:	0,5 µA
Batterielebensdauer:	20 h (typ.)
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen:	50 x 80 x 20 mm
Gewicht:	25 g