



Spannendes Geschicklichkeitsspiel – „Der heiße Draht“

Es ist wohl eines der bekanntesten Geschicklichkeitsspiele – „Der heiße Draht“: Man versucht, eine kleine Drahtschleife durch einen „Parcours“, der aus einem gebogenen Draht besteht, zu fädeln. Berührt die Drahtschleife den Draht, gibt es ein akustisches Signal.

Gegenüber vergleichbaren einfachen Schaltungen wird in dieser Schaltung zusätzlich die Zeit gestoppt und angezeigt. Nebenbei stellt die kleine Mikrocontrollerschaltung eine echte Einsteigerschaltung für Hobby-Programmierer dar, weshalb wir auch den Quellcode für eigene Modifikationen und Übungszwecke kostenlos zur Verfügung stellen.

Moderne Zählschaltung

Mindestens seit Erscheinen des Transistors ist „Der heiße Draht“ ein Elektronik-Projekt, das wohl in keinem Ideen-Werkzeugkasten für Lehrer, Ausbilder und andere, die sich mit der Physik-/Elektronik-Ausbildung befassen, fehlt. Verspricht dieses kleine Projekt doch maximalen Aufbau-erfolg und der junge Erbauer kann sich der Anerkennung in der Familie sicher sein. Die traditionelle Schaltung besteht aus einem Multivibrator, der einen kleinen Lautsprecher oder eine

Lampe bzw. LED ansteuert, sobald die am Parcours-Draht entlangzuführende Drahtschleife diesen berührt.

Wir haben dieses Prinzip erweitert: Unser Geschicklichkeitsspiel erfasst auch noch die Zeit, die man zum Abfahren des Parcours benötigt. Traditionell würde man dazu einen klassischen Zähleraufbau mit Anzeigetreibern und ein wenig Logik benötigen – ein solches „IC-Grab“ ist aber nicht mehr zeitgemäß. Heute erledigt ein kleiner, preiswerter Mikrocontroller alle bisher erwähnten Aufgaben. Sich die Kenntnisse für dessen Programmierung anhand einer überschaubaren Standardaufgabe anzueignen, ist der erste Einstieg in die praktische Mikrocontroller-Programmierung nach dem Kennenlernen der Grundlagen, wie sie z. B. in [1] vermittelt wurden. Hier sind dazu noch Grundkenntnisse der Programmiersprache C und zur Programmierung des verwendeten Controllers notwendig.

Für eigene Experimente steht der Quellcode der Firmware dieses Projekts unter [2] zur Verfügung. Für die einfache Software-Modifikation des hier zum Einsatz kommenden AVR-Controllers aus der ATmega-Reihe befindet sich auf der Platine eine Standard-SPI-Programmierschnittstelle, über die die

Technische Daten: DHD1

Spannungsversorgung:	7–15 V _{DC}
Stromaufnahme:	max. 100 mA
Anzeigebereich:	0–999
Anzeige:	3 x LED-7-Segmentdisplay
Abmessungen Platine (B x H x T):	95 x 82 x 40 mm

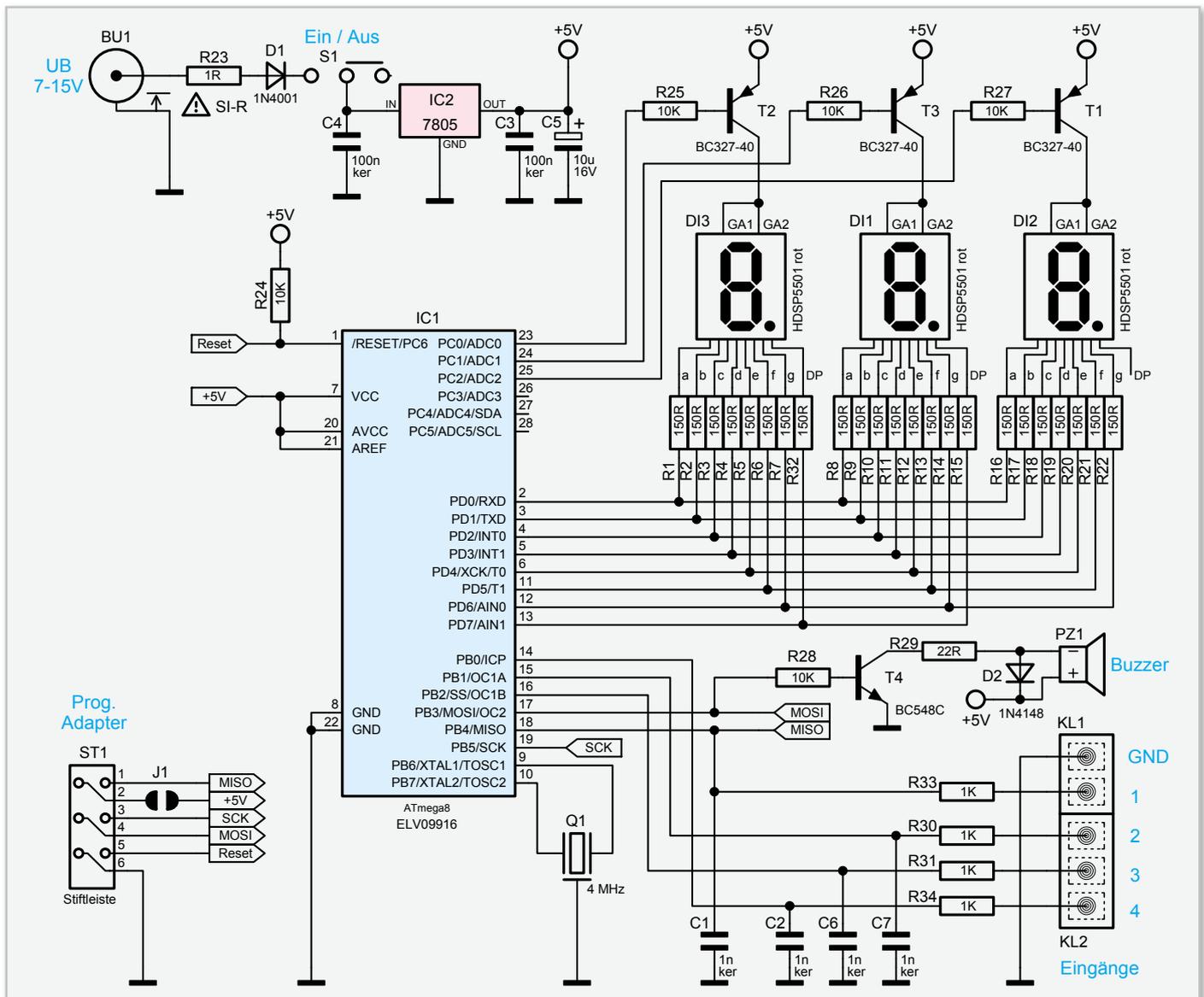


Bild 1: Schaltbild der Elektronik

Firmware mittels eines konventionellen Programmieradapters programmiert werden kann.

Der Aufbau der Baugruppe erfolgt in diesem Falle auch ausschließlich aus bedrahteten Bauteilen, weshalb ein einsteigergerchter Nachbau leicht möglich ist.

Das Hardwarekonzept der Platine ist im Übrigen so gehalten, dass die Hardware auch für andere Einsatzzwecke programmiert werden kann. Auch der Aufbau des Parcours-Drahtes kann völlig individuell erfolgen, etwa auch als 3D-Aufbau, weshalb das hier gezeigte Beispiel eben nur eine von vielen Möglichkeiten darstellt, d. h. der Bausatz enthält allein die Elektronikeinheit mit einem bereits anwendungsfertig programmierten Controller. So bleibt der Kreativität des Anwenders freier Raum zur Gestaltung des Spiels.

Schaltung

Wie man im Schaltbild (Abbildung 1) erkennt, ist das Controller-IC 1 vom Typ ATmega8 zentrales Bauteil dieser Schaltung. Die drei 7-Segment-Anzeigen werden im Multiplexbetrieb angesteuert, da am Prozessor nicht genügend Ports zur

Verfügung stehen, um jedes einzelne Segment separat anzusteuern. Über Port C und die Transistoren T 1 bis T 3 aktiviert der Controller jeweils immer nur eine der Anzeigen DI 1 bis DI 3 und über den Port D die entsprechenden Segmente. Alle drei Anzeigen werden der Reihe nach mit ca. 70 Hz angesteuert. Die Widerstände R 1 bis R 22 sowie R 32 dienen als Strombegrenzung für die einzelnen LEDs (Segmente). Als akustischer Signalgeber fungiert der „Buzzer“ PZ 1, der vom Controller-Pin 17 über R 28, R 29 und T 4 angesteuert wird. Dieser Prozessorport ist mit einem der drei internen Timer (T 2) verbunden, wodurch die Generierung einer Frequenz sehr vereinfacht wird.

Des Weiteren stehen über die Anschlussklemmen KL 1 und KL 2 vier Eingänge zur Verfügung, die mit den Kontakten des mechanischen Teils der Schaltung zu verbinden sind.

Diese Eingänge werden vom Controller in bestimmten Zeitintervallen abgefragt und ausgewertet.

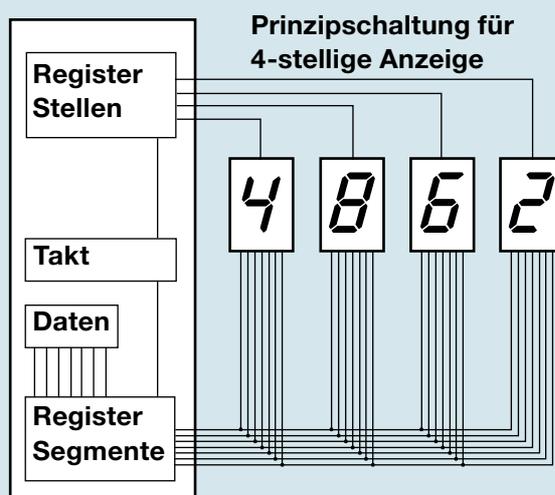
Die Spannungsversorgung erfolgt mittels einer Gleichspannung im Bereich von 7 bis 15 V, die über die Buchse BU 1 zuzuführen ist. Die in Reihe zum Schalter S 1 geschaltete Diode D 1 schützt die Schaltung vor Verpolung.

Die komplette Elektronik arbeitet mit einer durch den Span-

Elektronikwissen – Anzeige-Multiplexer

Mit einem Anzeige-Multiplexer lässt sich das Problem zu weniger Port-Pins an Mikrocontrollern elegant umgehen. Alle gleichen Segmente der Anzeigen werden parallel geschaltet, so dass bei allen 7-Segment-Anzeigen insgesamt nur sieben Port-Pins für die Segmente benötigt werden.

Über eine Interrupt-Routine („Takt“) werden die darzustellenden Daten gleichzeitig mit der Aktivierung der zugehörigen Stelle bereitgestellt und ausgegeben. Dies erfolgt laufend nacheinander für alle Stellen, und zwar so schnell, dass das menschliche Auge dem Wechsel nicht mehr folgen kann (>50 Hz) und die Anzeige als homogene Gesamtanzeige aller Stellen sieht. Durch das Multiplexen erscheinen die Anzeigen mitunter dunkler als bei Einzelansteuerung, dies lässt sich durch Anpassung der in die Segmentleitungen einzufügenden Vorwiderstände ausgleichen. Darüber hinaus wird für jede Stelle nur ein zusätzlicher Port-Pin benötigt, um die gemeinsame Anode (Katode) anzusteuern



nungsregler IC 2 erzeugten Spannung von 5 V. Der im Schaltbild erkennbare SPI-Programmieradapter (ST 1) besteht aus einer 6-poligen Stiftleiste, er ist kompatibel zu der von Atmel vorgeschriebenen Steckerbelegung.

Der Jumper wird dann gebrückt, wenn die Schaltung ohne angeschlossene Betriebsspannung programmiert werden soll. In diesem Fall kommt die Versorgungsspannung vom Programmiergerät.

Software und Programmierwerkzeuge

Wie am Beginn erwähnt, kann die Firmware für den Atmel-Controller kostenlos von der ELV-Homepage heruntergeladen werden. Es stehen sowohl der Sourcecode in der Programmiersprache C als auch das fertig kompilierte Hex-File zur Verfügung. Eine genaue Erläuterung des Quellcodes sowie die Programmierung des Controllers würden den Rahmen dieses Artikels sprengen, im Quellcode befinden sich für den Programmierer ausreichende Kommentare. Nochmals sei betont, dass der ausgelieferte Controller bereits programmiert ist und die Schaltung somit sofort in Betrieb gehen kann. Die Veröffentlichung des Quellcodes und die Implementierung der SPI-Schnittstelle sind lediglich für eigene Experimente vorgesehen.

Wer am Quellcode Änderungen bzw. individuelle Anpassungen vornehmen möchte, benötigt einen C-Compiler. Diese Compiler sind sowohl käuflich zu erwerben, als auch in vielen Ausführungen kostenlos via Internet verfügbar. Die Software für den „Heißen Draht“ wurde mit dem professionellen IAR-Compiler für den ATmega8 geschrieben und kompiliert. Es gibt von der Firma IAR eine kostenlose 4-KB-Kickstart-Version [3], die im Funktionsumfang der Vollversion entspricht, der erzeugbare Code ist allerdings auf eine Größe von max. 4 KB begrenzt. Da unsere Firmware relativ wenig Speicher benötigt, sind also noch genug Reserven vorhanden, um eigene Änderungen einzubringen.

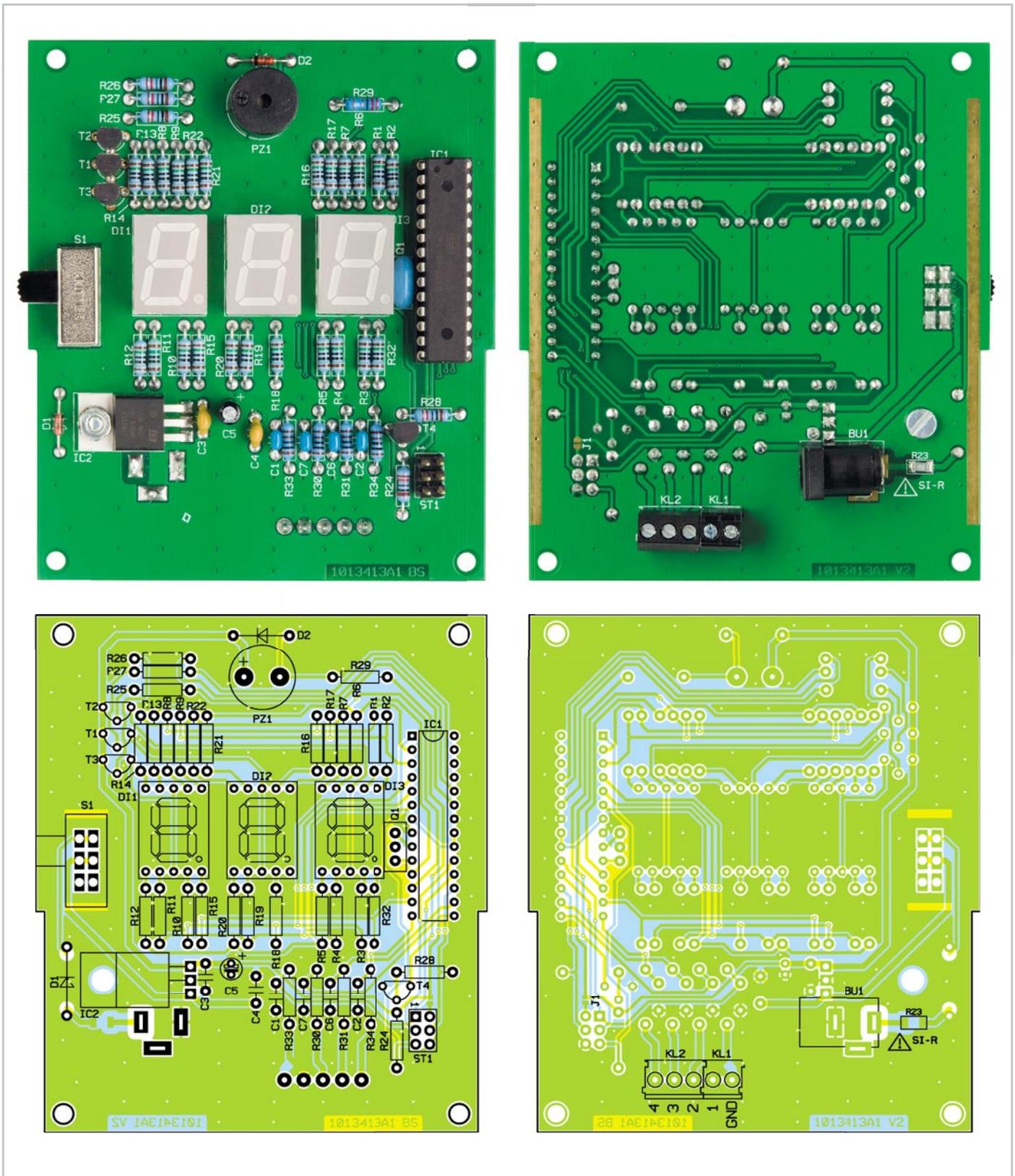
Das Programmieren des Controllers erfolgt über die soge-

nannte SPI-Schnittstelle, die über eine 6-polige Stiftleiste kontaktiert wird. Wer sich bereits mit der Programmierung von Atmel-Controllern beschäftigt hat, wird diese Schnittstelle kennen. Das bekannte Atmel-Starterkit STK500 verfügt ebenfalls über diese Schnittstelle. Unter [4] und [5] finden sich alle benötigten Informationen zur Programmierung des ATmega8.

Nachbau

Um den Nachbau so einfach wie möglich zu halten, haben wir auf den Einsatz von SMD-Bauteilen verzichtet (Ausnahme R 23) und „klassische“ bedrahtete Bauteile verwendet. Der Nachbau erfolgt auf einer doppelseitigen Platine. Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans. Die Bauteilanschlüsse werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt. Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der Platinenunterseite (Lötseite) werden die überstehenden Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne dabei die Lötstelle selbst zu beschädigen.

Zweckmäßigerweise beginnt man mit den liegenden Bauteilen, also den Widerständen und den Dioden. Bei Letzteren ist auf die richtige Polarität zu achten: Der auf dem Diodengehäuse aufgedruckte Ring (Katode) muss sich mit dem Strich des auf der Leiterplatte aufgedruckten Diodenschaltzeichens decken. Eine gute Hilfe bietet hier auch das Platinenfoto. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt das Bestücken der Kondensatoren. Beim Elektrolytkondensator C 5 muss ebenfalls auf die richtige Polung geachtet werden. In den allermeisten Fällen ist der Minuspol am Gehäuse gekennzeichnet, während auf der Platine der Pluspol markiert ist. Bei noch nicht konfektionierten Kondensatoren ist der Pluspol auch durch einen etwas längeren Anschlussdraht erkennbar.



Ansicht der fertig bestückten Elektronikplatine mit zugehörigem Bestückungsplan, links die Bestückungsseite, rechts die Lötseite

Die Einbaulage der Transistoren T 1 bis T 4 und der LED-Segmentanzeigen ergibt sich automatisch durch den Bestückungsdruck. Die Einbaulage von IC 1 ist durch eine Einkerbung an einer Gehäuseseite gekennzeichnet, die auch so auf dem Platinaufdruck dargestellt ist. Der Spannungsregler IC 2 wird mittels einer Schraube M3 x 6 mm, Mutter und Fächerscheibe liegend auf der Platine befestigt. Die

Anschlüsse sind vorher entsprechend dem Rastermaß abzuwinkeln. Nun folgt die Bestückung des Schalters S 1 und des Buzzers PZ 1 (Polarität beachten). Zum Schluss erfolgt das Bestücken und Verlöten der Buchse BU 1 sowie der Klemmen KL 1 und KL 2 auf der gegenüberliegenden Platineseite (siehe Platinaufdruck). Die seitlichen Platinen (Abbildung 2) sind je nach Bedarf mit der Basisplatine zu verlöten. So kann

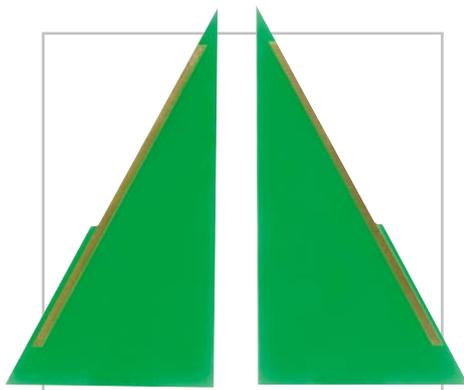


Bild 2: Lötet man diese Seitenteile an die Platine, kann das Gerät frei aufgestellt werden.



Bild 3: Musteraufbau des „Heißen Drahtes“

Stückliste: Der heiße Draht

Widerstände:

1 Ω /SMD/1206	R23
22 Ω	R29
150 Ω	R1–R22, R32
1 k Ω	R30, R31, R33, R34
10 k Ω	R24–R28

Kondensatoren:

1 nF/ker	C1, C2, C6, C7
100 nF/ker	C3, C4
10 μ F/16 V	C5

Halbleiter:

ELV09916	IC1
7805	IC2
BC327-40	T1–T3
BC548C	T4
1N4001	D1
1N4148	D2
HDSP-5501	DI1–DI3

Sonstiges:

Keramikschwinger, 4 MHz	Q1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Mini-Schraubklemmleiste, 3-polig, print	KL2
Mini-Schraubklemmleiste, 2-polig, print	KL1
Schiebeschalter, 2 x um, winkelprent	S1
Stiftleiste, 2 x 3-polig, gerade, print	ST1
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
1 IC-Sockel, 28-polig	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 18mm	
5 Fächerscheiben, M3	
5 Muttern, M3	
4 Distanzrollen, M3 x 10 mm	
Frontplatte, bearbeitet und bedruckt	
100 cm Leitung, blank, 1,5 mm ² , starr	
100 cm flexible Leitung, 0,22 mm ² , Schwarz	
100 cm flexible Leitung, 0,22 mm ² , Rot	
100 cm flexible Leitung, 0,22 mm ² , Blau	
100 cm abgeschirmte Leitung, 1 x 0,22 mm ²	
1 Platine DHD1	
2 Stützplatinen	

das Gerät frei aufgestellt werden. Falls die Schaltung z. B. in ein Gehäuse eingebaut werden soll, kann auf die seitlichen Platinen verzichtet werden. Die Montage der Frontplatte geschieht wie folgt: Die vier Befestigungsschrauben M3 x 18 mm werden zunächst von vorn durch die Frontplatte geführt. Als Abstandshalter zwischen Frontplatte und Platine dienen 10 mm lange Kunststoffröllchen. Auf der Platinenrückseite werden die Schrauben mit jeweils einer Mutter M3 befestigt. Über diese und passende kleine Winkel kann man das Gerät auch z. B. auf einer Grundplatte befestigen.

Mechanischer Aufbau

In Abbildung 3 ist ein kompletter Aufbau des „Heißen Drahtes“ dargestellt, der, wie bereits erwähnt, nur ein Beispiel zeigt, wie der Aufbau aussehen könnte. Die Holzplatte sowie der „zweckentfremdete“ Kugelschreiber gehören nicht zum Lieferumfang des Bausatzes, diese Teile müssen selbst nach individuellen Wünschen angefertigt werden. Alle elektrischen Verbindungsleitungen sowie ein Kupferdraht von 1 m Länge liegen dem Bausatz bei. Die Form des „Parcours“ ist natürlich auch frei wählbar und kann je nach Schwierigkeitsgrad gestaltet werden.

Als Material kann z. B. Kupferdraht mit einer minimalen Stärke von 1,5 mm² zum Einsatz kommen. Dieser lässt sich gut verarbeiten, d. h. sehr leicht biegen. Zur einfachen Befestigung werden in die Holzplatte Löcher entsprechend dem Drahtdurchmesser gebohrt. Wie man in Abbildung 4 erkennt, gibt es einen Start- und einen Stoppkontakt. Nur so kann die Zeit gemessen werden, die man für den „Parcours“ benötigt. In der Nahaufnahme (Abbildung 5) sieht man, dass diese Kontakte nur aus einem kurzen abgewinkelten Stück Kupferdraht bestehen, an den ein Kabel angelötet ist.

Für die Unterbringung der Drahtschleife kann man einen Kugelschreiber oder besser noch eine ausgediente Messspitze verwenden, wobei das „Innenleben“ zu entfernen ist. Die eigentliche Drahtschleife wird ebenfalls aus Kupferdraht hergestellt. Der Durchmesser bestimmt wiederum den Schwierigkeitsgrad. Abbildung 6 zeigt, wie die Drahtschleife mit dem Verbindungskabel, das von hinten durch den Kugelschreiber führt, zu verbinden ist. Die Drahtschleife sollte mittels Klebstoff gegen Verdrehen gesichert werden. Wenn man vorn an der Drahtschleife eine kleine Lücke offen lässt (Abbildung 7), kann durch diese Öffnung der Parcours-Draht geführt werden. Die Verbindungsleitung zur

Platine besteht aus einer 1-poligen abgeschirmten Leitung. Der Abschirmeffekt wird nicht benötigt, sondern vielmehr die Eigenschaft, dass dieses Kabel besonders flexibel ist. Die elektrische Verbindung der einzelnen Kontakte ist in der Abbildung 4 verdeutlicht. Für die auf der Holzplatte befindlichen Kontakte kann normale Litze verwendet werden, die gegebenenfalls mit etwas Heißkleber auf der Holzplatte fixiert wird. Die Drahtschleife wird mit dem Massekontakt (GND) der Klemmleiste verbunden. Alle anderen Kontakte sind wie dargestellt an die Anschlüsse 1 bis 3 anzuschließen. Der Anschlusspunkt 4 wird für diese Anwendung nicht benötigt und bleibt somit frei.

Inbetriebnahme und Bedienung

Nachdem eine entsprechende Versorgungsspannung, z. B. ein Steckernetzteil (12 V), angeschlossen wurde, ist die Schaltung betriebsbereit. Mit dem an der Seite befindlichen Schalter wird das Gerät eingeschaltet und es erscheinen drei horizontale Balken in der Anzeige. Sobald man mit der Drahtschleife den Startkontakt berührt, startet der Timer und zählt von null nach oben. Der Takt ist etwas schneller als ein Sekundentakt, damit der Anzeigebereich von 0 bis 999 effektiv ausgenutzt wird. Eine Zeitmessung im Sekundenraster ist ja auch nicht erforderlich, sondern man möchte ja unter den Spielteilnehmern nur den „schnellsten“ ermitteln. Berührt man mit der Drahtschleife den Parcours-Draht, ist das Spiel vorzeitig vorbei, und es ertönt ein akustisches Signal. Die Anzeige blinkt kurz auf und kehrt dann in den Ruhezustand zurück. Jetzt kann man wieder beginnen und versuchen, mit der Drahtschleife den Stopkontakt zu erreichen, ohne einen Fehler zu machen. In diesem Fall ertönt aus dem Buzzer eine Tonfolge, die signalisiert, dass man es geschafft hat. Im Display wird die zum fehlerfreien Abfahren des Parcours benötigte Zeit angezeigt.

ELV

Links:

[1] AVR-Einsteigerkurs:

www.elv.de, Fachmagazin, Journal-Downloads:
Mikrocontroller-Einstieg mit myAVR

[2] Quellcode/Hex-File:

www.service.elv.de,
Software-download-Service: „Der heiße Draht“

[3] Compiler 4-KB-KickStart-Edition:

<http://supp.iar.com/Download/SW/?item=EWAVR-KS4>

[4] www.atmel.com

[5] Datenblatt ATmega8 (308 Seiten):

www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf

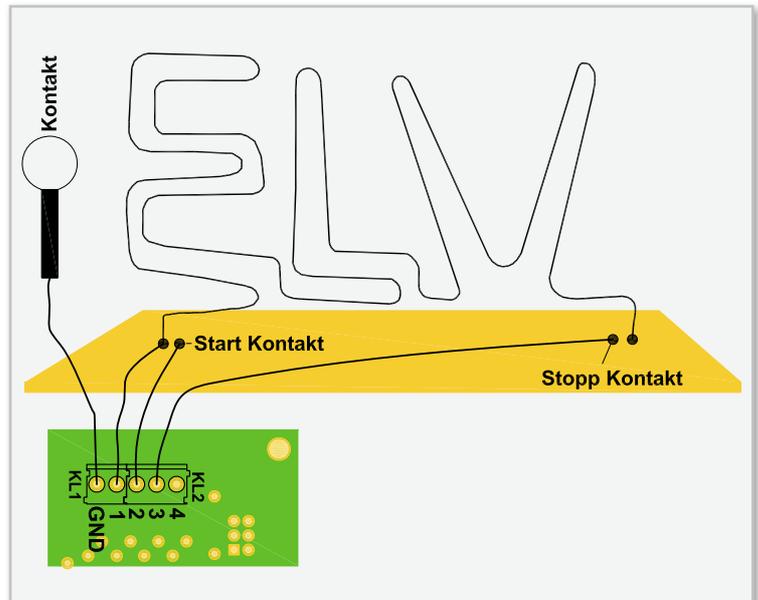


Bild 4: Die Verbindungen zwischen den Teilen des Spiels

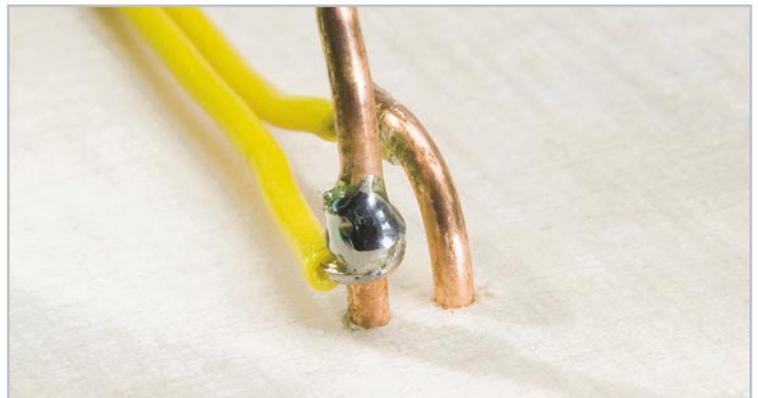


Bild 5: So erfolgt die Verbindung zwischen Parcours-Draht und Anschlussleitungen.

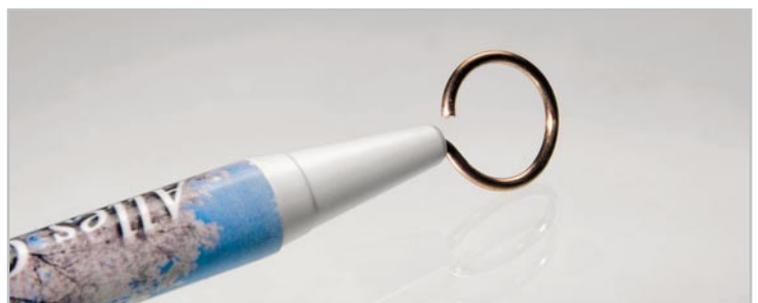


Bild 7: Über die Öffnung der Drahtschleife ist diese leicht in den Parcours einzufädeln.



Bild 6: Der Einbau des Verbindungskabels und der Anschluss an die Drahtschleife