



Schlüsselwächter

**Man könnte fast sagen:
„Verlieren Sie Ihren Schlüssel ruhig ...“
Denn ab sofort gibt er beim Aufprall auf den Boden lautstark Alarm! Der Schlüsselwächter registriert den Aufprall beim Herabfallen durch ein Piezoelement und gibt anschließend auch über dieses den Alarm aus. Durch eine entsprechende Schaltungsdimensionierung werden Fehlalarme vermieden und ein günstiger Kompromiss zwischen erforderlicher Fallhöhe und dem Medium gefunden, auf das der SW 10 aufprallt.**

Kontra Schlüsselverlust

Wer von uns kennt nicht die unangenehme Situation, den (verlorenen) Schlüssel suchend vor einer verschlossenen Haus- oder Autotür zu stehen? Dass ein verlorener Schlüssel nicht nur sehr viel Ärger, sondern auch sehr hohe Kosten nach sich ziehen kann, werden Besitzer eines Autos mit Wegfahrsperre und Schlüsselfernbedienung leicht nachvollziehen können. Hohe Wiederbeschaffungskosten von weit über 100 Euro sind bei solchen „Hightech-Schlüsseln“ leider keine Seltenheit mehr! Ebenso verhält es sich mit hochwertigen Türschlössern. Auch ein nur heruntergefallener Schlüssel kann bei Dunkelheit schon einige Probleme beim Wiederfinden bereiten.

Die hier vorgestellte, recht einfache Schaltung sorgt da für Abhilfe. Mit dem

Schlüsselwächter SW 10 wird von nun an (sofern man ihn nicht irgendwo liegen lässt) kein Schlüssel mehr unbemerkt verloren! Die Schaltung passt, dank kompakter SMD-Bauweise, problemlos in ein formschönes Schlüsselanhängergehäuse. Fällt der Schlüssel mit dem daran befestigten Schlüsselwächter auf den Boden, löst dieser einen kaum überhörbaren akustischen wie auch einen optischen Alarm aus. Insbesondere bei Dunkelheit ermöglicht die optische Signalisierung ein leichtes Wiederfinden des Schlüssels. Der Alarm wird durch Betätigung der Reset-Taste wieder abgeschaltet.

Ein solcher Schlüsselwächter ist grundsätzlich nichts Neues. Das Besondere am SW10 ist dessen Funktionsweise. Im Gegensatz zu anderen „Aufprallsensoren“ enthält dieses Gerät keinerlei mechanische Bauteile. Oftmals funktionieren ähnliche

Geräte mit kleinen (ggf. mit Gewichten beschwerten) Federn, die beim Aufprall eine Kontaktfläche auf der Platine berühren. Dieses Verfahren schien für dieses Projekt nicht praktikabel, da die Empfindlichkeit maßgeblich von der Güte des Aufbaus abhängig ist. Weitere Probleme können abgebrochene Lötstellen im Bereich der Kontaktfeder(n) sein. Eine hinreichende Langzeitstabilität wäre somit nicht gewährleistet.

Bei dem ELV-Schlüsselwächter hingegen dient ein Piezo-Signalgeber als Aufprallsensor! Durch einen Aufprall wird eine Wechsellspannung erzeugt, die wie im nachfolgenden Abschnitt beschrieben, den Alarm auslöst. Der Piezo-Signalgeber wird nun außerdem zur Alarmausgabe verwendet. Durch den Verzicht auf mechanische Sensorbauteile ist der Schlüsselwächter einfach aufzubauen, besonders zuverlässig und arbeitet sehr langzeitstabil.

Bevor wir den Aufbau und die Schaltung des SW 10 diskutieren, wollen wir uns zunächst jenem physikalisch-elektrischen Effekt widmen, der eine solche Lösung möglich macht – dem piezoelektrischen Effekt.

Piezoelektrischer Effekt

Vom „direkten piezoelektrischen Effekt“ spricht man, wenn die Verformung eines piezoelektrischen Körpers (z. B. Quarz SiO_2) zu einer proportionalen Ladungsverschiebung führt. Abbildung 1 zeigt Siliziumdioxid-Moleküle in ihrer typischen Kristallstruktur. Die großen Kreise stellen dabei positiv geladene Silizium-Atome dar, während die kleineren Kreise je zwei negativ geladene Sauerstoff-Atome (O_2) symbolisieren. Wird nun in x-Richtung eine Kraft F auf diese Anordnung ausgeübt, so dass das Kristall in Längsrichtung gestaucht wird, führt dies zu einer Verschiebung der Atome bzw. Moleküle (siehe Abbildung 2: Längseffekt). Die oberen O_2 -Atome bewegen sich nach oben, während die unteren Si-Atome weiter nach unten wandern: Die untere Elektrode wird positiv und die obere negativ aufgeladen. Dieser Effekt wird als „Längseffekt“ bezeichnet, da die Spannung in Krafrichtung entsteht.

Technische Daten:

Stromaufnahme Ruhezustand: < 100 nA
 Stromaufnahme Alarmzustand: < 20 mA
 Lautstärke: 70 dB(A) in 3 m Entfernung
 minimale Fallhöhe auf festen Boden:
 ca. 15 cm
 Abm. (B x H x L): ... 35 x 15 x 65 mm
 Spannungsversorgung: 12-V-Alkaline-Batterie Typ 23A/L1028
 Gewicht mit Batterie: ca. 28 g

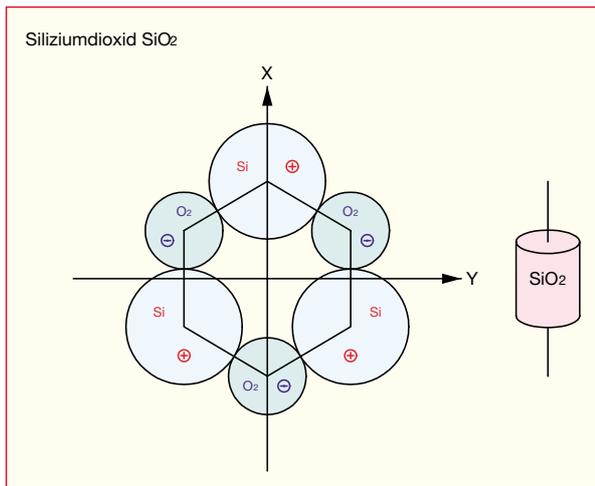


Bild 1: Der Molekülaufbau des Siliziumdioxids (unbelastet)

angeregt werden. Abbildung 5 zeigt einen solchen Piezo-Signalgeber. Grundsätzlich besteht dieser aus einer dünnen runden Blechscheibe, auf die eine etwas kleinere Scheibe aus piezoelektrischem Material aufgebracht ist. Auf der Oberseite befindet sich eine Metallschicht, an der eine der

Wird, wie in Abbildung 3 (Quereffekt) gezeigt, seitlicher Druck in y-Richtung auf das Kristall ausgeübt, stellt sich ein ähnlicher Effekt ein. Die Si-Atome wandern nach oben und die O₂-Atome nach unten, weshalb sich die positive Elektrode nun auf der Oberseite befindet. Dies wird „Quereffekt“ genannt, da die Ladung hierbei senkrecht zur Kraftrichtung entsteht.

Bild 3: Der Quereffekt bei mechanischer Belastung

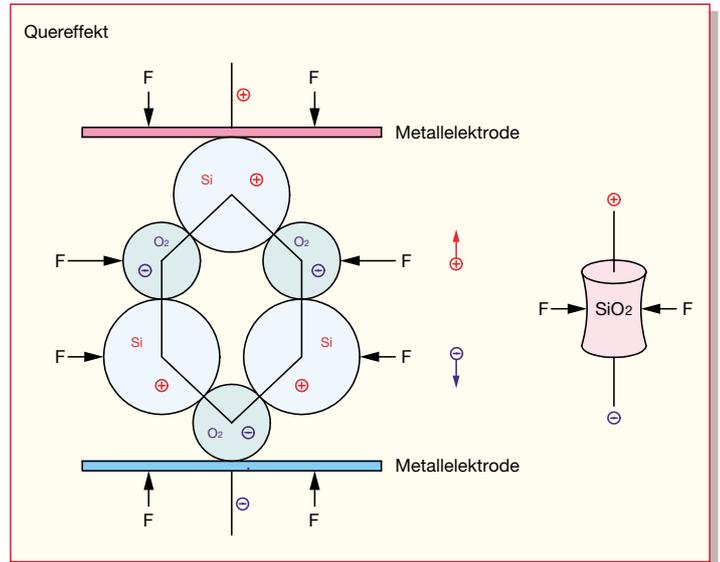
Dieser piezoelektrische Effekt wird ausgenutzt, um Drücke oder Kräfte zu messen. Wird ein Piezokristall einseitig mit Gewichten (einer sog. seismischen Masse) beschwert, können Beschleunigungen in entsprechende Spannungen umgewandelt werden. Eine Anwendung ist der heute aus den Autos nicht mehr wegzudenkende Airbag. Ab einer bestimmten Verzögerung des Wagens, die durch Aufprall von beweglichen Gewichten auf ein Piezoelement eine bestimmte Piezo-Spannung hervorruft, entscheidet ein Mikrocontroller in Sekundenbruchteilen, dass der oder die Airbags gezündet werden müssen.

Ein anderes, weit verbreitetes Einsatzgebiet für Piezokeramiken sind „elektronische“ Feuerzeuge: Bei einem Druck auf die Taste wird nicht nur das Gasventil geöffnet, sondern auch ein Federsprungwerk gespannt, das dann kurz und kräftig auf die Piezokeramik schlägt. Die Spannung an den Elektroden des Kristalls ist

hoch genug, um einen Funken zur Gasdüse überspringen zu lassen, so dass sich das Gas entzündet.

Der im SW10 verwendete Piezo-Signalgeber wird beim Aufprall des Gerätegehäuses auf den Boden zum Schwingen angeregt. Durch die daraus resultierenden Verformungen des Piezokristalls entsteht ein Wechselspannungssignal, wie es die Messkurve in Abbildung 4 zeigt. Wird der Piezo-Signalgeber dabei nicht bedämpft (beschaltet), so können leicht Spitzenspannungen von 100 V und mehr entstehen. Die nachfolgende Schaltung registriert das Auftreten einer solchen Spannungsspitze und löst den Alarm aus.

Beim „inversen piezoelektrischen Effekt“ wird eine Ladung in eine mechanische Deformation umgewandelt. Durch Anlegen einer Wechselspannung an einem Piezo-Kristall kann dieser zum Schwingen



beiden Zuleitungen angelötet wird. Die andere Zuleitung wird mit dem Trägerblech verbunden. Solche Signalgeber sind sowohl in den verschiedensten Kleingeräten wie Multimetern oder Rauchmeldern, aber auch in hochwertigen Lautsprechersystemen als Hochtonlautsprecher zu finden. Soll ein möglichst hoher Schalldruck für Alarmzwecke generiert werden, so ist darauf zu achten, dass der Signalgeber mit der für ihn jeweils angegebenen Resonanzfrequenz betrieben wird; deren tatsächlicher Wert bestimmt sich im Wesentlichen durch den mechanischen Aufbau. Eine geeignete „Anbindung“ an mechanische Resonanzflächen, z. B. Gehäuse oder Schalltrichter, erhöht die Lautstärke weiter.

Schaltung

Die recht übersichtliche Schaltung des SW10 ist in der Abbildung 6 dargestellt. Die NAND-Schmitt-Trigger IC 1 A und IC 1 B stellen ein RS-Flipflop dar. Wird der Piezo-Signalgeber PZ 1 erschüttert, steht für einen kurzen Zeitraum ein Wechselspannungssignal an dessen Klemmen an. Über C 3 gelangen diese Impulse an den /SET-Eingang (Pin 1) des Flipflops, worauf sich am Ausgang Q (Pin 3) ein High-Signal einstellt, sobald der Impuls die Triggerschwelle von IC 1 A erreicht. Dadurch beginnt der Oszillator 1, bestehend aus IC 1 D sowie den frequenzbestimmenden Bauteilen R 6 und C 6, zu schwingen: Liegt an Pin 11 Low-Potential, wird C 6 über R 6 entladen. Sinkt die Spannung über C 6 unter die Umschalt-

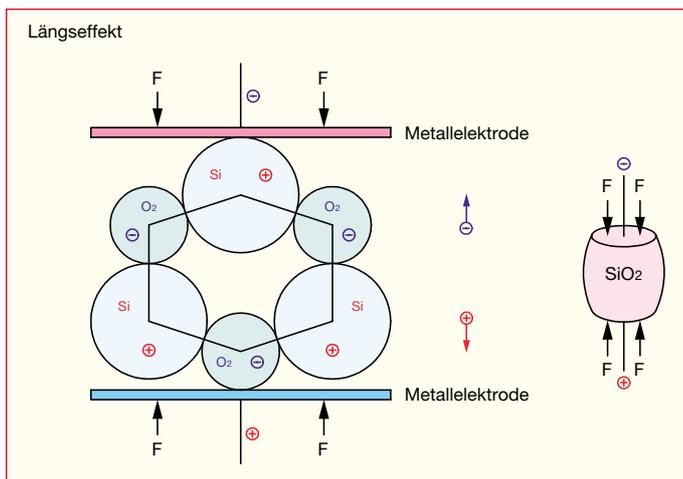


Bild 2: Der Längseffekt bei mechanischer Belastung

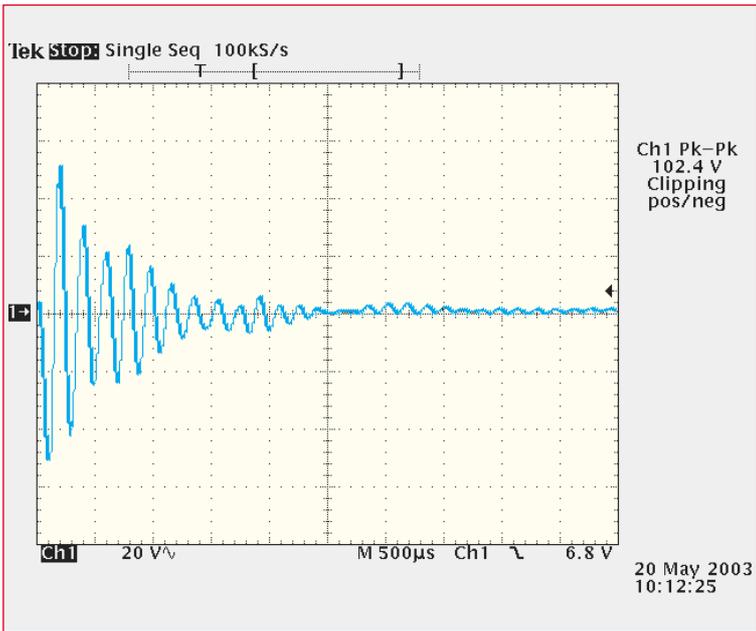


Bild 4: Der Kurvenverlauf des von einem mechanisch aktivierten Piezo-Signalgebers erzeugten Ausgangssignals. Man erkennt deutlich die sehr hohe Anfangsamplitude.

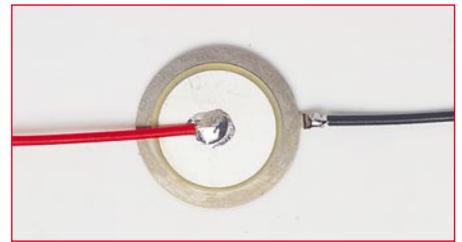


Bild 5: So sieht ein Piezo-Signalgeber als praktisch handhabbares Bauteil aus.

mögliches kurzes Auftreffen des Reset-Knopfes auf dem Boden den Schlüsselwächter sofort wieder deaktiviert!

Die Spannungsversorgung erfolgt über eine 12-V-Batterie vom Typ 23A bzw. L1028. Aufgrund der äußerst geringen Stromaufnahme der beiden CMOS-ICs können diese permanent mit Betriebsspannung versorgt werden. Die Abblockkondensatoren C 1 und C 2 dienen der Stör- bzw. Schwingneigungsunterdrückung.

schwelle des Eingangs Pin 12, schaltet der Ausgang Pin 11 auf High-Potential, woraufhin C 6 wieder geladen wird. Ist die Schaltschwelle erneut erreicht, kippt der Ausgang wieder, und der Zyklus beginnt von neuem. Die LEDs D 1 und D 2 werden direkt von IC 1 D über R 3 nach Masse getrieben: Sie blinken, solange der Alarm aktiviert ist.

Der Adresseingang ADR0, Pin 10 des elektronischen Schalters IC 2, ist mit dem Ausgang Q (IC 1 A, Pin 3) des Flipflops verbunden. Ist ADR0 im aktiven Zustand auf „High“, werden abhängig von ADR1 die Schalterstellungen X 1/X 3 bzw. Y 1/Y 3 aktiviert (siehe Tabelle 1). Da Y 1 und Y 3 miteinander verbunden sind, gelangt das Ausgangssignal stets über Y I/O (IC 2 Pin 3) auf IC 1 C Pin 9. Somit wird der Oszillator 2, der genauso wie Oszillator 1 arbeitet, im Takt von diesem an- und ausgeschaltet. Der Oszillator 2 erzeugt eine Frequenz von ca. 4,5 kHz, mit der ADR1 (IC 2 Pin 9) gesteuert wird.

Da an ADR0 ein High-Signal anliegt, werden nun abwechselnd X 1 (+12 V) oder X 3 (Masse) aktiviert, womit der Piezo-Signalgeber PZ 1 nun über X I/O Pin 13 und R 2 angesteuert wird – es wird ein pulsierender Piepton erzeugt. Dieses Signal gelangt zwar auch über C 3 auf den Eingang des Flipflops, aber das ändert nichts an dessen Ausgangszustand.

Ein Zurücksetzen ist nur durch Betätigung der Taste TA 1 zu erreichen. Hiermit

versetzt man den aktiven Schlüsselwächter in den Ruhezustand. C 5 wird nun langsam über R 5 und TA 1 entladen, am /Reset-Eingang (IC1 Pin 6) liegt dann Low-Potential an. Dadurch schaltet der Ausgang/Q (IC 1 B Pin 4) von „Low“ nach „High“. Das wiederum führt dazu, dass auch IC 1 A umschaltet, Pin 3 wechselt also von „High“ nach „Low“. Da der Elko C 5 über den hochohmigen Widerstand R 5 (150 kΩ) entladen wird, ist der Taster für ca. 2 Sek. gedrückt zu halten, um die Schaltung zurückzusetzen. Dies ist beabsichtigt, denn so soll verhindert werden, dass ein

Schaltungsdimensionierung

Bei der vorliegenden Schaltung ist ein ausgesprochen günstiger Kompromiss zwischen maximaler Empfindlichkeit und maximalem Schutz vor Fehlalarmen gefunden worden. Ein Schlüsselwächter, der durch Kollision mit den daran befestigten Schlüsseln bereits auslöst, ist sicherlich genau so unbrauchbar wie einer, der erst bei 2 m Fallhöhe Alarm schlägt. In der vorliegenden Dimensionierung der Schaltung löst der SW 10 bei einem Aufprall auf

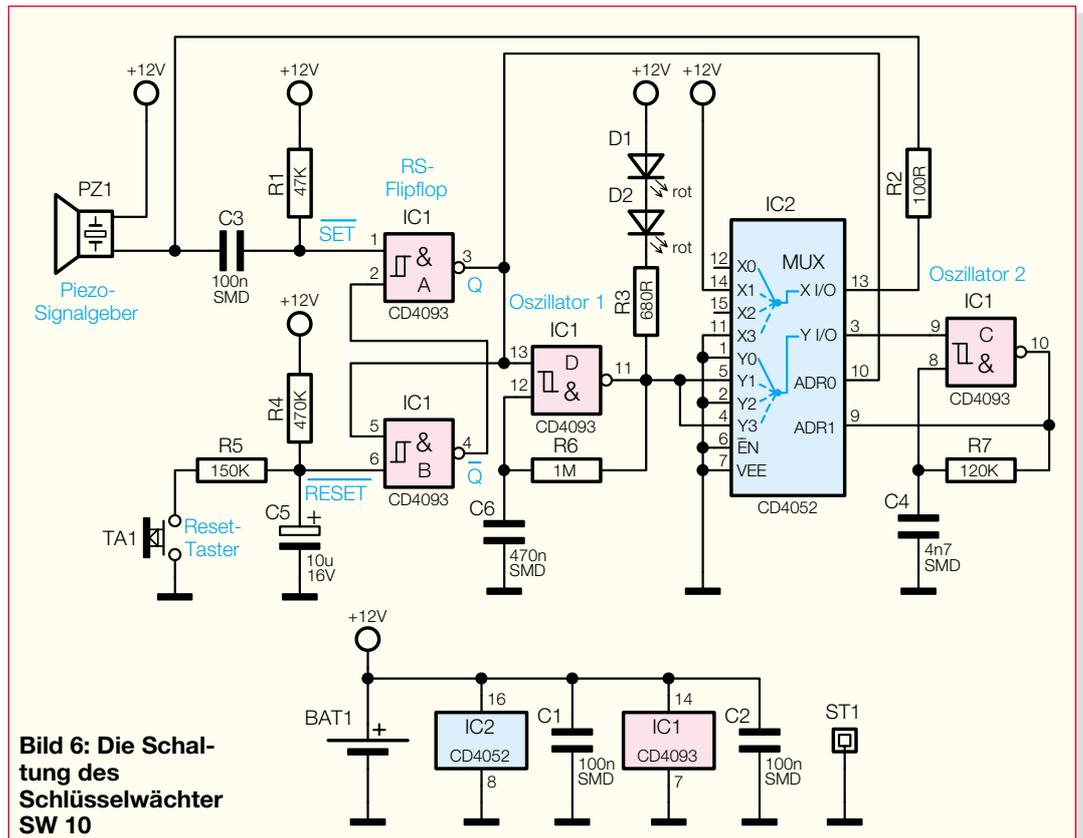
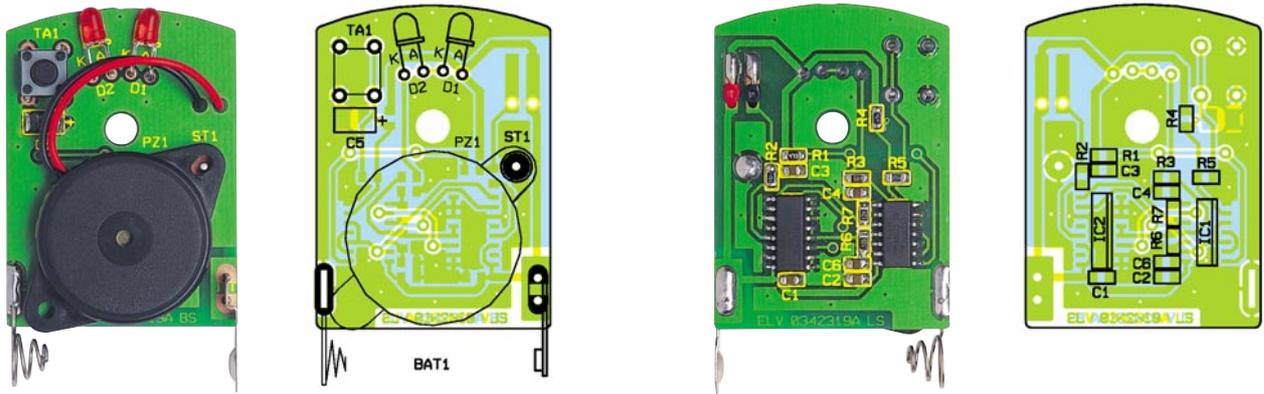


Bild 6: Die Schaltung des Schlüsselwächter SW 10



Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsdruck, links die Bestückungsseite, rechts die Lötseite

harten Boden (Beton, Pflaster, Holz ...) ab ca. 15 cm Fallhöhe problemlos aus. Beim Aufprall auf weichere Medien (Sitzpolster, hohes Gras ...) kann sich die Fallhöhe für eine sichere Auslösung natürlich entsprechend erhöhen.

Nachbau

Der Nachbau des Schlüsselwächters erfordert ein wenig Fingerspitzengefühl, da der Aufbau fast ausschließlich mit oberflächenmontierten Bauteilen (SMD) erfolgt. Benötigt werden neben einem vorzugsweise geregelten LötKolben mit schlanker Spitze eine Pinzette, feines Lötzinn und ggf. feine Entlötlitze, um eventuell zu viel aufgetragenes Lötzinn einfach und sauber entfernen zu können. Ein übersichtlicher, aufgeräumter Arbeitsplatz erleichtert die Arbeit mit den kleinen Bauteilen sehr. Der Aufbau erfolgt anhand des Bestückungsdrucks, des Platinenfotos sowie der Stückliste. Ausführliche Informationen über die Verarbeitung von SMD-Bauteilen sind übrigens im Internet unter www.elv.de zu finden.

Um ein SMD-Bauteil auf der Platine zu montieren, wird zunächst eines der Pads auf der Platine vorverzinnt. Nun ist das Bauteil mit der Pinzette zu positionieren und an einem Pin anzulöten. Ist die Position korrekt, kann der zweite Anschluss mit dem dazugehörigen Pad verlötet werden. Begonnen wird mit den Widerständen und Kondensatoren auf der Lötseite (LS) der Platine. Die Kondensatoren sollten dabei erst unmittelbar vor dem Bestücken aus der Verpackung entnommen werden, da diese keinerlei Beschriftung aufweisen.

Daraufhin sind die ICs zu bestücken. Hierbei ist unbedingt auf eine polrichtige

Einbaulage zu achten. Pin 1 ist durch eine abgeschrägte Kante oder durch eine Gehäusekerbe (Doppellinie im Bestückungsdruck) gekennzeichnet. Bei den ICs wird jeweils ein Pad (an einer der Ecken) vorverzinnt, an denen vorerst ein Pin verlötet wird. Nach Kontrolle der korrekten Position sind die weiteren Pins zu verlöten. Eventuelle Lötzinnbrücken entfernt man vorsichtig mit Entlötlitze.

Im Anschluss daran erfolgt das Komplettieren der Bestückungsseite. Als Erstes wird der SMD-Elko C 5 polrichtig verlötet. Die mit einem breiten Strich markierte Seite ist der Pluspol. Im nächsten Schritt werden der Taster, die Batteriekontakte und die LEDs durch die Platine gesteckt und verlötet. Die LEDs sind dabei, 4 mm von der Gehäusekante gemessen, um 90 Grad abzuwinkeln. Auch hierbei ist die korrekte Polung zu beachten. Das längere Anschlußsbein ist die Anode (+). Die überstehenden Drahtenden werden dabei knapp abgeschnitten, um die Platine problemlos ins Gehäuse einlegen zu können.

Bei dem Lötstift wird die kurze, spitze Seite mit einem Seitenschneider bündig am Kragen abgeschnitten. Alsdann wird dieser Lötstift von der Lötseite (unten!) her durch die Platine geführt und verlötet.

Die Anschlussleitungen des Piezo-Signalgebers sind auf 42 mm zu kürzen und dann auf 3 mm abzuisolieren. Nun sind die beiden Kabel (inklusive der Isolierung) durch die dazugehörigen Löcher zu führen und gemäß dem Platinenfoto anzulöten.

Funktionskontrolle und Gehäuseeinbau

Ist der Aufbau der Platine abgeschlossen, kann nach nochmaliger Überprüfung auf korrekten Sitz der Bauteile und eventuelle Kurzschlüsse zwischen den Bauteilen die erste Inbetriebnahme erfolgen. Die Platine wird dazu in die Gehäuseunterschale gelegt und die 12-V-Batterie polrichtig eingelegt. Dabei sollte sich das Gerät ruhig verhalten. Wird anschließend der Piezo-Summer mit dem Finger angestoßen, sollten ein Alarmsignal ertönen und die LEDs im Takt blinken. Durch längeres Drücken

des Tasters TA 1 (ca. 2 Sek.) wird der Alarm gelöscht – die Schaltung befindet sich wieder im Ruhezustand. Nach dem Einsetzen der roten Plexiglasscheibe und des Tasterstößels in die Gehäuseoberschale und dem Positionieren des Piezos an der dafür vorgesehenen Stelle, ist das Gehäuse vorsichtig zusammenzustecken. Ggf. ist vorher der Stößel in der Innenseite des Tasters mit ein wenig Heißkleber zu verstärken. Der Summer sollte dabei frei beweglich im Gehäuse liegen. Mit dem Einschrauben der M2-Senkkopfschraube ist der Aufbau des SW 10 abgeschlossen. Über die beiliegenden Befestigungsteile kann der Schlüsselwächter mit dem Schlüssel oder Schlüsselbund verbunden werden. **ELV**

Stückliste: Schlüsselwächter SW 10

Widerstände:

100 Ω/SMD	R2
680 Ω/SMD	R3
47 kΩ/SMD	R1
120 kΩ/SMD	R7
150 kΩ/SMD	R5
470 kΩ/SMD	R4
1 MΩ/SMD	R6

Kondensatoren:

4,7 nF/SMD	C4
100 nF/SMD	C1–C3
470 nF/SMD	C6
10 µF/16V/SMD	C5

Halbleiter:

CD4093/SMD/Philips	IC1
CD4052/SMD/Philips	IC2
LED, 3mm, rot	D1, D2

Sonstiges:

Mini-Drucktaster, 1 x ein, 1 mm Tastknopflänge	TA1
Lötstift, 1 mm	ST1
Piezo-Signalgeber	PZ1
1 Batteriekontakt-Plättchen	
1 Batter	