



Mobiler Audio-Detektiv

Mini-Signalverfolger

Arbeitet man mit Audioschaltungen und Audiogeräten, ist ein Signalverfolger für das Lokalisieren von Fehlern ein Muss in der Mess- und Prüfgeräteausrüstung. Gibt das handliche, batteriebetriebene Prüfgerät gleichzeitig auch noch das Prüfsignal aus, hat man gleich zwei Funktionen in einem Gerät und ist bei Prüfarbeiten nicht an stationäres Equipment gebunden. Der neue Mini-Signalverfolger MSV2 macht zudem die Arbeit durch einen integrierten Lautsprecher noch einfacher.

Der Bausatz

im ELV Shop

#10226

Montagevideo



#10230

QR-Code scannen oder
Webcode im ELV Shop
eingeben



Infos zum Bausatz MSV2



Schwierigkeitsgrad:
mittel



Ungefähre Bauzeit:
1 h



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



Besondere Werkzeuge:
LötKolben



Lötverfahren:
Ja (Einfache Kenntnisse)



Programmierkenntnisse:
Nein



Elektrische Fachkraft:
Nein

Zwei in einem

Die Kombination von Signalverfolger und Signalgenerator macht den MSV2 zu einem praktischen Helfer bei der Suche nach Fehlern in Audio-Signalwegen und beim Testen von Audiokomponenten. Der kleine, batteriebetriebene Signalverfolger ist für die Einhandbedienung ausgelegt und bietet einen integrierten Signalgenerator.

Die Kombination von Signalverfolger und Signalgenerator in einem Gerät ist das wesentliche Merkmal dieser kleinen Schaltung. Der Signalverfolger ist quasi eine abgeänderte Version des bewährten MSV1. Gegenüber dem MSV1 hat der neue MSV2 einen eingebauten Lautsprecher und einen zusätzlichen 1-kHz-Sinusgenerator.

Der Verstärkungsbereich des Signalverfolgers kann mit einem Schiebescalter in drei Bereichen gewählt werden. Der separate 1-kHz-Ausgang gibt ein Sinussignal mit einer Amplitude von 2 V_{ss} aus, dessen Pegel mit einem Potentiometer eingestellt werden kann.

Eine Auto-Power-off-Funktion sorgt für eine automatische Abschaltung nach 3 Minuten, sodass das Gerät insgesamt batteriesparend arbeitet.



Bedienung

Das Einschalten erfolgt durch kurzes Betätigen des Ein/Aus-Tasters. Im Normalfall leuchtet jetzt die blaue LED (ein). Bei zu niedriger Batteriespannung leuchtet die rote LED (Low-Bat-Symbol). Mit dem Schiebeschalter auf der Gehäuseoberseite kann der Verstärkungsfaktor in drei Stufen eingestellt werden. Stellung „0 dB“ ist dabei die höchste Verstärkung und „-40 dB“ die niedrigste Verstärkung. Mit dem seitlich angeordneten Potentiometer „Lautstärke“ kann die Wiedergabelautstärke eingestellt werden. Das aufgenommene Signal wird über den integrierten Lautsprecher wiedergegeben.

Der integrierte Signalgenerator gibt an der Klinkenbuchse ein Sinus-signal mit einer maximalen Amplitude von 2 V_{SS} aus. Der Ausgangspegel kann ebenfalls über ein seitlich angebrachtes Potentiometer (Pegel) eingestellt werden.

Möchte man das Gerät wieder ausschalten, ist der Ein/Aus-Taster für mindestens eine Sekunde zu betätigen. Eine Auto-Power-off-Automatik sorgt zudem für eine automatische Abschaltung, wenn innerhalb von 3 Minuten keine Messung stattfindet. Nach jeder erkannten Messung wird der Auto-Power-off-Timer wieder zurückgesetzt und somit die Ausschaltverzögerung verlängert.

Schaltung

Das Schaltbild des Signalverfolgers ist in [Bild 1](#) dargestellt. Das NF-Eingangssignal, das über die an ST1 angeschlossene Messspitze aufgenommen wird, gelangt zunächst auf den Verstärker IC1A. Der Verstärkungsfaktor ist über den Schiebeschalter S1 in drei Stufen wählbar. Je nach Verstärkungsfaktor wird einer der drei Rückkoppelwiderstände R2, R6 oder R9 zugeschaltet.

Der Ausgang des Verstärkers Pin 14/IC1 führt auf das nachfolgende Hochpassfilter, das aus IC1B und Peripherie besteht. Durch dieses Filter werden Frequenzen unterhalb von ca. 120 Hz unterdrückt. Da der integrierte Lautsprecher diese Frequenzen nicht wiedergeben kann, ist dies notwendig, um Energie einzusparen. Tiefe Frequenzen (< 120 Hz) würden im Lautsprecher nur in Wärme umgewandelt und hätten einen erhöhten Stromverbrauch zur Folge.

Schauen wir uns nun den Pegeldetektor IC1C an. Dieser Detektor ist ein Komparator und erkennt, ob ein Messsignal anliegt oder nicht. Bei jeder Erkennung wird der Auto-Power-off-Timer zurückgesetzt und die Zeit bis zum automatischen Abschalten wird neu gestartet. Hierdurch wird verhindert, dass sich das Gerät während intensiver Nutzung selbsttätig abschaltet.

Der Signalgenerator besteht im Wesentlichen aus dem Timerbaustein IC2 vom Typ ICM7555. Der ICM7555 (CMOS-Version) bzw. NE555 (Standardversion) ist ein vielfach bewährter und günstiger Timerbaustein, der in dieser Konfiguration als Oszillator beschaltet ist. Die Frequenz dieses Oszillators wird durch R4 und C9 bestimmt. Um aus dem generierten Rechtecksignal ein Sinussignal zu formen, verwenden wir das dreieckförmige Signal, das am Kondensator C9 ansteht. Es stellt die Lade- und Entladekurve des Kondensators dar.

Im Prinzip könnte man auch aus dem Rechtecksignal (Ausgangssignal des Oszillators) ein Sinussignal gewinnen, hierbei wäre der Klirrfaktor aber höher und man bräuchte eine weitere Filterstufe.

Kommen wir nun zur Spannungsversorgung, die im unteren Teil des Schaltbildes dargestellt ist. Die Schaltung wird mit zwei 1,5-V-Batterien betrieben und erfordert eine batterieschonende Technik. Schauen wir uns aber zunächst an, wie die Spannungsversorgung und das Ein- und Ausschalten funktionieren. Die Batteriespannung (3 V) gelangt zunächst auf den Sicherungswiderstand R23. Dieser Widerstand ist ein PTC, der bei Überstrom seinen Widerstandswert erhöht und somit im Fehlerfall für eine Strombegrenzung sorgt. Über den Steckverbinder BU1/ST3 gelangt die Batteriespannung auf den Transistor T1. Die beiden MOSFET-Transistoren T1 und T2 dienen zum einen als Schalter für die Versorgungsspannung und zum anderen als Verpolungsschutz.

Durch einmaliges Betätigen des Tasters gelangt ein Spannungsimpuls über C29 und R35 auf die Basis von T6. Dieser steuert über R28 die beiden Transistoren T1 und T2 an, die somit leitend werden und die Betriebsspannung „durchschalten“.

Für die Auto-Aus-Funktion (Auto-Power-off) und für die Ein-Aus-Toggle-Funktion kommt ein Flip-Flop zum Einsatz. IC5A ist als T-Flip-Flop geschaltet, dessen Ausgänge (Q und /Q) durch einen positiven Spannungsimpuls am Clockeingang (Pin 3) jeweils die Logikzustände wechseln. Dieses Flip-Flop kann durch zwei Umstände gesetzt werden. Einmal durch ein High-Signal am Set-Eingang oder durch ein Clocksignal an Pin 3, falls das Flip-Flop vorher zurückgesetzt war. Nachdem T1 und T2 die Versorgungsspannung durchgeschaltet haben, gelangt über C21 ein High-Impuls auf den Set-Eingang Pin 6, wodurch das Flip-Flop zunächst gesetzt wird. Der Ausgang Q (Pin 1) führt nun High-Pegel und steuert über R32 den Transistor T6 an. Die Einschaltung bleibt nun eingeschaltet, da die Selbsthaltung greift.

Nachdem der Ausgang Q auf „high“ wechselt, kann sich über R33 der Kondensator C33 aufladen. Ist die Spannung auf ca. 2/3 der Betriebsspannung angestiegen, wird über den Reset-Eingang Pin 4 das Flip-Flop zurückgesetzt. Ausgang Q wechselt auf Low-Pegel und die Selbsthaltung löst sich – das Gerät schaltet aus (Auto-Aus). Da R33 und C33 relativ groß sind, dauert dieser Vorgang ca. 3 Minuten. Durch ein Low-Signal, das vom Pegeldetektor IC1C kommt, wird über D1, R29 der Kondensator entladen, wodurch das Auto-Power-off retriggered wird. Da der /Q-Ausgang über den Widerstand R38 mit dem D-Eingang (Pin 5) verbunden ist, wechseln die Logikzustände am Ausgang des Flip-Flops bei jedem Clocksignal an Pin 3. Auf diese Weise kann durch Betätigen des Tasters TA1 das Gerät im eingeschalteten Zustand wieder ausgeschaltet werden. Durch R38 und C34 wird ein Prellen dieses Ein- und Ausschaltvorgangs verhindert.

Mit dem zweiten Flip-Flop IC5B und IC6 ist eine Low-Bat-Erkennung realisiert. Diese funktioniert wie folgt: IC6 ist eigentlich ein Reset-Baustein, wird in unserer Schaltung aber zur Unterspannungserkennung genutzt. Ist die Batteriespannung größer als 2,3 V, ist der Ausgang von IC6 auf „high“ und der Transistor T7, der hier als Pegelwandler dient, schaltet durch. Der Reset-Eingang des Flip-Flops IC5B liegt auf Low-Pegel. Hier sei erwähnt, dass im Einschaltmoment beide Flip-Flops über den Set-Eingang gesetzt werden. Im Normalfall, d. h., die Batterien sind noch „voll“ (> 3 V), weisen die Ausgänge von IC5B folgende Pegel auf: Q ist auf „high“ (LED D4 (Power) leuchtet), /Q ist auf „low“, sodass LED D5 (Low-Bat) nicht leuchtet. Sinkt die Batteriespannung auf einen Wert unterhalb von 2,3 V ab, kehren sich alle Logikpegel um und das Flip-Flop wird zurückgesetzt. Jetzt leuchtet die Low-Bat-LED D5 auf und signalisiert, dass die Batterie gewechselt werden muss.

Die Audioendstufe wird von einem Class-D-Verstärker (IC3) gebildet.

Ein zusätzliches Feature des Audioverstärkers TPA2013 (IC3) ist der integrierte Step-up-Wandler, der die Eingangsspannung in eine höhere Spannung

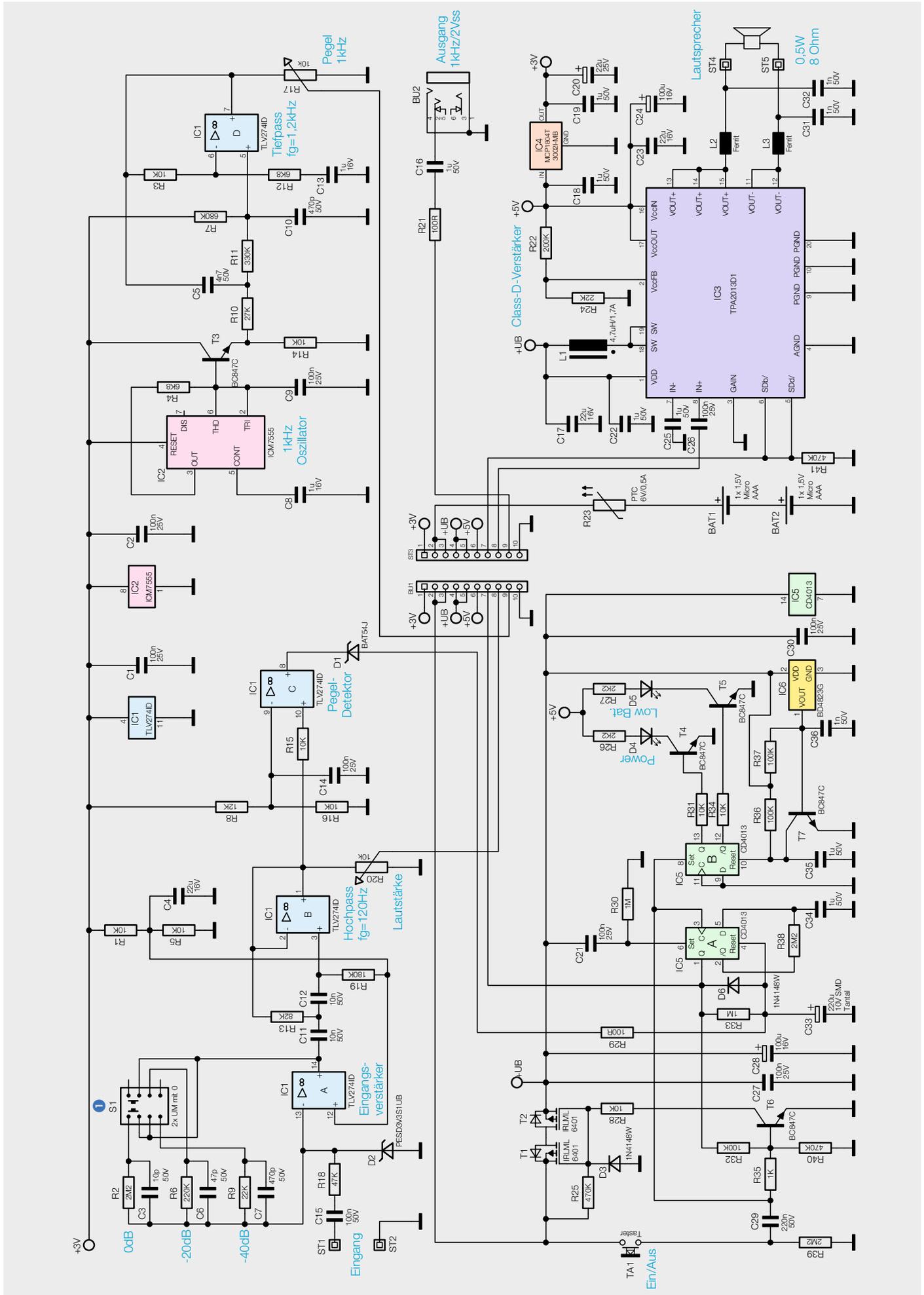


Bild 1: Das Schaltbild des MSV2

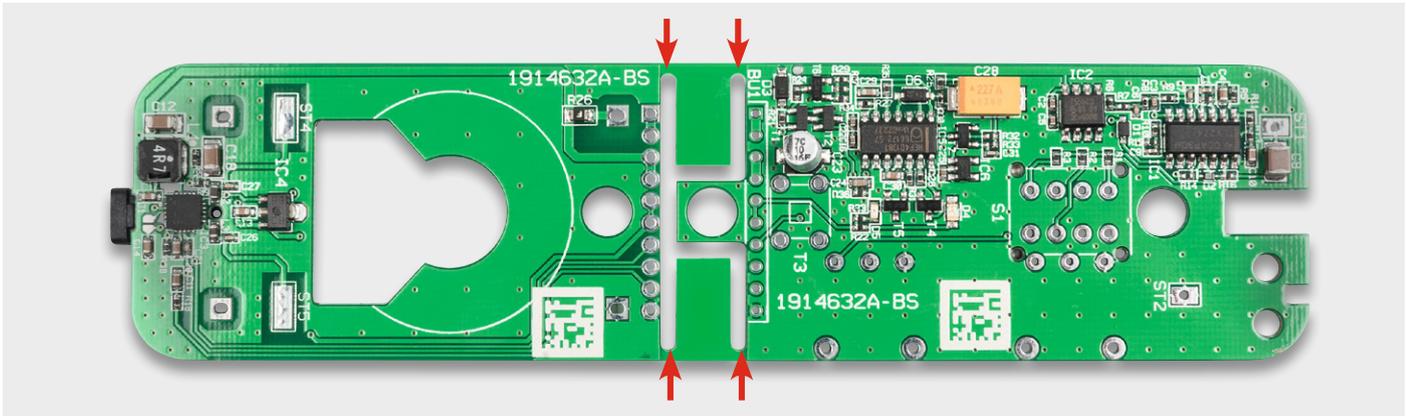


Bild 2: Der Platinennutzen im Auslieferungszustand. Er ist an den Perforationslinien (siehe Markierung) auseinanderzubrechen.

transformiert und diese für die Endstufe verwendet. Aus diesem Grund kann auch mit einer relativ niedrigen Eingangsspannung noch eine beachtliche Ausgangsleistung erzeugt werden. Externes Bauteil dieses Wandlers ist die Speicherspule L1. Alle anderen Komponenten sind im TPA2013 integriert. Die Ausgangsspannung V_{ccOUT} an Pin 17 von IC3 wird durch den Spannungsteiler R22/R24 bestimmt und liegt bei 5 V. Diese Spannung wird für die Ansteuerung der beiden LEDs verwendet, da die blaue LED eine Flussspannung von bis 3,5 V aufweist und die Batteriespannung von 3 V unter Umständen nicht ausreicht. Der Vorteil dieses Step-up-Wandlers besteht aber darin, dass die komplette Elektronik mit dieser generierten Spannung versorgt wird und so unabhängig von der Batteriespannung immer eine konstante Spannung zur Verfügung steht. Allerdings wird für den empfindlichen Vorverstärker und den Mischer eine stabilisierte saubere Spannung benötigt. Aus diesem Grund wird die 5-V-Spannung mit dem Spannungsregler IC4 auf 3 V stabilisiert.

Nachbau

Die Platine für den Signalverfolger besteht aus zwei Platinen, die herstellungsbedingt zu einem sogenannten Nutzen zusammengefasst sind (Bild 2). Die Platinen können einfach mit der Hand auseinandergebrochen werden. An den Abbruchkanten der Platine ist eventuell ein Grat vorhanden, der mit einer Feile entfernt wird (Bild 3). Auf den Platinen sind die SMD-Bauteile vorbestückt, sodass nur die bedrahteten Bauteile zu bestücken sind und der mitunter mühsame Umgang mit den kleinen SMD-Bauteilen somit entfällt. Es ist lediglich eine Bestückungskontrolle anhand des Platinenfotos, des Bestückungsplans (Bild 4) und der Stückliste sowie eine Kontrolle auf Lötfehler vorzunehmen, bevor man mit den weiteren Bestückungsarbeiten beginnt.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans. Das in Bild 4 dargestellte Platinenfoto mit Bestückungsplan gibt zusätzlich hilfreiche Informationen. Die Bauteilanschlüsse werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt. Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der jeweils gegenüberliegenden Platinenseite werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle selbst dabei zu beschädigen.

Auf der Batterieplatine sind zunächst die beiden Batteriehalter zu bestücken. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Polung („+“ und „-“) mit dem Platinenaufdruck übereinstimmt und dass diese auf der richtigen Platinenseite eingesetzt werden.

Hinweis: Die Anschlussdrähte der Batteriehalter bestehen aus Stahldraht. Verwenden Sie zum Anschneiden der Drähte einen entsprechend großen und stabilen Seitenschneider (siehe Bild 5).

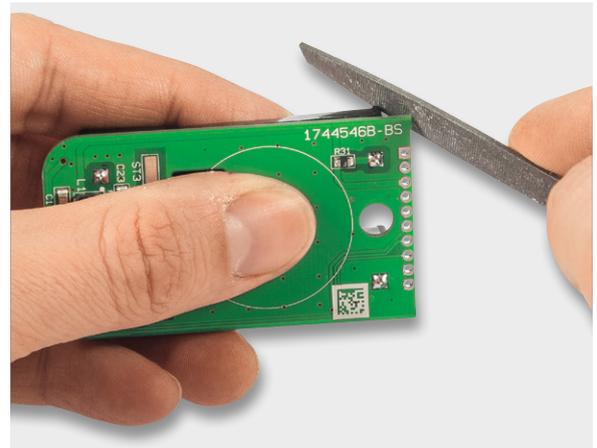


Bild 3: Der beim Abbrechen entstandene Grat ist mit einer Feile zu entfernen.

Anschließend werden die Bauteile auf der Signalplatine bestückt. Auch hier ist besonders darauf zu achten, dass die Bauteile auf der richtigen Platinenseite bestückt werden (siehe Platinenfotos Bild 4). Die beiden Rändelpotis R20 und R17 müssen vor dem Verlöten exakt plan auf der Platine aufliegen. Nachdem der Taster TA1 montiert ist, kann die beiliegende Tastenkappe auf den Taststößel gedrückt werden. Nun erfolgt das Einsetzen und Verlöten des Schiebeschalters S1.

Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass beim Verlöten der Anschlüsse die Rändelpotischeibe aus Kunststoff nicht mit dem LötKolben beschädigt wird (Bild 6). Die beiden Platinen werden über eine 10-polige Stiftleiste miteinander verbunden. Wichtig hierbei ist, dass die Stiftleiste auf beiden Seiten plan auf der Platine aufliegt. In Bild 7 sind die beiden verbundenen Platinen in der Seitenansicht zu sehen.

Im nächsten Arbeitsschritt wird der Lautsprecher angeschlossen und montiert. Hierzu sind zwei Verbindungsleitungen mit einer Länge von 3 cm an die Anschlüsse des Lautsprechers anzulöten (Bild 8). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Lötstellen am Lautsprecher sehr flach gehalten werden. Der Lautsprecher wird nun entsprechend Bild 9 auf die Batterieplatine aufgelegt, und zwar so, dass die Anschlussplatte des Lautsprechers in die Aussparung der Platine fällt. Die Anschlusskabel können nun an die Anschlüsse ST4 und ST5 auf der Platine angelötet werden. Eine zusätzliche Befestigung des Laut-

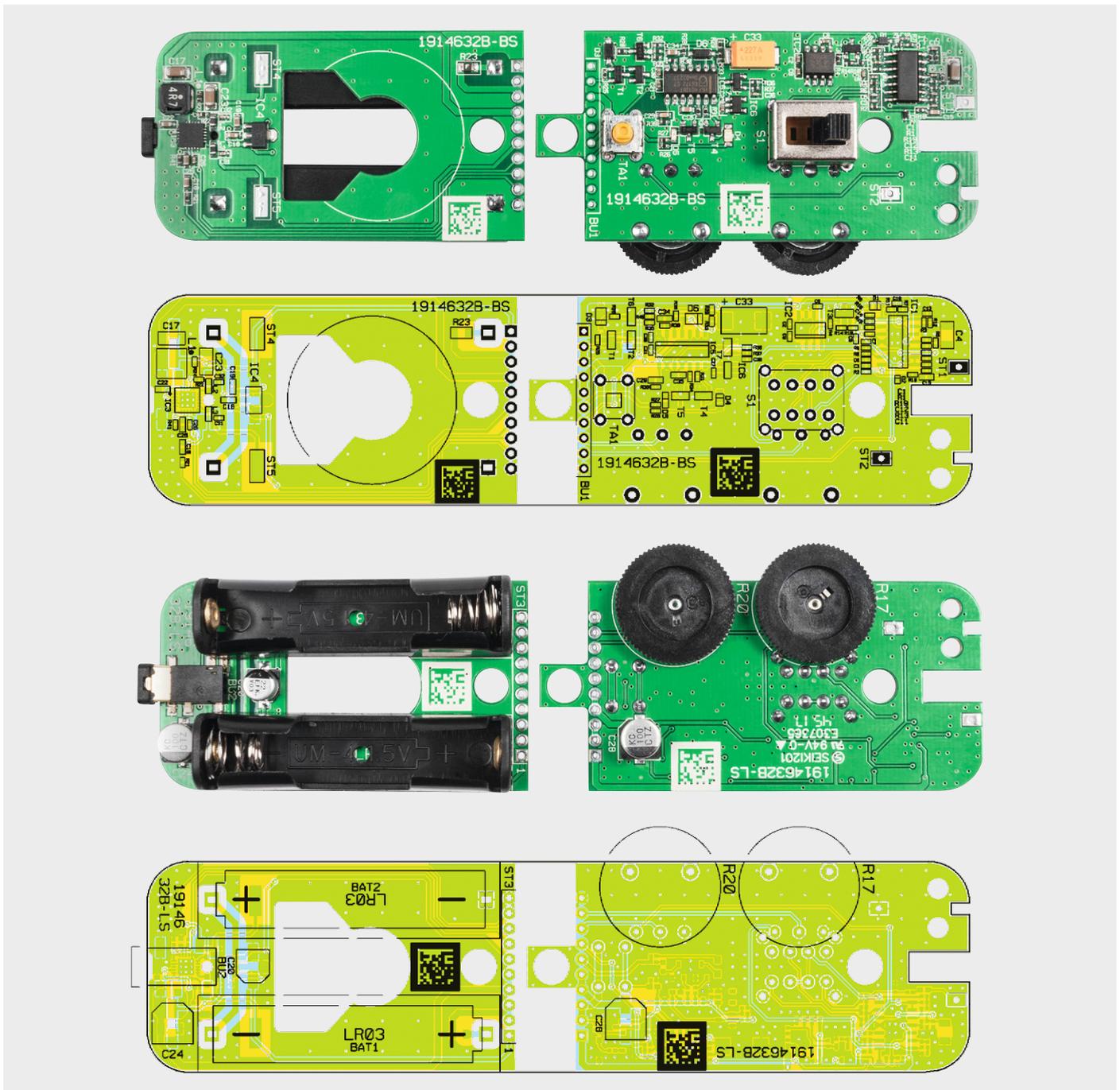


Bild 4: Die Platinenfotos des MSV2 mit den dazugehörigen Bestückungsdrucken, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite gesehen

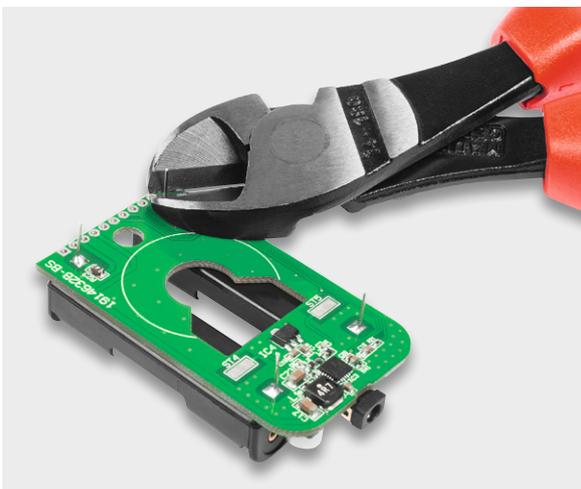


Bild 5: Die Anschlussdrähte (Stahldraht) der Batteriehalter werden mit einem kräftigen Seitenschneider abgeschnitten.



Bild 6: Die Kunststoffscheibe darf beim Verlöten des Schiebeschalters nicht beschädigt werden.

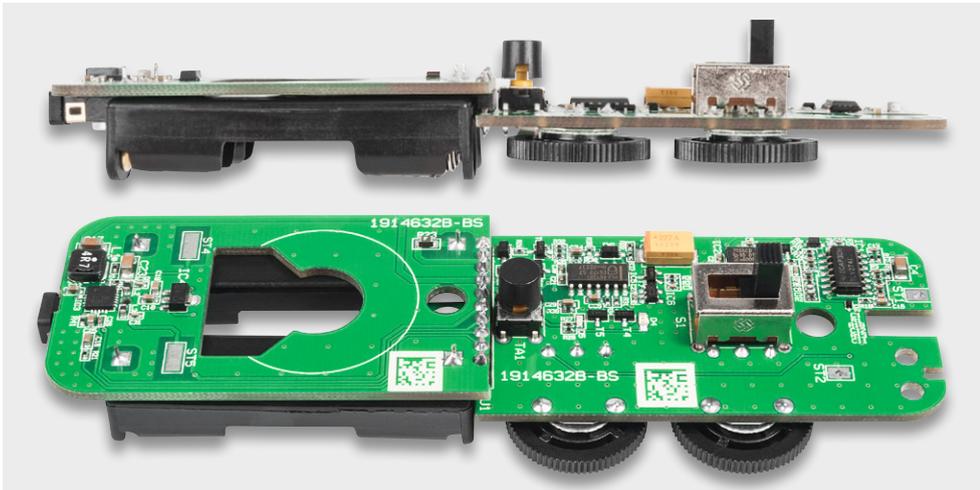


Bild 7: Die über die Stiftleiste verbundenen Platinen. Es ist darauf zu achten, dass die Stiftleiste auf beiden Platinen plan aufliegt, bevor das Verlöten erfolgt.



Bild 8: An den Lautsprecher werden die Verbindungsleitungen (3 cm) angelötet.



Bild 9: So wird der Lautsprecher angeschlossen und in die Batterieplatte eingesetzt.

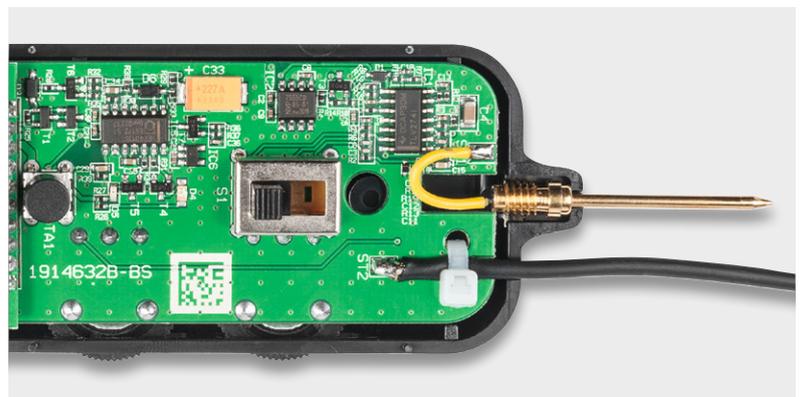


Bild 11: Hier sind die auf der Platine verlötete und fixierte Masseleitung sowie die Verlegung und der Anschluss der Leitung zur Messspitze zu sehen.

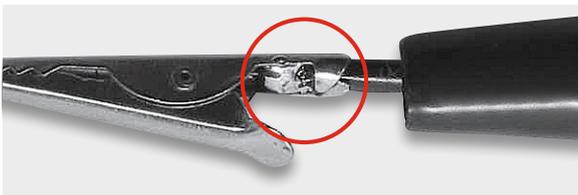


Bild 10: Innenleiter und Abschirmung der Masseleitung werden gemeinsam verlötet und parallel geführt.

sprechers ist nicht notwendig, da dieser später im Gehäuse automatisch fixiert wird.

Im nächsten Arbeitsschritt wird die Masseleitung vorbereitet. Hierzu dient eine sehr flexible, einadrige, abgeschirmte Leitung mit einer Länge von 50 cm. An den Enden der Leitung sind 10 mm der äußeren Isolierung zu entfernen, ebenfalls ist die innere Isolierung von der Innenader zu entfernen. Innenader und Abschirmung bilden eine Leitung, sind dabei immer zusammen anzulöten und liegen damit parallel (Bild 10). Das eine Ende der Leitung ist mit der beiliegenden Krokodilklemme zu verlöten. Anschließend wird das andere Ende der Leitung, wie in Bild 11 dargestellt, an ST2 angelötet. Zur Zugentlastung ist die Leitung noch mit einem Kabelbinder auf der Platine zu fixieren.

Im Anschluss wird das Gehäuse vorbereitet. Die Lichtleiter für die LEDs sind bereits im Gehäuseober-

teil eingeklebt. Damit das Licht der LEDs nicht auf die benachbarten Lichtleiter trifft, wird jeder einzelne Lichtleiter mit einem Stück PVC-Schlauch überzogen.

Hier sind zwei Stück à 5 mm anzufertigen. Diese werden auf die Lichtleiter geschoben (siehe Bild 12). Der Schlauch sollte bündig mit dem Ende des Lichtleiters abschließen. Nun kann die Geräteeinheit, bestehend aus den beiden Platinen, in das Gehäuseoberteil eingesetzt werden. Wichtig hierbei ist, dass der Lautsprecher in der Gehäusevertiefung sitzt, denn nur so passt das Gehäuse exakt zusammen.

Im Gehäuseunterteil ist, wie in Bild 13 dargestellt, zuvor noch ein kleiner Kunststoffnippel zu entfernen. Dieser kann einfach mit einem Seitenschneider abgeschnitten werden. Die Anschlussleitung der Masse-

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	MSV2
Versorgungsspannung:	2x 1,5 V LR03/Micro/AAA
Stromaufnahme:	250 mA max.
Batterielebensdauer:	Ca. 30 h
Eingangsspannung:	1 mV–6 Vss (max. 30 Vss)
Eingangsimpedanz:	50 kΩ
Audiofrequenzgang:	170 Hz–15 kHz (-3 dB)
Ausgang:	1 kHz Sinussignal/1,5 % THD/ max. 2 Vss/3,5 mm Klinke
Sonstiges:	Auto-Power-off
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Abmessungen (B x H x T):	160 x 42 x 22 mm
Gewicht:	85 g/65 g (inklusive/exklusive Batterien)

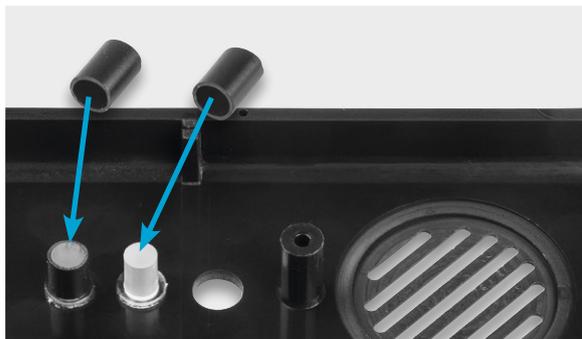


Bild 12: Die zwei zugeschnittenen Stücke PVC-Schlauch werden auf die Lichtleiter geschoben.

leitung wird anschließend am Platinenanschlusspunkt ST1 angelötet. Nach dem Einlegen von zwei Micro-Batterien ist zum Abschluss des Aufbaus das Gehäuseunterteil aufzusetzen und zu verschrauben.

Für den Ausgang des 1-KHz-Generators empfiehlt sich ein Klinensteckerkabel mit 3,5-mm-Monostecker (Bild 14). Das offene Ende erlaubt den Anschluss eines beliebigen Steckers. **ELV**



Bild 13: Im Gehäuseunterteil ist vor dem Zusammensetzen der Gehäuseteile ein hervorstehender Gehäusenippel mit dem Seitenschneider zu entfernen.



Bild 14: 3,5-mm-Klinensteckerkabel mit offenem Kabelende zum Anschluss von beliebigen Steckern und Messspitzen (13 31 83)

Widerstände:

100 Ω /SMD/0402	R21, R29
1 k Ω /SMD/0402	R35
2,2 k Ω /SMD/0402	R26, R27
6,8 k Ω /SMD/0402	R4, R12
10 k Ω /SMD/0402	R1, R3, R5, R14–R16, R28, R31, R34
12 k Ω /SMD/0402	R8
22 k Ω /SMD/0402	R9, R24
27 k Ω /SMD/0402	R10
47 k Ω /SMD/0402	R18
82 k Ω /SMD/0402	R13
100 k Ω /SMD/0402	R32, R36, R37
180 k Ω /SMD/0402	R19
200 k Ω /SMD/0402	R22
220 k Ω /SMD/0402	R6
330 k Ω /SMD/0402	R11
470 k Ω /SMD/0402	R25, R40, R41
680 k Ω /SMD/0402	R7
1 M Ω /SMD/0402	R30, R33
2,2 M Ω /SMD/0402	R2, R38, R39
Trimmer/10 k Ω /THT	R17, R20
PTC/0,5 A/6 V/SMD/0805	R23

Kondensatoren:

10 pF/50 V/SMD/0402	C3
47 pF/50 V/SMD/0402	C6
470 pF/50 V/SMD/0402	C7, C10
1 nF/50 V/SMD/0402	C31, C32, C36
4,7 nF/50 V/SMD/0402	C5
10 nF/50 V/SMD/0402	C11, C12
100 nF/25 V/SMD/0402	C1, C2, C9, C14, C21, C26, C27, C30
100 nF/50 V/SMD/0603	C15
220 nF/50 V/SMD/0603	C29
1 μ F/16 V/SMD/0402	C8, C13
1 μ F/50 V/SMD/0603	C16, C18, C19, C22, C25, C34, C35

22 μ F/16 V/SMD/1206	C4, C17, C23
22 μ F/25 V	C20
100 μ F/16 V	C24, C28
220 μ F/10 V	C33

Halbleiter:

TLV274ID/SOIC14	IC1
ICM7555/SMD	IC2
TPA2013D1/SMD	IC3
MCP1804T-3002I/MB/SOT89-3	IC4
HEF4013/SMD	IC5
BD4823G/SMD	IC6
IRLML6401/SMD	T1, T2
BC847C/SMD	T3–T7
BAT54J/SMD	D1
1N4148W/SMD	D3, D6
PESD3V3S1UB/SMD	D2
LED/blau/SMD	D4
LED/rot/SMD/0603	D5

Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 4,7 μ H/1,7 A	L1
Chip-Ferrite, 300 Ω bei 100 MHz, 0603	L2, L3
Batteriehalter für eine Microzelle	BAT1, BAT2
Klinkenbuchse, 3,5 mm, 4-polig, SMD	BU2
Stiftleiste, 1x 10-polig, gerade, print	ST3
Print-Schiebeschalter	S1
Mini-Drucktaster, 1x ein, 7,3 mm Höhe, IP67	TA1
Tastkappe, rund, 6 mm, schwarz	TA1
Lautsprecher, 8 Ω /0,5 W, \varnothing 28 mm	
Abgreifklemme, isoliert, schwarz	
Kabelbinder, 71 x 1,8 mm	
PVC-Isolierschlauch, \varnothing 3,5 mm, schwarz	
500 mm abgeschirmte Leitung, 1x 0,22 mm ²	
40 mm Litze 0,14 mm ² , rot	
40 mm Litze 0,14 mm ² , schwarz	
Gehäuse, komplett, bearbeitet/bedruckt, schwarz	
Prüfspitze für Prüfstift-Gehäuse, vergoldet	