



## Klassiker mit neuer Technik – Mini-Signalverfolger MSV1

Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#1394

Zum Lokalisieren von Fehlern in Audio-Signalwegen ist ein Signalverfolger unabdingbar. Der kleine, batteriebetriebene Signalverfolger MSV1 ist für die Einhandbedienung ausgelegt und mit einer automatischen Verstärkungsregelung ausgestattet. Über eine Bargraph-Anzeige kann der gemessene Audio-Pegel direkt in dBV abgelesen und über einen extern anschließbaren Kopfhörer das erfasste Audiosignal hörbar gemacht werden.

### Das Muss im Labor

Jeder Techniker, der sich mit Audiotechnik beschäftigt, steht früher oder später vor der Aufgabe, einen Signalweg in einer Schaltung nachverfolgen zu müssen, ob dies nun bei einer Reparatur oder beim Aufbau einer Schaltung ist. Daher gehört der Signalverfolger mit zu den ältesten Prüfgeräten, ihn gab und gibt es in den verschiedensten Formen

und Bauarten – vom handlichen Stift bis hin zum eigenständigen Gerät/Einschub für den Messgerätepark. Auch die technische Ausstattung eines solchen Prüfgerätes kann sehr unterschiedlich ausfallen – vom einfachen NF-Verstärker mit Lautsprecher über die komfortablere Ausführung mit manueller Verstärkungsanpassung bis hin zur Vollausstattung mit mehrstufiger Signalpegelanpassung und genauer Auswertung des Signalpegels.

In letztere Kategorie fällt der hier vorgestellte Mini-Signalverfolger MSV1. Er ist als mobiles, eigenständig arbeitendes Testgerät ausgelegt, das bequem mit einer Hand geführt und bedient werden kann. Um die Arbeit unter den verschiedensten Einsatzbedingungen und Messumgebungen zu vereinfachen, verfügt das Gerät über eine automatische Verstärkungsregelung mit automatischer Bereichswahl und Bereichsanzeige. Das vermeidet unangenehme und die Auswertung behindernde Pegelsprünge und ermöglicht die bessere Konzentration auf die zu untersuchende Schaltung statt auf die Bedienung des Prüfgerätes. Dazu kommt eine LED-Bargraph-Anzeige

Technische Daten

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Geräte-Kurzbezeichnung:  | MSV1                                      |
| Versorgungsspannung:     | 2x 1,5 V LR03/Micro/AAA                   |
| Stromaufnahme:           | 25 mA max.                                |
| Batterielebensdauer:     | ca. 40 h                                  |
| Eingangsspannung:        | 1 mV – 28 V                               |
| Audiofrequenzgang:       | 15 Hz – 35 kHz (-3 dB)                    |
| Ausgang:                 | Stereo-Kopfhörer/3,5 mm/32 Ohm            |
| Sonstiges:               | Auto-Power-off                            |
| Umgebungstemperatur:     | -10 bis +55 °C                            |
| Lagertemperatur:         | -40 bis +85 °C                            |
| Schutzart:               | IP20                                      |
| Abmessungen (B x H x T): | 160 x 42 x 22 mm                          |
| Gewicht:                 | 85 g/65 g (inklusive/exklusive Batterien) |

zur quantitativen Beurteilung des Messsignal-Pegels, so dass man eine genaue Bewertung des gemessenen Pegels am jeweiligen Prüfpunkt treffen kann. Die Anzeige erfolgt hier direkt in dBV (siehe „Elektronikwissen“). Ein einstellbarer Kopfhörerausgang ermöglicht dazu die hörmäßige Signalauswertung.

Da es im Prüfverlauf auch immer einmal zu unerwartet hohen Pegeln, z. B. starken Knackgeräuschen, kommen kann, wird der Kopfhörerausgang bei solchen Spannungsspitzen kurz stummgeschaltet, um Gehörschäden bzw. Schreckreaktionen zu vermeiden.

Das Gerät ist batteriebetrieben. Um den Batteriesatz möglichst lange und effektiv auszunutzen, sorgt ein Step-up-Wandler für die Nutzung eines möglichst weiten Betriebsspannungsbereichs. Und zusätzlich ist eine automatische, zeitgesteuerte Geräteabschaltung integriert, die das Gerät 60 Sekunden nach der letzten Messung zur Batterieschonung abschaltet. Um den Schaltungsaufwand für die hier aufgelisteten Funktionen möglichst gering zu halten, wird das Gerät durch einen Mikrocontroller gesteuert.

In der Summe der aufgeführten Ausstattungseigenschaften steht damit ein leistungsfähiges und umfangreich ausgestattetes Prüfgerät zur Verfügung, das universell und einfach einsetzbar ist.

## Bedienung

Das Einschalten erfolgt durch kurzes Betätigen des Ein/Aus-Tasters. Anschließend wird ein Schnelltest der LEDs durchgeführt – alle LEDs leuchten nacheinander kurz auf. Ohne Eingangssignal wird die höchste Verstärkungsstufe gewählt (-60 dB). Dieser dB-Wert gibt nicht die Dämpfung, sondern den Pegel in Verbindung mit der LED-Skala wieder.

Beispiel: Leuchtet die LED „-60 dB“ und in der LED-Bargraph-Anzeige 5 LEDs auf, also in der Mitte der Skala (+10 dB), können beide Werte einfach addiert werden. Also -60 dB plus +10 dB, was einen Pegel von -50 dB ergibt. Dies entspricht einer Spannung von  $0,00312 \text{ V} = 3,12 \text{ mV}$ . Steigt die Eingangsspannung, wird der Verstärkungsfaktor automatisch um den Faktor 10 herabgesetzt, was 20 dB entspricht.

Mit dem seitlich angeordneten Potentiometer „Lautstärke“ kann die Lautstärke für den Kopfhörer eingestellt werden. Man sollte darauf achten, dass man die Lautstärke nicht zu hoch einstellt, um die Ohren vor zu hohen Pegeln zu schützen. Zwar hat die Schaltung eine automatische Stummschaltung gegen Spannungsspitzen, ganz vermeiden lassen sich solche Peaks, also Pegelsprünge, jedoch in der Praxis nicht.

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 60 Sekunden keine Messung stattfindet.

## Schaltung

Das Schaltbild des Signalverfolgers ist in [Bild 1](#) dargestellt. Im Gegensatz zu einer reinen Analogschaltung wird diese Schaltung, wie bereits erwähnt, über einen Mikrocontroller gesteuert. Hierdurch reduziert sich der Schaltungsaufwand erheblich, so erfolgt

z. B. die Ansteuerung der LEDs ebenfalls durch den Controller IC1 vom Typ STM8L151.

Das NF-Eingangssignal, welches über die Messspitze an ST3 eintrifft, gelangt zunächst auf den Verstärker IC5A. Der Verstärkungsfaktor ist über den Multiplexer IC2 in vier Stufen schaltbar. Je nach Verstärkungsfaktor wird einer der vier Rückkoppelwiderstände R15 bis R18 zugeschaltet. Die Umschaltung geschieht automatisch durch den Mikrocontroller IC1 mittels der Steuersignale ADR0 und ADR1.

Am Ausgang des Verstärkers teilt sich das NF-Signal auf folgende Funktionsgruppen auf: den Lautstärke-Einsteller R33, die Stummschaltung (IC6A und IC6B) sowie den Gleichrichter IC5B.

Schauen wir uns zunächst den Gleichrichter IC5B an. Mit Hilfe der Rückkoppeldioden D5 und D6 ist der Operationsverstärker IC5B als Spitzenwertgleichrichter geschaltet. Am Kondensator C8 liegt eine Gleichspannung an, die proportional zur Eingangsspannung ist. Diese Spannung wird vom internen A/D-Wandler von IC1 ausgewertet. Hierdurch ist eine automatische Einstellung des Verstärkungsfaktors möglich. Ab einer bestimmten Spannung wird der Verstärkungsfaktor um eine Stufe (20 dB) herabgesetzt. Beim Unterschreiten erfolgt im umgekehrten Fall ein Erhöhen des Verstärkungsfaktors. Der jeweilige Verstärkungsfaktor wird mit den LEDs D1 bis D4 angezeigt. Die Anzeige des NF-Pegels erfolgt hingegen über die 10-stellige LED-Bargraph-Anzeige LED1. Die Widerstände R5 bis R14 dienen als Strombegrenzung für die LEDs.

Der zweite Signalweg führt zum Kopfhörerverstärker IC3 vom Typ MAX4409. Mit dem Potentiometer R33 kann die gewünschte Lautstärke eingestellt werden. Das verstärkte Ausgangssignal gelangt über die Buchse BU3 zu einem extern anschließbaren Kopfhörer.

Damit Spannungsspitzen, die durch das automatische Umschalten entstehen, nicht zu unangenehmen „Knackgeräuschen“ führen, ist eine automatische Stummschaltung integriert. Die Stummschaltung arbeitet mit einem Fensterkomparator IC6A und IC6B. Beim Überschreiten eines bestimmten Pegels wird ein Schaltsignal erzeugt. Der Komparator IC6A ist für die positiven und der zweite Komparator IC6B für die negativen Halbwellen zuständig. Über die Dioden D7 und D9 werden beiden Schaltsignale zusammengeführt und steuern das Gate von T4. Mit dem Transistor T4 wird der Kopfhörerverstärker IC3 „stumm“ geschaltet. Dies geschieht über den Eingang /SHDN (Shutdown).

Im unteren Teil des Schaltbildes ist der Spannungsversorgungsteil dargestellt. Beginnen wir mit der 3-V-Batteriespannung, die über den Sicherungswiderstand R40 zunächst auf den MOSFET-Transistor T1 gelangt. Die zusammengeschalteten Transistoren T1 und T2 übernehmen zwei Funktionen. Zum einen dienen sie als Verpolungsschutz gegen versehentliches Vertauschen der Batteriepolartität und zum anderen wird hierüber die Versorgungsspannung ein- bzw. ausgeschaltet.

Das Schalten der Versorgungsspannung geschieht über eine Selbsthaltung, die folgendermaßen funkti-

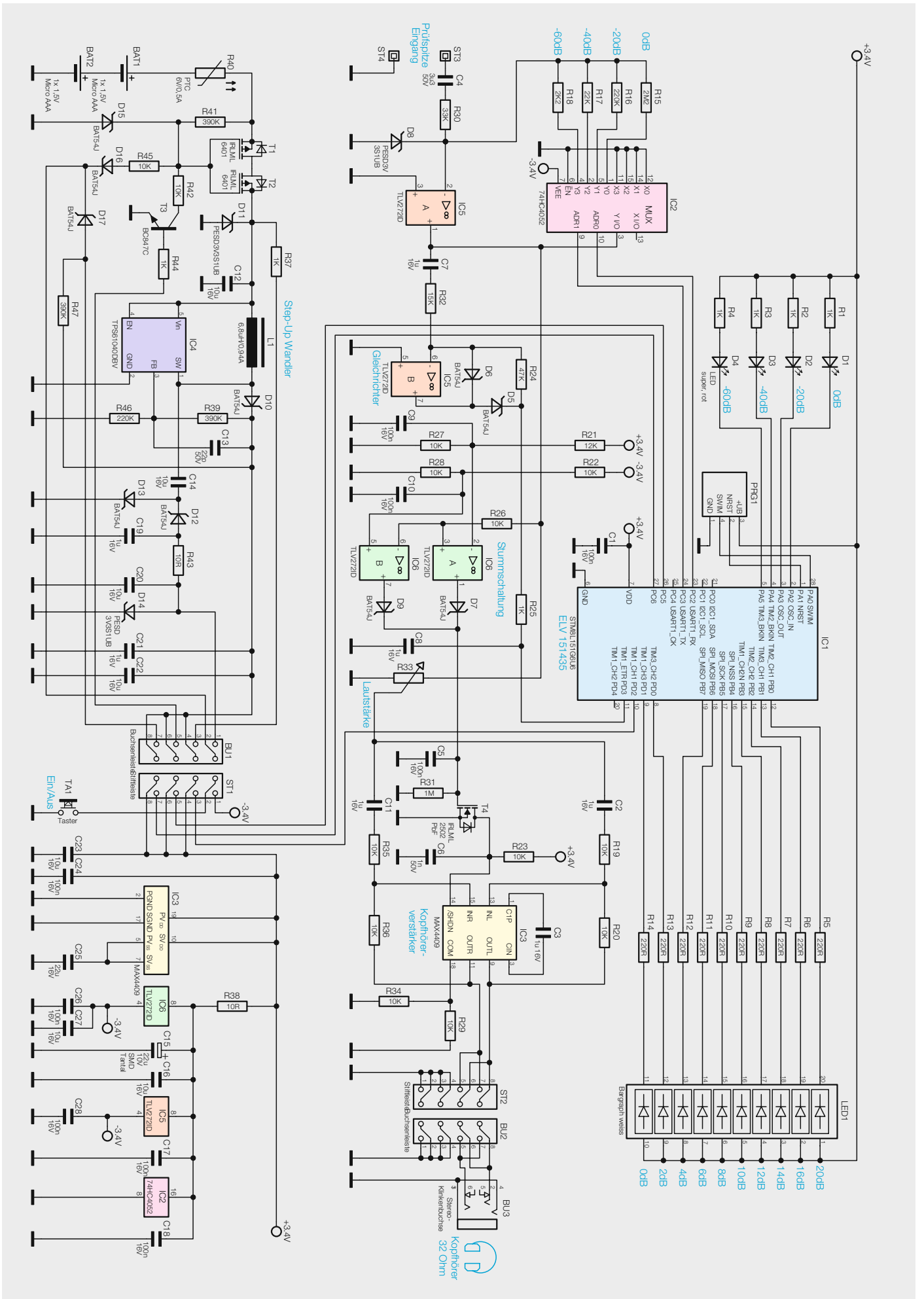


Bild 1: Das Schaltbild des MSV1



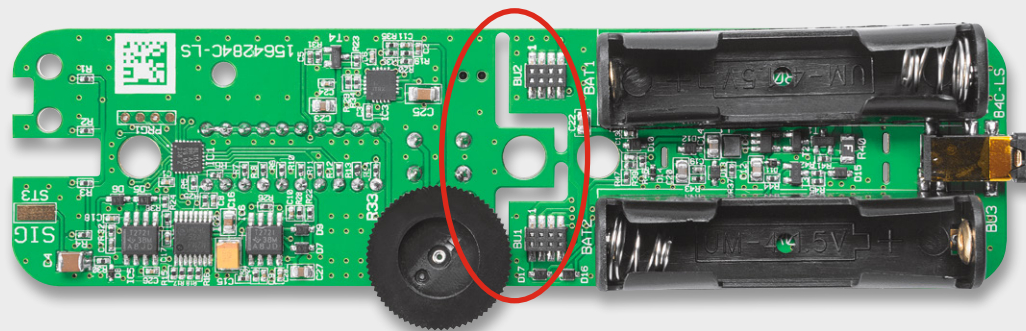


Bild 2: Die vorbestückten Platinen werden als zusammenhängender Nutzen geliefert, der an der Perforation auseinanderzubrechen ist.

oniert. Durch die Betätigung des Tasters TA1 wird über die Entkoppeldiode D16 und den Widerstand R45 das Gate von T1 und T2 auf Massepotential gelegt. Hierdurch schalten beide Transistoren durch und die Batteriespannung gelangt auf den nachfolgenden Step-up-Wandler (IC4 und Außenbeschaltung). Um die Funktionsweise der Selbsthaltung zu zeigen, kürzen wir die Beschreibung des Step-up-Wandlers ab. Dieser Wandler erzeugt am Ausgang (Katode von D10) eine Gleichspannung von 3,4 V. Diese Spannung versorgt den Mikrocontroller und den Rest der Schaltung. Sobald der Controller mit Spannung versorgt wird, gibt dieser eine Spannung an Port PC5 aus.

Diese Spannung gelangt über R44 auf die Basis von T3. Dieser schaltet durch und übernimmt die Funktion des gedrückten Tasters TA1. Die Schaltung bleibt auch nach Loslassen des Tasters mit Spannung versorgt. Ein erneutes Betätigen des Tasters wird vom Controller registriert und die Spannung am Port PC5 abgeschaltet, wodurch die Selbsthaltung gelöst wird – die Schaltung wird nicht mehr mit Spannung versorgt.

Kommen wir zum Step-up-Wandler. Die Funktionsweise eines solchen Aufwärtswandlers wurde ja schon in zahlreichen Artikeln genau beschrieben. Durch Einsatz dieses Wandlers bleibt die Schaltung auch bei niedriger Batteriespannung voll erhalten, da die Ausgangsspannung immer konstant bei 3,4 V bleibt. Über einen weiteren Gleichrichter wird eine negative Spannung von ca. -3,4 V erzeugt. Über den Kondensator C14 gelangt das rechteckförmige Schaltsignal des Wandlers auf die Diode D13, die die Wechselspannung auf +0,3 V „klemmt“.

Hierdurch werden die positiven Halbwellen in den negativen Bereich verschoben. Die Diode D12 richtet diese Wechselspannung gleich, und an C19 liegt eine negative Spannung an. Um Reststörungen durch die Schaltfrequenz zu minimieren, ist noch ein Tiefpassfilter, bestehend aus R43 und C20, nachgeschaltet. Die Diode D14 verhindert, dass die negative Spannung über 3,4 V ansteigen kann.

## Nachbau

Die Platine für den Signalverfolger besteht aus zwei Platinen, die herstellungsbedingt zu einer Platine zusammengefasst sind (Bild 2). Die Platinen können einfach mit der Hand auseinandergebrochen werden. Der an drei Stellen entstandene Grat wird mit einer Feile entfernt (Bild 3).

Auf den Platinen sind die SMD-Bauteile vorbestückt, so dass 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 Platinenrückseite werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle selbst dabei zu beschädigen.

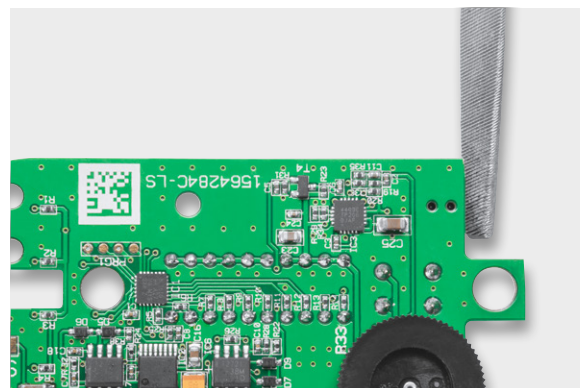


Bild 3: Der Grat an der Bruchlinie wird mit einer Feile entfernt.

Auf der Batterieplatine sind nur die beiden Batteriehalter zu bestücken. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Polung („+“ und „-“) mit dem Platinenaufdruck übereinstimmt.

Anschließend können auf der zweiten Platine der Taster TA1, die LED-Bargraph-Anzeige sowie das Potentiometer bestückt und verlötet werden.

**Sehr wichtig!** Die LED-Anzeige weist eine leicht zu übersehende Polaritätsmarkierung auf. Pin 1 ist durch eine abgeschrägte Gehäusesseite erkennbar (Bild 5).

Nachdem der Taster TA1 montiert ist, kann die beiliegende Tastenkappe auf den Taststößel gedrückt werden. Zum Schluss wird noch das Potentiometer R33 montiert. Im nächsten Schritt wird die Batterieplatine auf die Basisplatine montiert. Die beiden Platinen werden über die 8-poligen Stift- und Buchsenleisten miteinander verbunden (Bild 6). Im nächsten Arbeitsschritt wird die Masseleitung vorbereitet. Hierzu dient eine sehr flexible, 1-adrige, 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 7). Das eine Ende der Leitung ist mit der beiliegenden Krokodilklemme zu verlöten.

Anschließend wird das andere Ende der Leitung, wie in Bild 8 dargestellt, durch die Bohrung in der Platine auf die entgegengesetzte Platinenseite geführt und an ST4 angelötet. Zur Zugentlastung ist die Leitung noch mit einem Kabelbinder auf der Platine zu fixieren.

Im Anschluss wird das Gehäuse vorbereitet. Die Messspitze, die Sichtscheibe und die Lichtleiter für

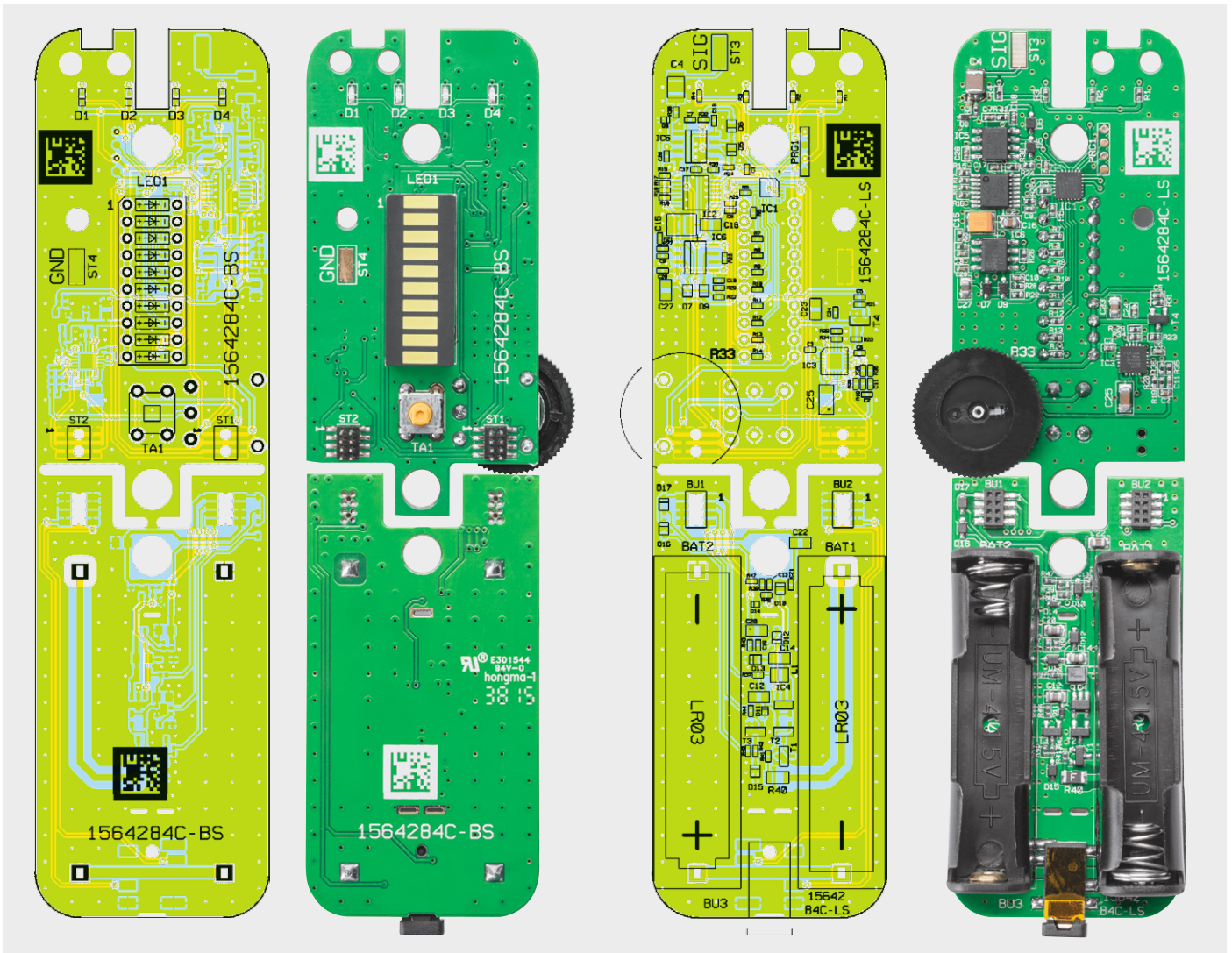


Bild 4: Platinenfotos der komplett bestückten Teilplatinen mit den zugehörigen Bestückungsplänen

die LEDs sind bereits im Gehäuseoberteil eingeklebt. Lediglich die Lichtleiter müssen noch bearbeitet werden. Damit das Licht der LEDs nicht auf die benachbarten Lichtleiter trifft, wird jeder einzelne Lichtleiter mit einem Stück PVC-Schlauch überzogen. Hier sind vier Stück à 7 mm anzufertigen. Diese werden auf die Lichtleiter geschoben (siehe Bild 9). Der Schlauch kann etwas überstehen und braucht nicht bündig mit dem Ende des Lichtleiters abzuschließen. So wird der seitliche Lichtaustritt verringert. Hinter dem Sichtfenster wird eine Filterfolie aufgeklebt, die für einen besseren Kontrast der LED-Anzeige sorgt. Die Filterfolie wird auf eine Größe von 12 x 20 mm zugeschnitten und mit durchsichtigem Klebfilm (Te-

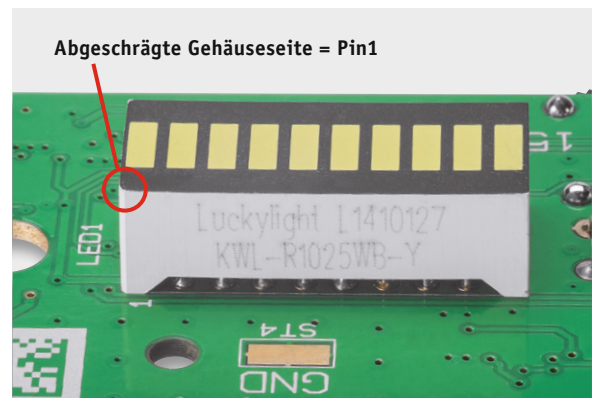


Bild 5: Die Polung der LED-Anzeige ist an der abgeschrägten Gehäusekante an Pin 1 zu erkennen.

Montagevideo

#1398

QR-Code scannen oder Web-Code im Web-Shop eingeben

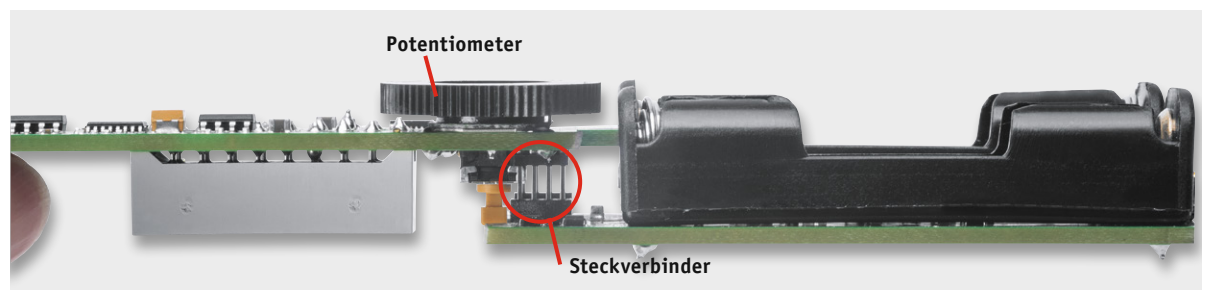


Bild 6: So werden die beiden Platinen zusammengesteckt.





Bild 7: Innenleiter und Abschirmung der Messleitung werden gemeinsam verlötet und parallel geführt.

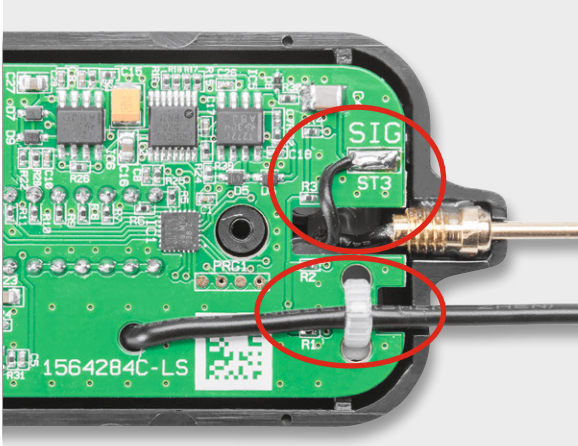


Bild 8: Hier sind die auf der Platine verlötete und fixierte Messleitung sowie die Verlegung und der Anschluss der Leitung zur Messspitze zu sehen.

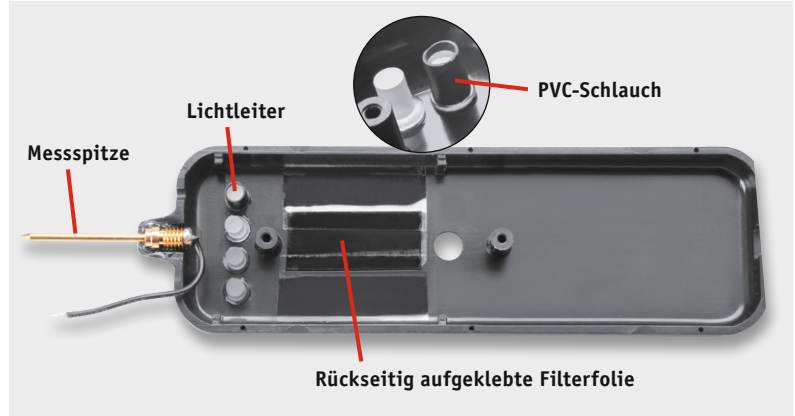


Bild 9: Das Abschirmen der Lichtleiter bzw. LEDs gegen seitliche Abstrahlung erfolgt mit einem darüber gezogenen PVC-Schlauch. Hier ebenfalls zu sehen: die auf die Sichtscheibe aufgeklebte Filterfolie.

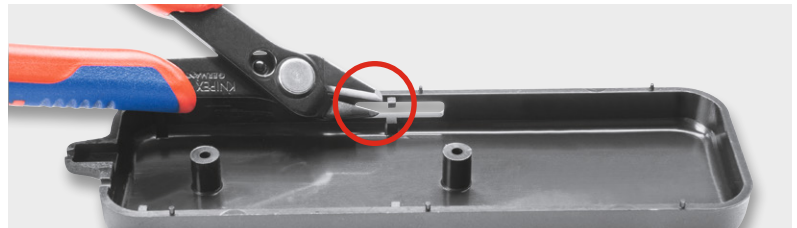


Bild 10: Im Gehäuseunterteil ist ein hervorstehender Gehäusenippel mit dem Seitenschneider zu entfernen.



## Weitere Infos:

- [1] Erklärung Dezibel  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Bel\\_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Bel_(Einheit))  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Logarithmische\\_Größe](https://de.wikipedia.org/wiki/Logarithmische_Größe)

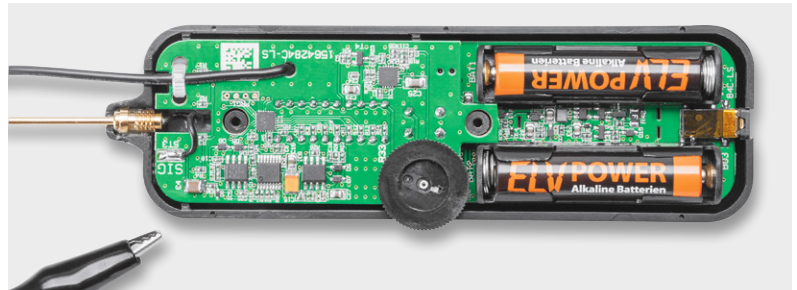


Bild 11: Komplett in das Gehäuse eingebautes Gerät, hier betriebsfertig mit Batterien

### Umrechnung Volt in dBV

Die Einheit Bel kennzeichnet ein logarithmisches Maß und stellt das Verhältnis zweier Größen zueinander dar. Das Bel (Einheitenzeichen B) ist eine nach Alexander Graham Bell benannte Hilfsmaßeinheit zur Kennzeichnung von Pegeln und Maßen (siehe Logarithmische Größe [1]). Diese Größen finden ihre Anwendung u. a. in der Elektrotechnik für Dämpfung und in der Akustik. In der Regel wird statt des Bel das Dezibel (Einheitenzeichen dB) verwendet, also der zehnte Teil eines Bel (Dekadisch [1]).

Das Bel oder Dezibel alleine stellt nur das Verhältnis ohne eine Bezugsgröße dar. In der Elektrotechnik wird das Dezibel oft für die Verstärkung bzw. Dämpfung herangezogen und durch einen Anhang gekennzeichnet. Was fehlt, ist der Bezug zu einer Einheit. Deshalb stellt man hinter den dB-Wert eine Einheit wie z. B. dBV, dBµV oder dBu. Hier wird der Bezugswert genannt.

0 dBV = 1 V  
 0 dBu = 0,775 V  
 0 dBµV = 1 µV

Ein positiver Wert stellt die Verstärkung und ein negativer Wert die Dämpfung dar. Es wird dabei zwischen Spannungsverstärkung und Leistungsverstärkung unterschieden. Die Spannungsverstärkung errechnet sich wie folgt:

$$L = 20 * \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \text{ dB} * 1V$$

Level (mit Bezug 0 dB = 1 V) = dBV

$V_{OUT}$  = Ausgangsspannung

$V_{IN}$  = Eingangsspannung

1 V = Bezugswert dBV

Das Verhältnis von  $V_{OUT}/V_{IN}$  gibt den Verstärkungs- bzw. Dämpfungsfaktor an. Eine Verstärkung um 6 dB ist somit eine Verdopplung. Eine Dämpfung ergibt negative Werte. Die Dämpfung von -20 dB entspricht einer Dämpfung um das Zehnfache. Bei Spannungsangaben wird immer der Effektivwert angegeben.



safilm) im Gehäuse fixiert, siehe Bild 9. Im Gehäuseunterteil ist, wie in Bild 10 dargestellt, noch ein kleiner Kunststoffnippel zu entfernen. Nun kann die Geräteeinheit, bestehend aus den beiden Platinen, in das Gehäuseoberteil eingesetzt werden. Die Anschlussleitung der Messleitung wird anschließend am Platinenanschlusspunkt ST3 angelötet. Hierzu

kann man das Leitungsstück am besten zu einer kleinen Schlaufe legen (siehe Bild 8). Nach dem Einlegen von zwei AAA-Batterien, wie in Bild 11 zu sehen, ist zum Abschluss des Aufbaus das Gehäuseunterteil aufzusetzen und zu verschrauben. **ELV**

Stückliste

|                               |  |               |
|-------------------------------|--|---------------|
| <b>Widerstände:</b>           |  |               |
| 10 Ω/SMD/0402                 |  | R38, R43      |
| 220 Ω/SMD/0402                |  | R5–R14        |
| 1 kΩ/SMD/0402                 | R1–R4, R25, R37, R44                           |               |
| 2,2 kΩ/SMD/0402               |  | R18           |
| 10 kΩ/SMD/0402                | R19, R20, R22, R23, R26–R29, R34–R36, R42, R45 |               |
| 12 kΩ/SMD/0402                |  | R21           |
| 15 kΩ/SMD/0402                |  | R32           |
| 22 kΩ/SMD/0402                |  | R17           |
| 33 kΩ/SMD/0402                |  | R30           |
| 47 kΩ/SMD/0402                |  | R24           |
| 220 kΩ/SMD/0402               |  | R16, R46      |
| 390 kΩ/SMD/0402               |  | R39, R41, R47 |
| 1 MΩ/SMD/0402                 |  | R31           |
| 2,2 MΩ/SMD/0402               |  | R15           |
| Trimmer/10 kΩ/THT             |  | R33           |
| Polyswitch/6 V/0,5 A/SMD/1206 |  | R40           |
| <b>Kondensatoren:</b>         |  |               |
| 22 pF/50 V/SMD/0402           |  | C13           |
| 1 nF/50 V/SMD/0402            |  | C6            |
| 100 nF/16 V/SMD/0402          | C1, C5, C9, C10, C17, C18, C24, C26, C28       |               |
| 1 µF/16 V/SMD/0402            | C2, C3, C7, C8, C11, C19, C21                  |               |
| 3,3 µF/50 V/SMD/3225          |  | C4            |
| 10 µF/16 V/SMD/0805           | C12, C14, C16, C20, C22, C23, C27              |               |
| 22 µF/10 V                    |  | C15           |
| 22 µF/16 V/SMD/1206           |  | C25           |

|  |                                   |              |
|--|-----------------------------------|--------------|
| <b>Halbleiter:</b>   |                                   |              |
| ELV151435/SMD  |                                   | IC1          |
| CD74HC4052PW/TSSOP16                                       |                                   | IC2          |
| MAX4409ETP/SMD   |                                   | IC3          |
| TPS61040DBV/SMD/TI   |                                   | IC4          |
| TLV272ID/SOIC8   |                                   | IC5, IC6     |
| IRLML6401/SMD  |                                   | T1, T2       |
| BC847C/SMD   |                                   | T3           |
| IRLML2502PbF/SMD   |                                   | T4           |
| BAT54J/SMD   | D5–D7, D9, D10, D12, D13, D15–D17 |              |
| PESD3V3S1UB/SMD  |                                   | D8, D11, D14 |
| LED/rot/SMD/0603   |                                   | D1–D4        |
| LED/10-Segment-Bargraph-Anzeige/weiß                       |                                   | LED1         |
| <b>Sonstiges:</b>  |                                   |              |
| Speicherdrossel, SMD, 6,8 µH/0,94 A                        |                                   | L1           |
| Batteriehalter für eine Microzelle                         |                                   | BAT1, BAT2   |
| Buchsenleiste, 2x 4-polig, SMD                             |                                   | BU1, BU2     |
| Klinkenbuchse, 3,5 mm, 4-polig, SMD                        |                                   | BU3          |
| Stiftleiste, 2x 4-polig, 7,7 mm, gerade, RM = 1,27 mm, SMD |                                   | ST1, ST2     |
| Mini-Drucktaster, 1x ein, 7,3 mm Höhe                      |                                   | TA1          |
| Tastkappe, rund, 6 mm, schwarz                             |                                   | TA1          |
| Abgreifklemme, isoliert, schwarz                           |                                   |              |
| Farbfilterfolie Neutral Density                            |                                   |              |
| Kabelbinder, 71 x 1,8 mm                                   |                                   |              |
| 4 cm PVC-Isolierschlauch, ø 3,5 mm, schwarz                |                                   |              |
| 50 cm abgeschirmte Leitung, 1 x 0,22 mm <sup>2</sup>       |                                   |              |
| 6 cm flexible Gummileitung, 1-adrig, schwarz               |                                   |              |
| Tastkopfgehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt         |                                   |              |

Bei Leistungsangaben in Dezibel wird ein anderer Faktor verwendet und als Bezug der Anhang m oder W verwendet.

0 dBm = 1 mW

0 dBW = 1 W

Die folgende Formel stellt das Verhältnis von Leistungsangaben dar:

$$L_{(P)} = 10 * \frac{P_{out}}{P_{in}} dB * 1mW$$

L<sub>(P)</sub> = Level (Leistung) mit Bezug 0 dB = 1 mW = dBm

P<sub>OUT</sub> = Ausgangsleistung

P<sub>IN</sub> = Eingangsleistung

1 mW = Bezugswert dBm

Angaben in Dezibel erleichtern die Berechnung bei z. B. mehreren Verstärkerstufen, die hintereinander geschaltet sind, da die dB-Werte einfach addiert werden können. Aber auch die Darstellung von sehr vielen Werten in einer Skala auf einer Anzeige ist dabei möglich. Die folgende Tabelle führt die Daten für einige dB-Werte und die daraus resultierenden Spannungen auf:

Tabelle

| Dezibel | Faktor | Spannung (eff) |
|---------|--------|----------------|
| 20 dB   | 10     | 10,00 V        |
| 10 dB   | ≈ 3,16 | 3,16 V         |
| 6 dB    | ≈ 2    | 2,00 V         |
| 3 dB    | ≈ 1,41 | 1,41 V         |
| 1 dB    | ≈ 1,12 | 1,12 V         |
| 0 dB    | 1      | 1,00 V         |
| -1 dB   | ≈ 0,89 | 0,89 V         |
| -3 dB   | ≈ 0,71 | 0,71 V         |
| -6 dB   | ≈ 0,5  | 0,50 V         |
| -10 dB  | ≈ 0,32 | 0,32 V         |
| -20 dB  | 0,1    | 0,10 V         |
| -40 dB  | 0,01   | 0,01 V         |
| -60 dB  | 0,001  | 0,001 V        |