



Reagiert auf prägnante Geräusche – Geräuschdetektor-Schaltmodul

Mithilfe des Schaltmoduls ist es möglich, auf prägnante Geräusche mit der Aktivierung von Schaltausgängen bzw. optional mit der Aussendung von FS20-Befehlen zu reagieren. Neben der minimalen Lautstärke und der Signaldauer, die zum Schalten der Open-Drain-Ausgänge benötigt werden, kann zusätzlich ein Bandpassfilter so eingestellt werden, dass eine Reaktion auf bestimmte Geräusche wie Klatschen oder Pfeifen ermöglicht wird.

Pfeif drauf!

Diese freche Bemerkung kann man hier wörtlich nehmen: Ein kurzer Pfiff, und es wird z. B. das Licht eingeschaltet. Oder man klatscht in die Hände, und das Fernsehgerät wird eingeschaltet. Denkbar ist auch der Einsatz im Kinderzimmer. Solange das Baby sich nur bewegt oder leise Töne von sich gibt, ist alles in Ordnung. Fängt es an zu weinen, springt der Geräuschmelder an, schaltet das Licht an und ruft per Funk die Eltern herbei. Derlei Einsatzfälle gibt es zuhauf.

Unser Geräuschdetektor ist auf die verschiedensten Einsatzfälle abstimmbare, da er über zahlreiche Einstellmöglichkeiten und Optionen verfügt. Ein wichtiges Kriterium ist die Ansprech-Lautstärke, sodass eben nur entsprechend laute Geräusche detektiert werden. Auch die einstell-

bare Signaldauer, d. h., das auszuwertende Geräusch muss länger sein als die eingestellte Dauer, lässt eine weitere Differenzierung zu. Schließlich erlaubt ein in mehreren Stufen einstellbarer Bandpassfilter, nur auf Geräusche in bestimmten Frequenzbereichen zu reagieren. Alle 3 Maßnahmen zusammen lassen eine recht genaue Einstellung des Geräts auf ein bestimmtes Geräusch zu.

Zur Signalisierung eines empfangenen Geräusches werden 3 Schaltausgänge so angesteuert, dass neben einem dauerhaften Signal auch jeweils ein Impuls am Anfang und Ende des Geräusches ausgegeben wird. Muss ein angeschlossenes Gerät mit Spannung versorgt werden, ist dies vom Geräuschdetektor aus möglich, sodass man in vielen Fällen kein zusätzliches Netzteil bemühen muss.

Die Schaltausgänge können nach dem Nachrüsten eines optionalen FS20-Sendermoduls FS20 S8M zur Ansteuerung dieses Senders herangezogen werden, also Ein- und Ausschaltbefehle erzeugen. Damit ist das Gerät nahtlos in die Welt der FS20-Aktoren einreihbar, und man kann etwa so ohne Gefahr bequem per Funk Netzlasten schalten, ohne selbst einen solchen Netzlastschalter bauen zu müssen.

Beschäftigen wir uns nun zunächst mit der Bedienung des Geräts. Dabei lernen wir die Möglichkeiten des Geräuschdetektors noch detaillierter kennen.

Technische Daten

Kurzbezeichnung:	GDS1
Versorgungsspannung:	6–12 V _{DC}
Stromaufnahme:	max. 20 mA (ohne FS20 S8M) max. 40 mA (mit FS20 S8M)
Ausgangsstrom Anschluss UB:	max. 0,5 A
Schaltvermögen Open-Drain-Ausgänge A1, A2, A3:	12 V/0,5 A
Funk-Sendefrequenz (optional):	868,35 MHz
Aderquerschnitt für Zuleitungen:	0,2–1,5 mm ²
Maximale Länge der Zuleitungen:	1,0 m
Umgebungstemperatur:	0 °C bis 35 °C
Schutzart:	IP 20
Abm. (B x H x T):	143 x 25 x 58 mm
Gewicht:	112 g

Bedienung

Das Geräuschdetektor-Schaltmodul ist, wie bereits erwähnt, in der Lage, auf eine einstellbare Frequenz eines Audiosignals zu reagieren und die Ausgänge daraufhin zu schalten. Da es im Umfeld des Aufstellorts meist jedoch viele Störgeräusche gibt, bietet der GDS1 einige Möglichkeiten, diese Störgeräusche herauszufiltern.

Mittenfrequenz des Bandpasses

Je nach verwendetem Audiosignal enthält dieses unterschiedliche Frequenzen. So liegen Männerstimmen meist mit ihrem Grundton im Bereich von 100–200 Hz. Frauenstimmen sind hingegen höherfrequent und liegen meist zwischen 200 und 300 Hz, Kinderstimmen sogar bei 400 Hz. Dem gegenüber steht z. B. ein vom Menschen erzeugter Pfeifton, der im Bereich von 1000 bis 2000 Hz liegen kann.

Mithilfe der seitlich am Gerät angeordneten DIP-Schalter 1–3 kann die gewünschte Mittenfrequenz eingestellt werden (Tabelle 1).

Güte des Bandpasses

Die Güte eines Bandpasses gibt an, wie stark die Frequenzen unter- und oberhalb der Mittenfrequenz gedämpft werden. Je höher die Güte eines Bandpasses ist, desto geringer ist der Bereich der Frequenzen, die mit einer Verstärkung oberhalb von -3 dB durch den Filter durchgelassen werden (Bandbreite eines Filters), sodass von der Mittenfrequenz abweichende Frequenzen (Störsignale) stärker herausgefiltert werden. Bei der Einstellung des Geräts sollte jedoch zunächst mit einer geringen Güte begonnen werden und diese anschließend schrittweise erhöht werden. Eine hohe Güte kann im Extremfall sogar dafür sorgen, dass das gewünschte Audiosignal nicht erfasst wird, falls es nicht exakt der eingestellten Mittenfrequenz entspricht. Das kommt bei vom Menschen erzeugten Pfeiftönen durchaus vor: Statt des „passenden“ Pfeiffs mit hoher Frequenz bringt man womöglich gerade nur ein wesentlich leiseres und niederfrequenteres Pfeifen heraus, und das Gerät reagiert nicht.

Die Güte des Bandpasses kann mithilfe der seitlich am Gerät angeordneten DIP-Schalter 7 und 8 entsprechend Tabelle 1 eingestellt werden.

Minimale Lautstärke

Häufig ist die Lautstärke des vorgegebenen akustischen Signals deutlich höher als die der umliegenden Störgeräusche. Mithilfe des Trimmers „Lautstärke“ kann die minimale Signalstärke vorgegeben werden, bei der der GDS1 reagieren soll. Je weiter der Trimmer in Richtung des maximalen Anschlags gedreht wird, desto lauter muss auch das akustische Signal sein, auf das der Geräuschdetektor reagieren soll.

Minimale Signaldauer

Neben der minimalen Lautstärke kann auch die minimale Signaldauer definiert werden. Mithilfe des Trimmers „Signaldauer“ kann der Wert zwischen wenigen Millisekunden und 2 Sekunden eingestellt werden. Für eine Reaktion des GDS1 muss somit das akustische Signal für die eingestellte Signaldauer lauter sein als die eingestellte minimale Lautstärke.

Auswahl des passenden Audiosignals

Durch die Einstellung der Mittenfrequenz, der Güte, der minimalen Lautstärke und Signaldauer kann ein Großteil der Störgeräusche herausgefiltert werden. Trotzdem ergeben sich bei der Auswahl des passenden akustischen Signals ein paar Kriterien. So sollte ein Signal verwendet werden, welches nicht schon anderweitig bzw. häufig benutzt wird, da dieses natürlich dazu führen kann, dass es häufig zu Fehlschaltungen kommt. Auch sind Signale zu vermeiden, die einem umliegenden Störgeräusch sehr stark ähneln. Außerdem ist das Geräuschdetektor-Schaltmodul nicht darauf ausgelegt, als Spracherkennung zu dienen, da das Gerät nicht den zeitlichen Frequenzverlauf betrachtet. Natürlich können einzelne markant gesprochene Wörter als Signal dienen, jedoch besteht die Möglichkeit, dass andere Wörter, die ein ähnliches Frequenzverhalten zeigen, ebenfalls das Schaltmodul auslösen.

Bei Tests haben sich im Wesentlichen 2 verschiedene Signalarten hervorgehoben, die als Signal geeignet sind: zum einen ein einfaches Klatschen, zum anderen ein Pfeifton.

Der Vorteil des Klatschens liegt in seiner Signalstärke, die meist deutlich höher ist als umliegende Störgeräusche. Im Frequenzbereich zeigt ein Klatschen ein Verhalten ähnlich einem sogenannten Dirac-Impuls, bei dem alle Frequenzen die gleiche Amplitude aufweisen. Um ein solches Klatschen auszuwerten, wird der Trimmer für die Signaldauer in den Bereich des minimalen Anschlags gestellt und der Trimmer für die Signalstärke in Richtung des maximalen Anschlags gedreht, wobei sich die genaue Position nach der Lautstärke des Klatschens richtet. Je lauter das Klatschen ist und je weiter der Trimmer entsprechend verstellt wird, desto weniger anfällig wird der GDS1 gegen Störgeräusche.

Im Gegensatz dazu steht der Pfeifton, welcher sich nahezu nur aus einer einzigen Frequenz zwischen 1000 und 2000 Hz zusammensetzt und

länger dauert als ein Klatschen, dafür jedoch meist etwas leiser ist. Um ein solches Pfeifen auszuwerten, wird zunächst der Trimmer für die Signalstärke in Richtung des minimalen Anschlags und der Trimmer für die Signaldauer in Richtung des maximalen Anschlags gedreht. Des Weiteren wird mithilfe der seitlichen Bandpass-Schalter eine Frequenz zwischen 1000 und 2000 Hz eingestellt (Tabelle 1). Die Güte des Bandpasses sollte zunächst auf „niedrig“ eingestellt werden. Je länger das Pfeifen und je weiter der Trimmer für die Signallänge entsprechend verstellt wird, desto weniger anfällig wird der GDS1

Einstellung DIP-Schalter S1

0: aus (off), 1: ein (on), X: egal (don't care)

Schalter 1	Schalter 2	Schalter 3	Schalter 7	Schalter 8	Funktion
0	0	0	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 100 Hz
1	0	0	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 200 Hz
0	1	0	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 300 Hz
1	1	0	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 400 Hz
0	0	1	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 500 Hz
1	0	1	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 1000 Hz
0	1	1	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 1500 Hz
1	1	1	X	X	Bandpass-Mittenfrequenz ca. 2000 Hz
X	X	X	0	0	Bandpass-Güte „niedrig“
X	X	X	1	0	Bandpass-Güte „mittel“
X	X	X	0	1	Bandpass-Güte „hoch“
X	X	X	1	1	Bandpass-Güte „sehr hoch“

gegen Störgeräusche. Wurde die richtige Einstellung der Frequenz und der Signaldauer gefunden, kann versucht werden, die Schaltung durch Erhöhen der Güte des Bandpasses noch resistenter gegen Störungen zu machen (Tabelle 1).

Ausgänge

Insgesamt verfügt der GDS1 über 3 Open-Drain-Ausgänge an der Klemmleiste KL1. Zusätzlich steht die am Gerät anliegende Versorgungsspannung zwischen 6 und 12 V_{DC} ebenfalls an der Klemmleiste für die Versorgung nachfolgender Schaltungsteile zur Verfügung. Beim Anschluss der Leitungen an die Klemmleiste sind auf jeden Fall das in den technischen Daten angegebene Schaltvermögen der Open-Drain-Ausgänge, der Aderquerschnitt, die maximale Länge der Zuleitung und der maximale Ausgangsstrom zu beachten.

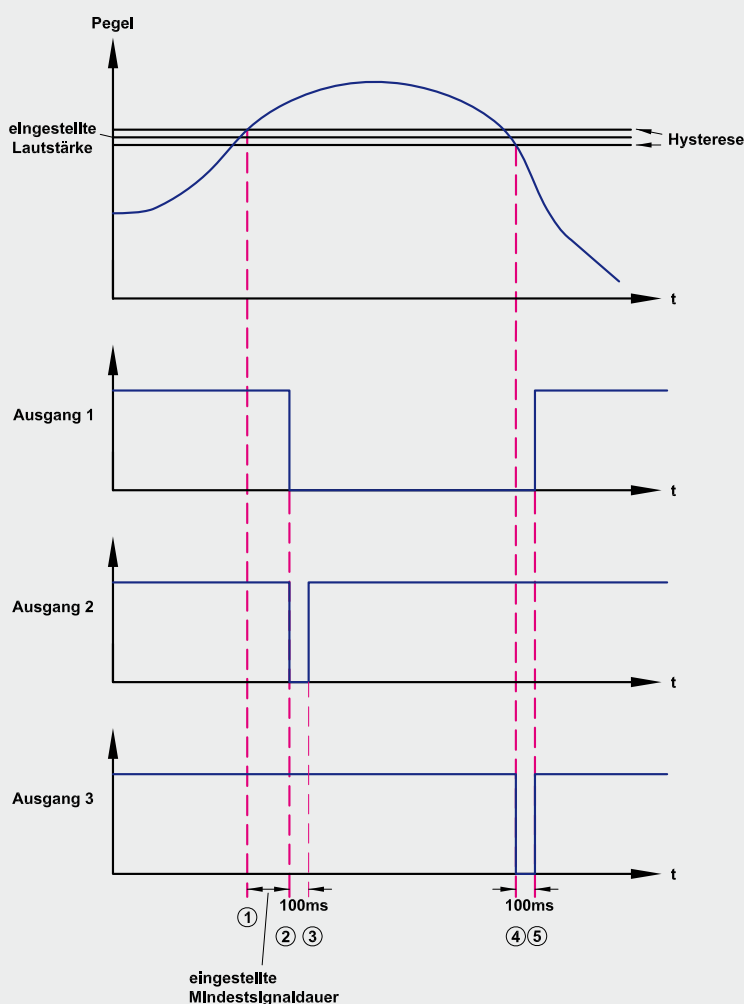


Bild 1: Das Schaltverhalten der Schaltausgänge entsprechend des Geräuschverlaufs

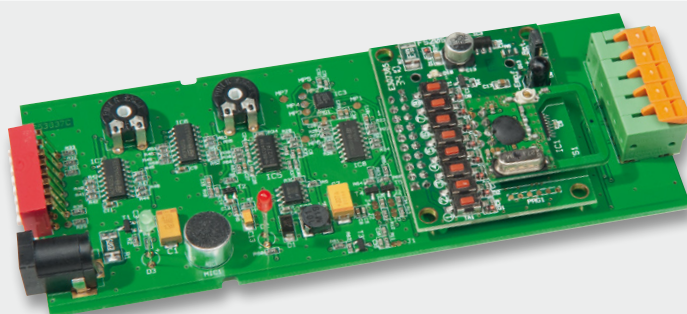


Bild 2: Die Platine des GDS1 mit zusätzlich eingesetztem Sendermodul FS20 S8M

Die 3 Open-Drain-Ausgänge werden entsprechend Bild 1 geschaltet. Überschreitet der Pegel des Audiosignals die eingestellte minimale Lautstärke (1), beginnt der GDS1 mit der Zeitmessung. Verbleibt der Signalpegel für die Zeit der eingestellten minimalen Signaldauer oberhalb der Lautstärkeschwelle, werden die Ausgänge 1 und 2 gegen Masse gezogen (2). Nach weiteren 100 ms wird der Ausgang 2 wieder geöffnet (3). Unterschreitet der Pegel des Audiosignals nun wieder die eingestellte minimale Lautstärke, wird zunächst der Ausgang 3 gegen Masse gezogen (4). Nach weiteren 100 ms werden der Ausgang 3 und auch der Ausgang 1 wiederum geöffnet (5).

Der Ausgang 1 ist somit während der gesamten Signaldauer durchgeschaltet. Der Ausgang 2 erzeugt einen 100-ms-Impuls zu Beginn eines schaltenden Audiosignals und der Ausgang 3 entsprechend einen 100-ms-Impuls am Ende eines schaltenden Audiosignals.

Wer auf die extern benötigten Pull-up-Widerstände verzichten möchte, kann mithilfe der Jumper J1, J2 und J3 an die 3 Open-Drain-Ausgänge interne Pull-up-Widerstände von jeweils 10 k Ω gegen die auch an der Klemmleiste anliegende Versorgungsspannung zuschalten.

Optionale FS20-Funktionalität

Neben der Klemmleiste zum Anschluss von externen Leitungen bietet der GDS1 die Möglichkeit, ein FS20-Sendemodul vom Typ FS20 S8M zu montieren (Bild 2). Mithilfe des Jumpers J4 kann der Kanal 1 des FS20 S8M mit dem Ausgang 2 verbunden werden, sodass zu Beginn eines schaltenden Audiosignals der mit dem Kanal verknüpfte Befehl gesendet wird. Entsprechend kann mit dem Jumper J5 der Kanal 2 des FS20-Sendemoduls mit dem Ausgang 3 verbunden werden, sodass am Ende eines schaltenden Audiosignals der entsprechend verknüpfte Befehl gesendet wird. Zum Betrieb mit dem FS20-Sendemodul werden an den Eingängen des Moduls zusätzlich Pull-up-Widerstände benötigt. Diese können entweder durch externe Widerstände an der Klemmleiste oder durch internes Brücken der Jumper J2 und J3 und Nutzung der auf der Platine vorhandenen R12/R13 realisiert werden.

Schaltung

Die Schaltung des Geräuschdetektor-Schaltmoduls (Bild 3 a und 3 b) unterteilt sich insgesamt in 3 Schaltungsteile: Spannungsversorgung, analoge Eingangsschaltung und digitale Ausgangsschaltung.

Bei der Spannungsversorgung wird die angeschlossene Gleichspannung (6–12 V_{DC}) zunächst über den PTC-Thermistor R1 (Überstromsicherung) und den Mosfet T1 (Verpolungsschutz) auf den Schaltregler IC2 geführt. Die Kondensatoren C1–C3 dienen dabei zur Stabilisierung der Eingangsspannung des Schaltreglers. Entsprechend wird die Ausgangsspannung mithilfe der Kondensatoren C5–C7 und der Spule L1 gefiltert und stabilisiert. Mithilfe des aus R3 und R5 bestehenden Spannungsteilers wird die Ausgangsspannung auf einen Wert von ca. 3,3 V festgelegt. Die Diode D1 sorgt dafür, dass sich die Spule L1 während der Ausschaltzeit des Schaltreglers entladen kann. Die grüne

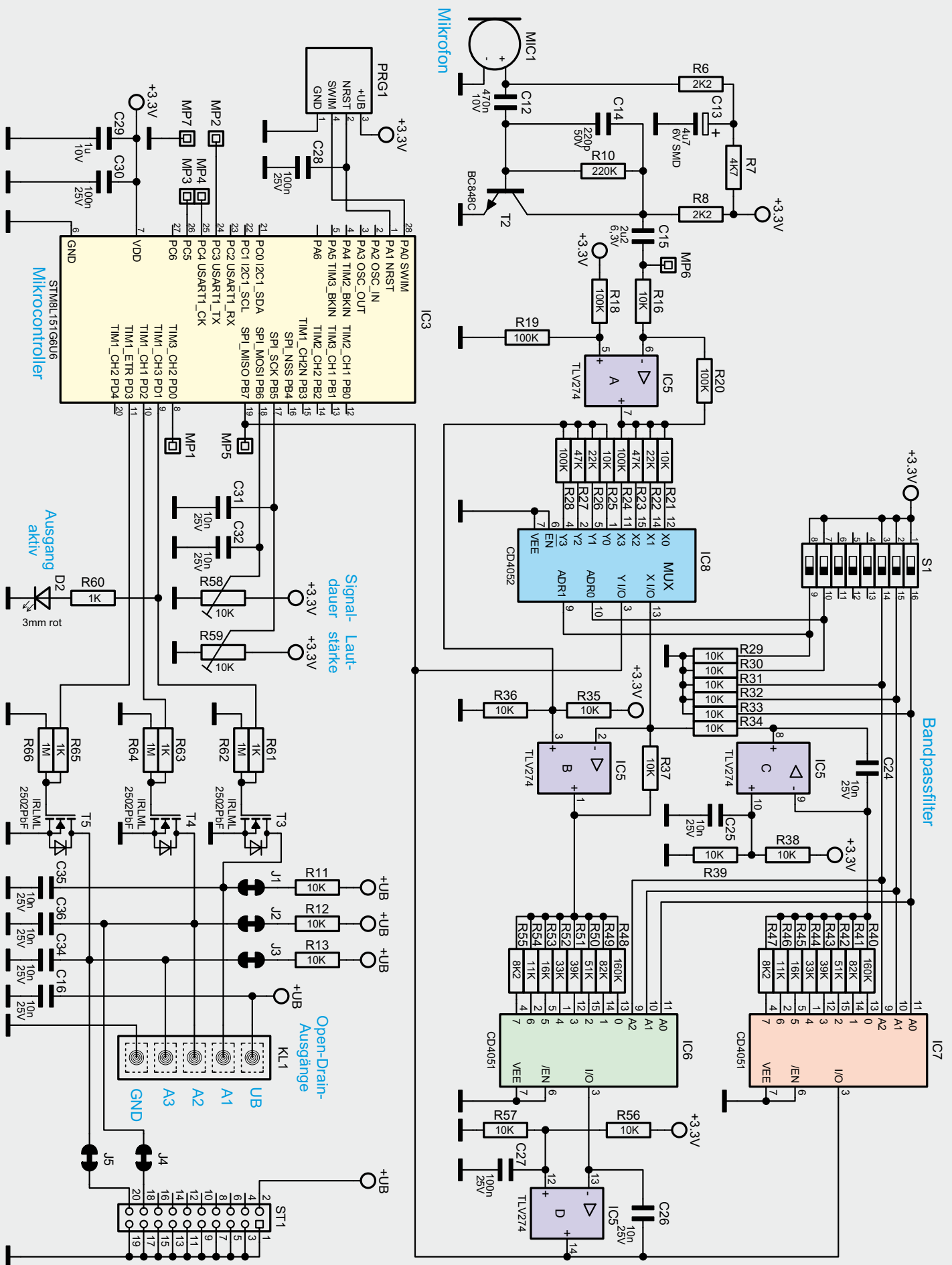


Bild 3a: Schaltung: oben Signalaufbereitung und Filterung, unten der verarbeitende Prozessor und die Schaltstufen

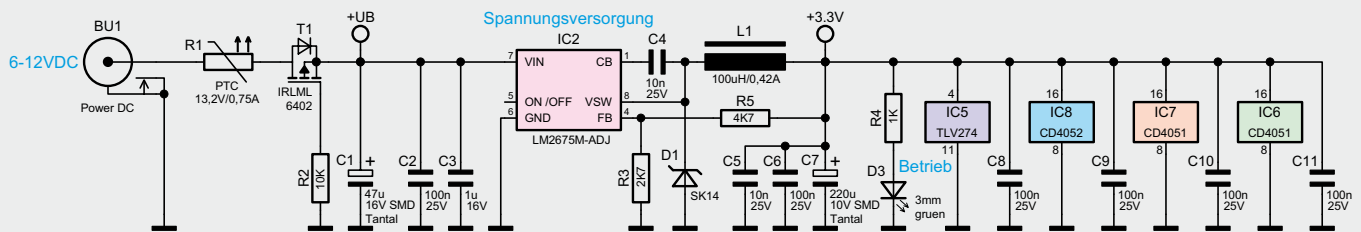


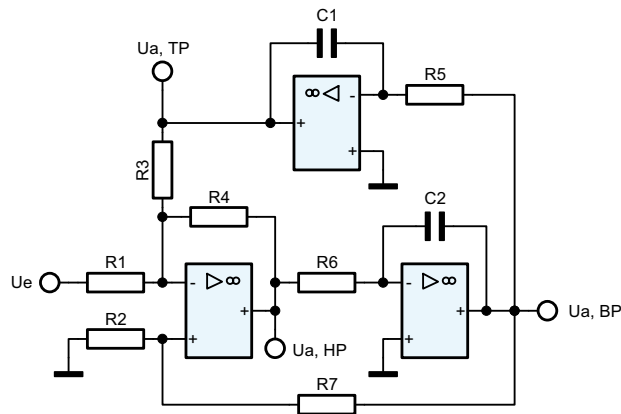
Bild 3b: Schaltbild der Spannungsversorgung

LED D3 dient zur Signalisierung des Betriebs und leuchtet dauerhaft bei angelegter Versorgungsspannung.

Bei der analogen Eingangsschaltung werden zunächst die vom Mikrofon MIC1 kommenden Signale mithilfe des Transistors T2 verstärkt und auf die folgende Operationsverstärkerschaltung gegeben. Am ersten Operationsverstärker IC5A wird das Mikrofonsignal um den Faktor 10 verstärkt und um die halbe Betriebsspannung angehoben. Die 3 folgenden Operationsverstärker IC5B, IC5C und IC5D bilden zusammen einen Zustandsvariablenfilter nach Kerwin-Huelsman-Newcomb (siehe Elektronikwissen), wobei sich am Ausgang von IC5D ein bandpassgefiltertes Signal ergibt. Zur Einstellung der Mittenfrequenz und Güte des Bandpasses dient der DIP-Schalter S1, durch den die entsprechenden Widerstände innerhalb der Schaltung mithilfe der Multiplexer IC6, IC7 sowie IC8 verändert werden. Die Mittenfrequenz ergibt sich dabei durch die mithilfe der Multiplexer IC6 und IC7 ausgewählten Widerstände, wobei beide Widerstände

den gleichen Wert haben müssen. Dies wird durch die parallele Verschaltung der beiden Multiplexer mit dem DIP-Schalter S1 realisiert. Des Weiteren sind die durch den Multiplexer IC8 ausgewählten Widerstände verantwortlich für die Güte des Bandpasses und ebenfalls mithilfe des DIP-Schalters S1 verstellbar. Das am Ausgang des Bandpassfilters anliegende Signal wird anschließend auf den Mikrocontroller IC3 gegeben.

Dieser digitalisiert das anliegende Audiosignal und wertet es entsprechend den an den Trimmern R58 und R59 anliegenden Werten aus. Mithilfe der 3 Mosfets T3–T5 werden die an der Klemme KL1 angeschlossenen Leitungen gegen Masse gezogen (siehe Bedienung bzgl. zeitlichen Verhaltens). Optional wird mithilfe der Mosfets T4 und T5 ein an die Stiftleiste ST1 an-



Zustandsvariablenfilter nach Kerwin-Huelsman-Newcomb

Innerhalb der Schaltung des Geräuschdetektor-Schaltmoduls wird ein sogenannter Zustandsvariablenfilter nach Kerwin-Huelsman-Newcomb verwendet. Die allgemeine Form des Filters ist oben zu sehen. Vorteil dieses Filters ist, dass er die Möglichkeit bietet, ein Eingangssignal gleichzeitig als Tiefpass, Hochpass und Bandpass zu filtern. Des Weiteren bietet der Filter den Vorteil, die Parameter Verstärkung, Güte und Grenz-/Mittenfrequenz unabhängig voneinander verstellen zu können. Bei klassischen Filtern hat eine Veränderung z. B. der Bandpass-Güte ebenfalls eine Verschiebung der Mittenfrequenz zur Folge, sodass eine allgemeine Anpassung der Bauteile nötig wird. Rechts sind die Formeln der einzelnen Filter angegeben, wobei zur Vereinfachung der Formeln einige der jeweils angegebenen Bedingungen zu beachten sind.

Bedingungen:

$$\begin{aligned} R_3 &= R_4 \\ R_5 &= R_6 \\ C_1 &= C_2 \end{aligned} \quad \tau = R_5 C_1 = R_6 C_2 \quad k = \frac{R_4 + 2}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$$

Tiefpass:

$$H_{TP}(s) = A_{TP} \cdot \frac{1}{s^2 \tau^2 + k s \tau + 1}$$

$$\text{Verstärkung: } A_{TP} = -\frac{R_4}{R_1}$$

$$\text{Grenzfrequenz: } f_{TP} = \frac{1}{2\pi \cdot \tau} \quad \text{für } k=2$$

Hochpass:

$$H_{HP}(s) = A_{HP} \cdot \frac{s^2 \tau^2}{s^2 \tau^2 + k s \tau + 1}$$

$$\text{Verstärkung: } A_{HP} = -\frac{R_4}{R_1}$$

$$\text{Grenzfrequenz: } f_{HP} = \frac{1}{2\pi \cdot \tau} \quad \text{für } k=2$$

Bandpass:

$$H_{BP}(s) = A_{BP} \cdot \frac{k s \tau}{s^2 \tau^2 + k s \tau + 1}$$

$$\text{Verstärkung: } A_{BP} = \frac{R_4}{R_1} \cdot \frac{1}{k}$$

$$\text{Güte: } Q = \frac{1}{k}$$

$$\text{Mittenfrequenz: } f_{BP} = \frac{1}{2\pi \cdot \tau}$$

geschlossener FS20 S8M angesteuert. Die rote LED D2 dient zur Signalisierung, dass ein zum Schalten der Ausgänge ausreichendes Audiosignal erfasst wurde.

Nachbau

Aufgrund der bereits vorbestückten SMD-Komponenten sind beim GDS1 nur noch wenige bedrahtete Bauteile zu verbauen. Dabei zieht man das Platinfoto sowie den Bestückungsplan (Bild 4), die Stückliste und den Bestückungsdruck als Hilfe heran.

Im ersten Schritt werden die beiden Trimmer R58 und R59 in die Platine eingesetzt und verlötet. Es folgen das Mikrofon MIC1, die DC-Buchse BU1, der 8-polige DIP-Schalter S1 und die Klemmleiste KL1, wobei darauf zu achten ist, dass diese Bauteile plan auf der Platine aufliegen. Im nächsten Schritt werden die beiden LEDs D2 und D3 mit einem Abstand von 13 mm von der Platine montiert (Bild 6). Wenn die

Lötarbeiten abgeschlossen sind, sollten die verlöteten Anschlüsse mit einem Seitenschneider gekürzt werden, um später Kratzer an der Unterschale des Gehäuses zu vermeiden.

Soll das FS20-Sendermodul FS20 S8M zum Einsatz kommen, ist bei diesem zunächst der Batteriehalter zu entfernen. Ein Betrieb des FS20 S8M mit Batterie innerhalb des GDS1 ist nicht gestattet. Daher ist der Jumper J1 auf dem FS20 S8M auf „Ext.“ zu setzen. Anschließend ist das Sendemodul, wie in Bild 2 zu sehen, mit seiner Steckerleiste so in die Platine (ST1) einzusetzen, dass der Kunststoffkörper der Steckerleiste auf der Platine aufliegt. Danach werden alle Anschlüsse auf der Platinenunterseite verlötet.

Bevor die Platine nun in das Gehäuse eingesetzt wird, werden zunächst die beiden Steckachsen auf die Trimmer aufgesteckt. Dabei sollten die Steckachsen so aufgesetzt werden, dass der sichtbare Pfeil auf der

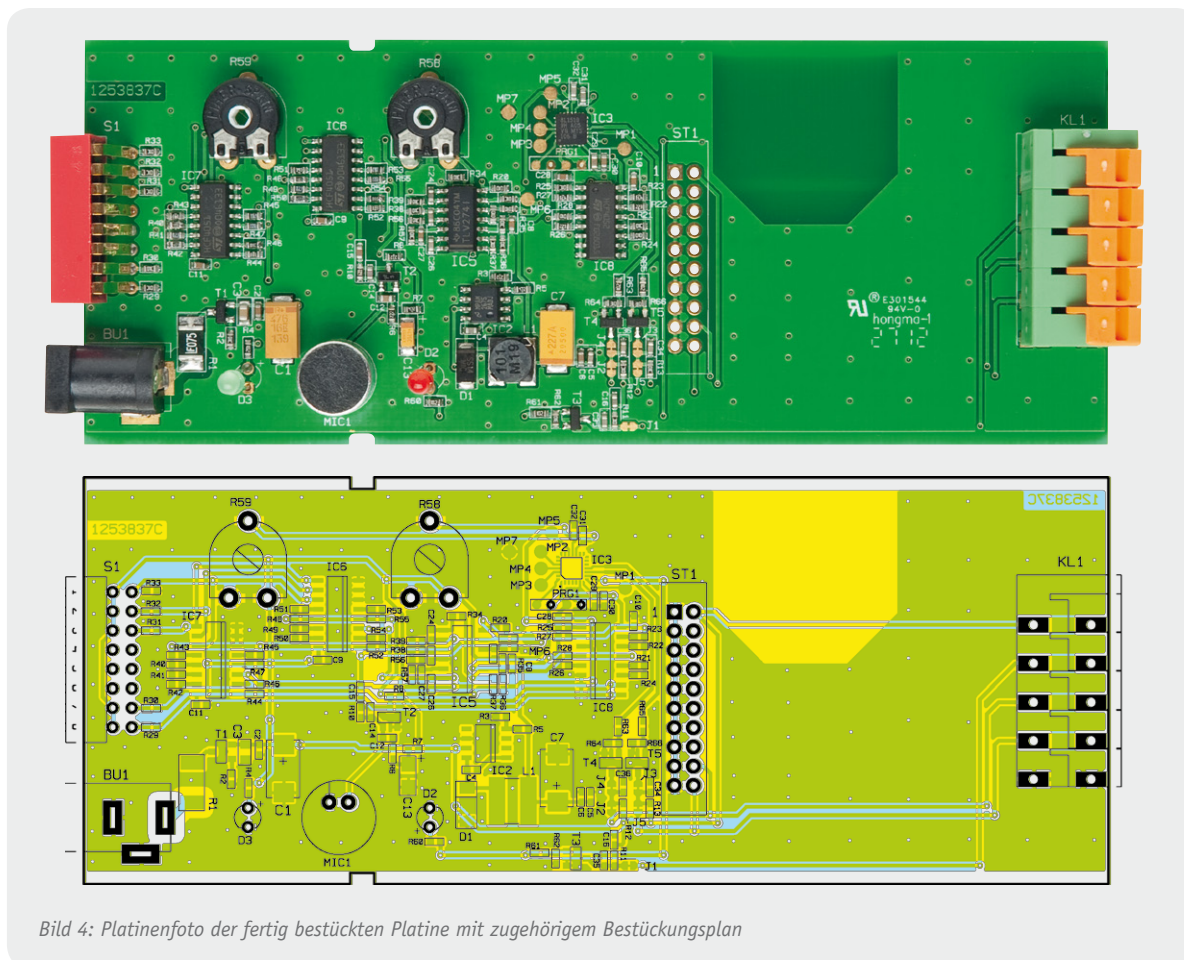


Bild 4: Platinfoto der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan

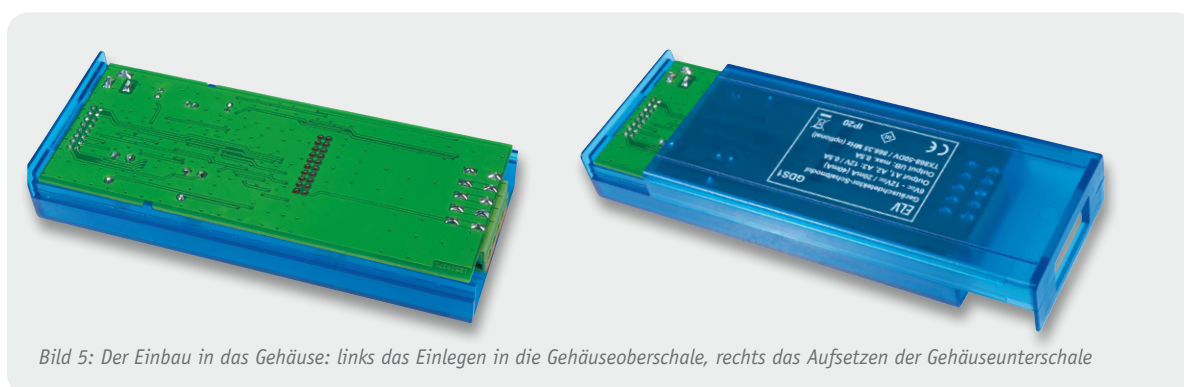


Bild 5: Der Einbau in das Gehäuse: links das Einlegen in die Gehäuseoberschale, rechts das Aufsetzen der Gehäuseunterschale

Achse passend zu den Anschlängen des Trimmers unten links („8 Uhr“) und unten rechts („4 Uhr“) positioniert ist. Abschließend wird die zusammengebaute Platine in die Oberschale des Gehäuses eingelegt, wobei darauf zu achten ist, dass die Steckachsen der beiden Trimmer und die beiden LEDs in die entsprechenden Öffnungen im Gehäuse passend eingesetzt werden. Zu guter Letzt wird die Unterschale des Gehäuses auf die Oberschale geschoben. Bild 5 zeigt diese Montageschritte. In Bild 7 ist das fertig montierte Gerät zu sehen.

Nach Anschluss eines entsprechenden Netzteils (siehe Hinweis zum Netzteil) kann das Gerät sofort in Betrieb genommen und eingestellt werden. **ELV**

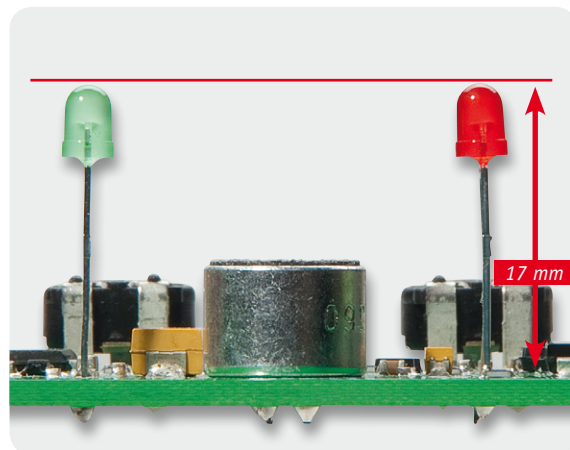


Bild 6: Lage und Abstand der LEDs zur Platine



Wichtiger Hinweis:

Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Außerdem muss es sich um eine Quelle begrenzter Leistung gemäß EN60950-1 handeln, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Üblicherweise werden beide Forderungen von handelsüblichen Steckernetzteilen mit entsprechender Leistung erfüllt.



Bild 7: Das betriebsbereit montierte Gerät

Widerstände:

1 k Ω /SMD/0603	R4, R60, R61, R63, R65
2,2 k Ω /SMD/0603	R6, R8
2,7 k Ω /SMD/0603	R3
4,7 k Ω /SMD/0603	R5, R7
8,2 k Ω /SMD/0603	R47, R55
10 k Ω /SMD/0603	R2, R11–R13, R16, R21, R25, R29–R39, R56, R57
11 k Ω /SMD/0603	R46, R54
16 k Ω /SMD/0603	R45, R53
22 k Ω /SMD/0603	R22, R26
33 k Ω /SMD/0603	R44, R52
39 k Ω /SMD/0603	R43, R51
47 k Ω /SMD/0603	R23, R27
51 k Ω /SMD/0603	R42, R50
82 k Ω /SMD/0603	R41, R49
100 k Ω /SMD/0603	R18–R20, R24, R28
160 k Ω /SMD/0603	R40, R48
220 k Ω /SMD/0603	R10
1 M Ω /SMD/0603	R62, R64, R66
Polyswitch/13,2 V/0,75 A/SMD/1812	R1
PT10 für Sechskantachse/liegend/10 k Ω	R58, R59

Kondensatoren:

220 pF/SMD/0603	C14
10 nF/SMD/0603	C4, C5, C16, C24–C26, C31, C32, C34–C36
100 nF/SMD/0603	C2, C6, C8–C11, C27, C28, C30
470 nF/SMD/0603	C12

1 μ F/SMD/0603	C29
1 μ F/SMD/0805	C3
2,2 μ F/SMD/0603	C15
4,7 μ F/6 V/Tantal/SMD	C13
47 μ F/16 V/Tantal/SMD	C1
220 μ F/10 V/Tantal/SMD	C7

Halbleiter:

LM2675M-ADJ/SMD	IC2
ELV121130/SMD	IC3
TLV274/SMD	IC5
CD4051/SMD	IC6, IC7
CD4052/SMD	IC8
IRLML6402/SMD	T1
BC848C/SMD	T2
IRLML2502PbF/SMD	T3–T5
SK14/SMD	D1
LED/3 mm/rot	D2
LED/3 mm/grün	D3

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 100 μ H	L1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Elektret-Einbaukapsel, 2-polig	MIC1
Miniatürklemmen, 1-polig, winkelprint	KL1
Miniatürklemme mit Abschluss, 1-polig, winkelprint	KL1
Leiterplattenverbinder, 20-polig	ST1
Mini-DIP-Schalter, 8-polig, winkelprint	S1
1 Profilgehäuse I-Mac blau Struktur, komplett bearbeitet und bedruckt	