Kontrollierte Wiedergabe

6-Kanal Audio Spectrum Analyzer

Infos zum Bausatz
im ELV-Web-Shop
#1447

Der Audio Spectrum Analyzer erlaubt die Pegeldarstellung von 6 Frequenzbändern auf einer 30-teiligen LED-Bargraph-Anzeige. So lässt sich die spektrale Frequenzverteilung eines Audiosignals auf einen Blick erkennen. Der Audio Spectrum Analyzer erlaubt die Auswahl unterschiedlicher Anzeigemodi und durch die Kombination von zweien dieser Geräte kann die Anzeige auf 12 Kanäle erweitert werden. Durch Farbfilterfolien sind unterschiedliche Anzeigefarben frei wählbar.

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	ASA6
Versorgungsspannung:	7–15 VDC/Klemmleiste
Stromaufnahme:	1000 mA @ UB 7 V, 500 mA @ UB 15 V
Audiofrequenzgang:	60 Hz – 12 kHz
Anzeigenbereich:	-30 bis +5 dB, 60 Hz – 8 kHz (6-Kanal), 60 Hz – 10 kHz (12-Kanal)
Frequenzdarstellung:	60 Hz/300 Hz/ 1 kHz/2 kHz/4 kHz/8 kHz (6-Kanal), 60 Hz/120 Hz/300 Hz/400 Hz/800 Hz/ 1 kHz/1,5 kHz/2 kHz/4 kHz/8 kHz/10 kHz (12-Kanal)
Eingang:	100 mV – 20 V/10 kΩ/20 kΩ/Mono/Klemmleiste
Sonstiges:	erweiterbar auf 12 Kanäle (2x ASA6 erforderlich), 5 unterschiedliche Anzeigemodi (Peak-Hold usw.), für 19"-Gehäuse geeignet (3 HE)
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Lagertemperatur:	-40 bis +85 °C
Abmessungen (B x H x T):	102 x 130 x 36 mm (mit Frontplatte)
Gewicht:	180 g

Auf einen Blick

Der Audio Spectrum Analyzer ist eine wertvolle Hilfe nicht nur für den Studio- oder Bühnenprofi, sondern auch für den Heimgebrauch. Durch die Visualisierung des ausgegebenen Audio-Spektrums sind Klanganpassungen objektiver möglich als die rein gehörmäßige Einstellung. Besonders bei den sehr unterschiedlichen Wiedergabespektren von Medien wie etwa Filmen, Konzertwiedergaben, Sportsendungen, Computerspielen usw. ist eine kontrollierte Klangeinstellung entweder durch feste Equalizer-Einstellungen oder durch variable Klanganpassung mit Kontrolle durch eine spektrale Anzeige sehr praktisch. Auch bei der immer mehr zunehmenden eigenen Produktion von Videos und der damit verbundenen Tonproduktion ist solch eine Kontrolle sehr wichtig, z. B., um auch Pegelspitzen in bestimmten Bereichen zu bedämpfen und Frequenzgänge dem Medium, z. B. einer Internet-Video-Plattform, anzupassen.

Genau für diese Aufgaben ist der hier vorgestellte Audio Spectrum Analyzer vorgesehen. Je nach Variante werden bis zu 12 signifikante Audiofrequenzen

ausgefiltert und deren Pegel durch eine LED-Kette dargestellt. Für die schnelle Kontrolle der Spitzenpegel verfügt das Gerät über verschiedene Darstellungsmodi für die Pegel- und Spitzenwertanzeige sowie einen sogenannten Show-Modus, bei dem die dekorative Seite der Anzeige im Mittelpunkt steht.

Der Eingang des Analyzers ist je nach Audiosignalquelle anpassbar, so kann man das Gerät durchaus auch an einen Lautsprecherausgang anschließen.

Eine Limiter-Anzeige erlaubt das einfache Anpassen des Audiosignals, so dass keine ständigen Übersteuerungen und damit Falschanzeigen entstehen können.

Die Anzeige erfolgt über 180 weiß abstrahlende LEDs, die in sechs Spalten angeordnet sind. Bei der Erweiterung des Gerätes auf 12 Kanäle wird das Audio-Frequenzband feiner aufgeteilt und die Darstellung erfolgt auf 360 LEDs. Für beide Versionen stehen unterschiedliche Frontplatten bereit. Die Leuchtfarbe der LEDs ist durch optionale Farbfilterfolien nach Wunsch wählbar. Die Abmessungen der Frontplatten sind so gewählt, dass das Gerät problemlos in ein 19"-Rack mit 3 Höheneinheiten (3 HE) einbaubar ist.

Bedienung und Eigenschaften

Mit dem frontseitigen Taster kann das Gerät eingeschaltet und der Anzeigemodus gewählt werden. Ein kurzer Tastendruck schaltet das Gerät ein. Im Standby-Zustand leuchtet die Taster-LED schwächer, was den Zustand „Aus“ signalisiert. Im eingeschalteten Zustand hat die LED hingegen eine andere Funktion.

Beim Aufleuchten der LED findet eine Übersteuerung statt. In diesem Fall ist der Eingangspegel mit dem Trimmer R33 zu verringern, bis die LED erlischt. Durch einen kurzen Tastendruck wird der Anzeigemodus verändert. Es stehen fünf unterschiedliche Anzeigemodi zur Verfügung, die nacheinander durchgeschaltet werden. Damit man den jeweiligen Anzeigemodus erkennen kann, leuchtet die oberste LED einer LED-Spalte kurz auf. Die erste LED-Spalte, also ganz links, zeigt den Modus 1 an, die zweite LED-Spalte den Modus 2 usw. Es stehen folgende Anzeigemodi zur Verfügung:

Modus 1: normal ohne Peak-Hold
Modus 2: normal mit Peak-Hold
Modus 3: nur Peak-Hold/langsam abfallend
Modus 4: mit Peak-Hold/langsam abfallend/ Balken ausgefüllt
Modus 5: Show-Modus (die höheren Frequenzen werden angehoben, damit sich ein schöneres Gesamtbild ergibt)

Der zuletzt eingestellte Modus wird gespeichert und bei Spannungszufuhr bzw. Einschalten wiederhergestellt.

Längeres Betätigen der Bedientaste schaltet das Gerät aus. Der Schaltzustand wird gespeichert, so dass dieser auch nach einem Spannungsausfall und Spannungswiederkehr wiederhergestellt wird. Wird das Gerät bewusst ausgeschaltet, bleibt die Schaltung auch nach Wiederkehr der Betriebsspannung

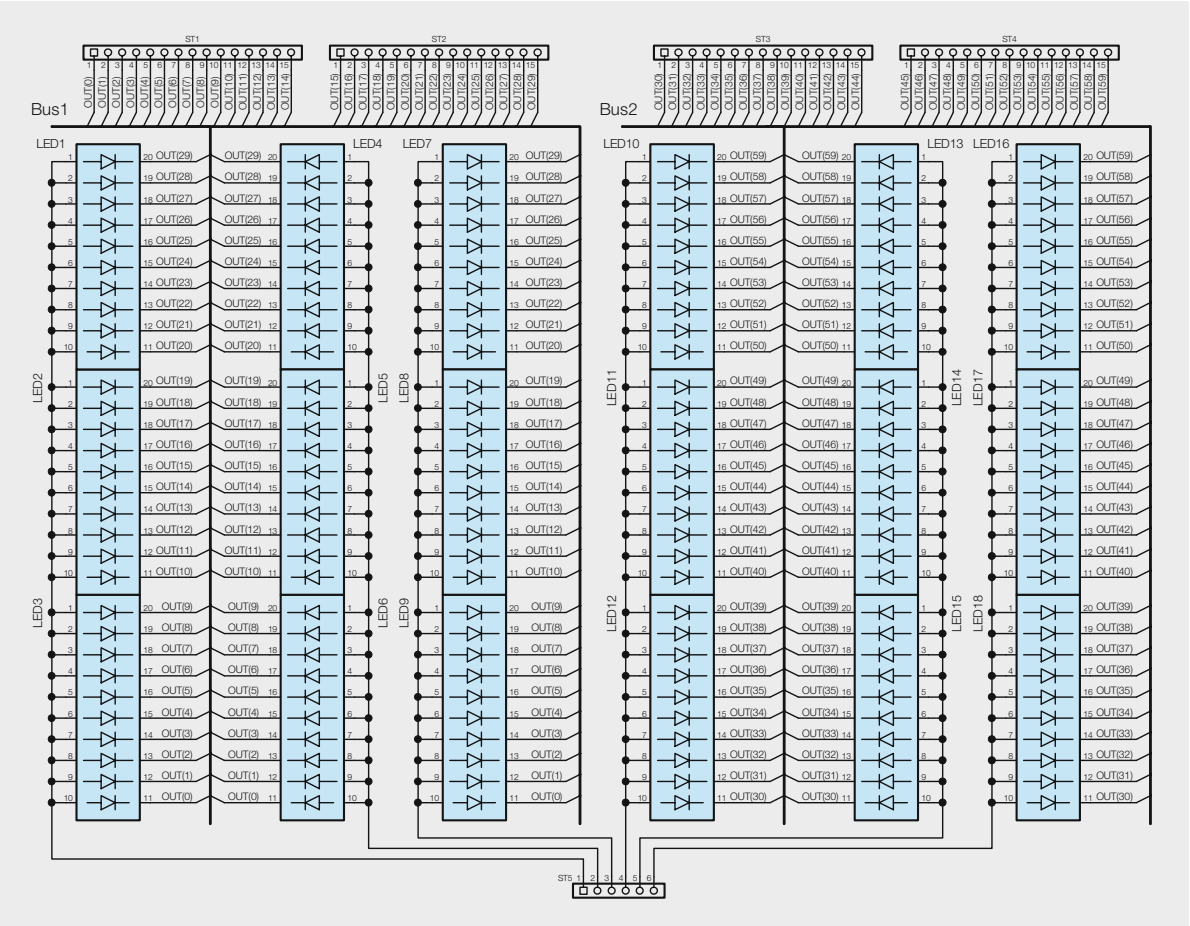

Bild 1: Das Teilschaltbild für die Displayeinheit

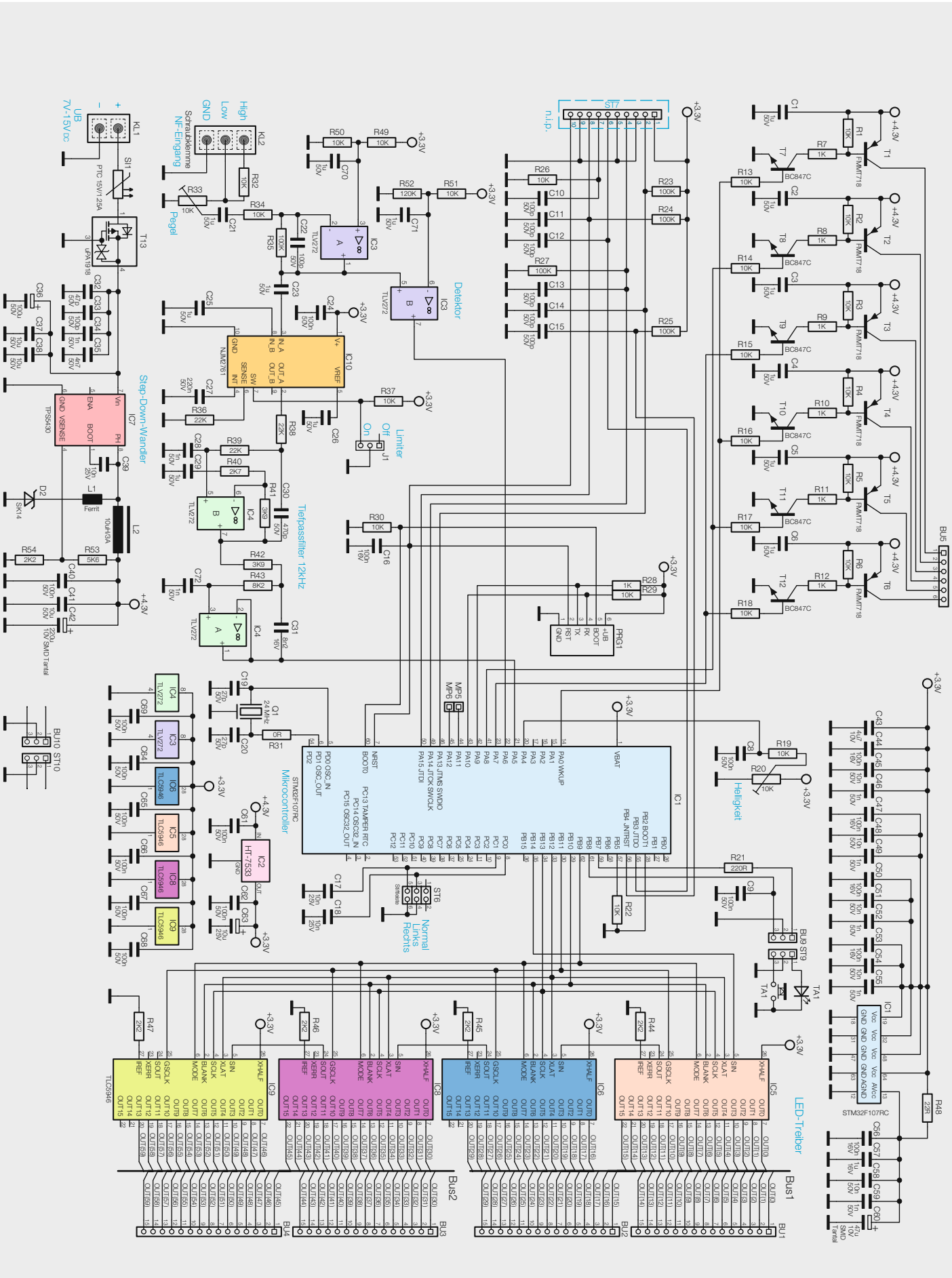

Bild 2: Das Teilschaltbild für die Controllereinheit des Spectrum Analyzer

ausgeschaltet. Nimmt man die Versorgung bei eingeschaltetem Gerät weg, schaltet sich das Gerät nach Anlegen der Versorgung automatisch wieder ein. Dieses Verhalten ist praktisch, wenn die Schaltung in einem anderen Gerät eingebaut ist und zusammen mit dessen Betriebsspannung eingeschaltet wird.

Die Helligkeit der LEDs kann mit dem Trimmer R20 verändert werden. Dieser ist mit einem kleinen Schraubendreher rückseitig erreichbar.

Schaltung

Das Schaltbild des Audio Spectrum Analyzers gliedert sich in zwei Bereiche, die Controllereinheit und die Displayeinheit (siehe Bild 1 und Bild 2). Die Hauptsteuereinheit bildet der Mikrocontroller IC1 vom Typ STM32F107RC. Dieser 32-Bit-Controller ist recht leistungsstark und besitzt einen relativ großen Flash-Speicher. Hauptaufgabe des Controllers ist es, das Audiosignal zu analysieren und die berechneten Daten auf dem Display anzuzeigen.

Schauen wir uns zuerst den Audioeingangsbereich etwas genauer an. An Klemme KL2 wird das Audiosignal eingespeist. Hier steht, je nach Signalpegel, ein „Low"- und „High"-Pegel-Anschluss zur Verfügung. Beim Eingang „High" wird der Signalpegel über den Spannungsteiler R32 und R33 herabgesetzt. Mit dem Trimmer R33 kann man den Pegelbereich in einem weiten Bereich anpassen.

Der nachfolgende erste Operationsverstärker IC3A dient als Pufferstufe und Verstärker. Der Verstärkungsfaktor wird über das Verhältnis von R35 und R34 bestimmt, er liegt bei zehnfacher Verstärkung. Nun folgt ein Audiolimiter, der aus dem Baustein IC10 (NJM2761) besteht. Dieser hat die Aufgabe, das Audiosignal in einem bestimmten Bereich zu begrenzen, damit der A/D-Wandler nicht übersteuert wird. Hintergrund ist, dass ein übersteuertes Signal zu falschen Ergebnissen führen würde. Die Limiter-Funktion ist per Jumper J1 aktivier- bzw. deaktivierbar. Um eine generelle Übersteuerung des Eingangsverstärkers zu verhindern bzw. zu erkennen, ist zusätzlich ein Detektor in Form des Komparators IC3B vorhanden. Überschreitet der Pegel am Eingang des Limiters den Wert von 2,8 Vss, schaltet der Ausgang des Komparators auf „high". Der Controller wertet dieses Signal aus und bringt im Fall der Übersteuerung die LED im Taster TA1 zum Leuchten. So kann der Anwender das Eingangssignal mit dem Trimmer R33 verringern, bis keine Übersteuerung mehr stattfindet. Dem Limiter ist ein Tiefpassfilter 4. Ordnung, gebildet durch die Operationsverstärker IC4A und IC4B, nachgeschaltet. Die Grenzfrequenz liegt bei ca. 12 kHz, so dass höhere Frequenzen abgeschwächt werden.

Vom Ausgang IC4A gelangt das so aufbereitete Signal auf den internen A/D-Wandler des Controllers IC1. Wie schon erwähnt, findet im Controller eine Signalauswertung (FFT) statt. Die Ausgabe der Daten erfolgt auf einer LED-Anzeige, die aus sechs LED-Bargraph-Anzeigen besteht. Jeder Bargraph besteht wiederum aus drei einzelnen LED-Einheiten zu je 10 LEDs.

Um die insgesamt 180 LEDs (LED1 bis LED18) mit möglichst geringem Aufwand und wenigen Ports ansteuern zu können, ist eine Multiplexansteuerung erforderlich. Die einzelnen LED-Reihen (Spalten) werden über die Transistoren T7 bis T12 angesteuert. Die LED-Matrix ist in 2 x 3 Spalten aufgeteilt. Dies bedeutet, dass immer zwei LED-Reihen gleichzeitig aktiv sind und alle Reihen nacheinander eingeschaltet werden. Dies geschieht so schnell, dass das menschliche Auge das Umschalten nicht mehr wahrnehmen kann und sich ein homogenes Gesamtbild ergibt. Die eigentlichen Daten für die LED-Zeilen werden mit speziellen LED-Treibern (IC5, IC6, IC8 und IC9) vom Typ TLC5946 generiert. Die Ansteuerung dieser LED-Treiber geschieht über einen seriellen Bus, der aus sechs Datenleitungen besteht. Mit jeweils 2x TLC5946 wird ein 30 Bit breites Ansteuersignal für die LED-Zeilen OUT(0) bis OUT(29) und OUT(30) bis OUT(59) generiert. Der TLC5946 verfügt über eine integrierte PWM, mit der die Helligkeit der LEDs variierbar ist. Die Einstellung hierfür erfolgt mit dem Trimmer R20.

Betrachten wir nun die Spannungsversorgung der Schaltung. Die Betriebsspannung UB kann im Bereich von 7 bis 15 V liegen, sie wird über die Klemme KL1 zugeführt. Der PTC-Widerstand SI1 dient als Sicherung und ist reversibel, d. h. im Fehlerfall wird dieser spezielle Widerstand hochohmig und begrenzt den Strom. Ist der Fehler nicht mehr vorhanden, kühlt der PTC wieder ab und wird niederohmig. Als Verpolungsschutz dient der MOSFET-Transistor T13. Um die Verlustleistung möglichst gering zu halten, wird für die Versorgung der LEDs mittels des Step-down-Wandlers (Schaltregler) vom Typ TPS5430 eine Spannung von 4,3 V generiert. Für den Controller und die restliche Elektronik wird diese Spannung mit dem Spannungsregler IC2 nochmals auf 3,3 V stabilisiert.

Nachbau

Die Schaltung ist auf zwei Platinen untergebracht, wobei die Basisplatine als Multilayer ausgeführt ist. Hierdurch steht auch genügend Kühlfläche (durch interne Layer) für die vier LED-Treiber zur Verfügung und die Störstrahlung des Step-down-Wandlers wird durch eine fast ganzflächig vorhandene Massefläche minimiert.

Alle SMD-Bauteile sind vorbestückt, so dass nur wenige konventionelle Bauteile in bedrahteter Bauform bestückt werden müssen. Die Einbauposition ergibt sich durch den Platinenaufdruck, die Platinenfotos (Bild 3 bis Bild 5), die Bestückungspläne und die Stückliste.

Wir beginnen mit der Bestückung der Displayplatine. Hier ist es besonders wichtig, zuerst die Stiftleisten zu bestücken, da nach dem Bestücken der LED-Anzeigen die Lötstellen für die Stiftleisten nicht mehr zugänglich sind. Die Stiftleisten werden von der Platinenunterseite her eingesetzt und auf der Oberseite angelötet (siehe auch Platinenfoto Bild 4).

Hinweis: Die LED-Anzeigen weisen zur Kennzeichnung der Einbaulage eine leicht abgeschrägte Gehäuseseite (Pin 1) auf. Dies ist nur durch genauere Betrachtung erkennbar (Bild 6). Die LED-Anzeigen müssen unbedingt richtig eingesetzt werden, da

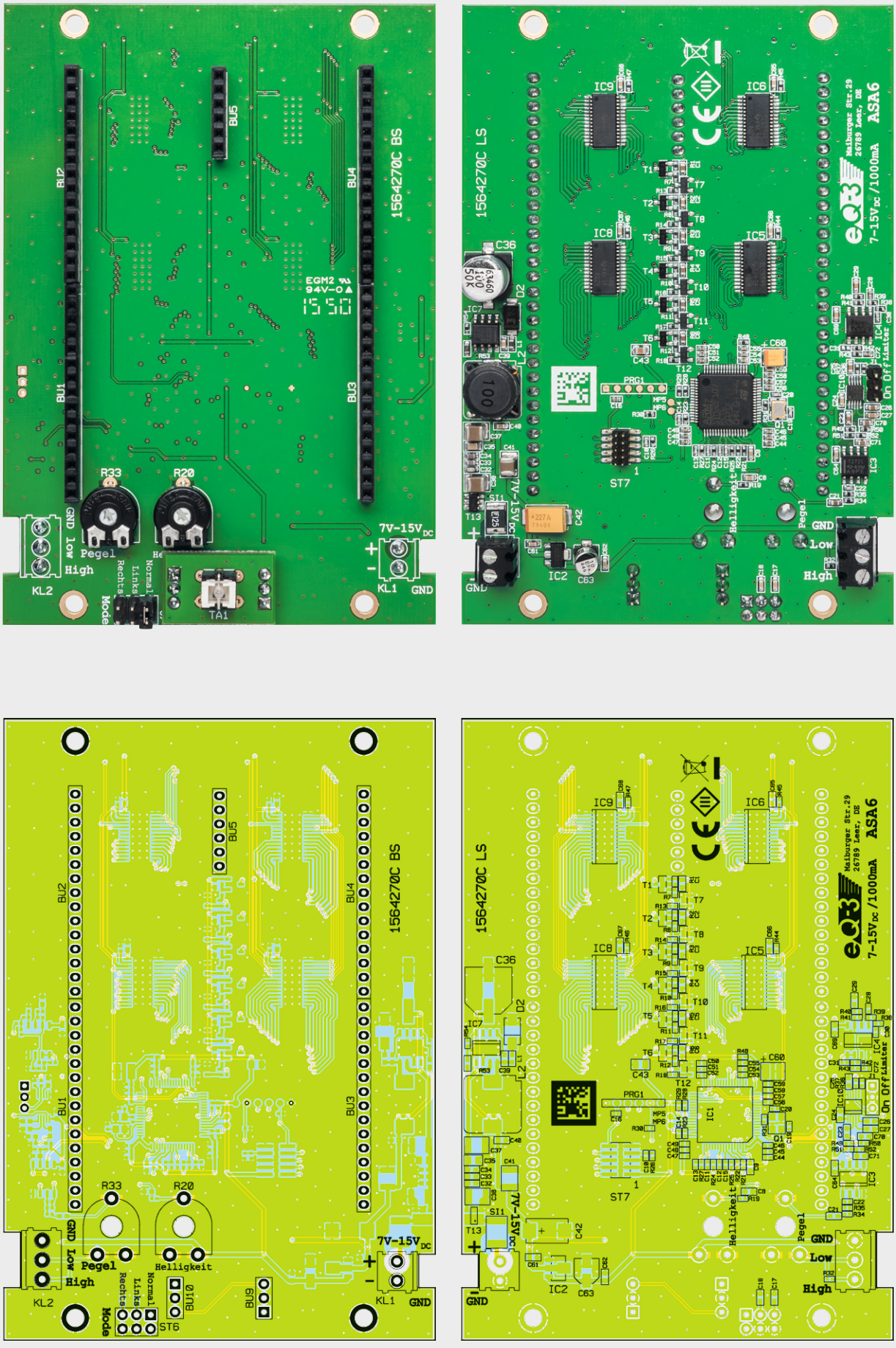

Bild 3: Das Platinenfoto mit zugehörigem Bestückungsplan der Basisplatine

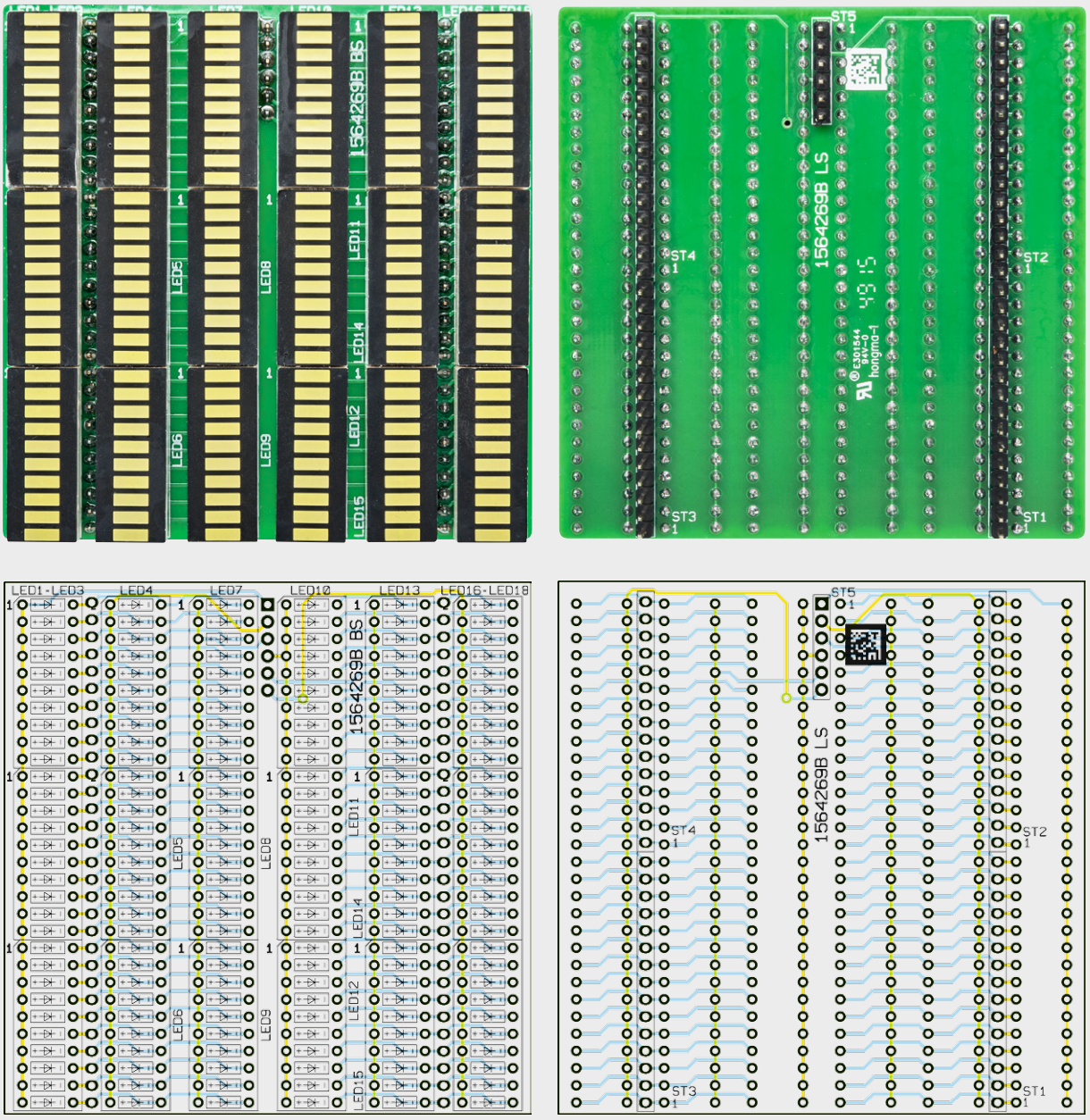

Bild 4: Das Platinenfoto mit zugehörigem Bestückungsplan der Displayplatine

sonst keine Funktion gegeben ist. Auf der Platine ist Pin 1 des LED-Displays gekennzeichnet.

Nachdem alle LED-Anzeigen angelötet worden sind, müssen die überstehenden Drahtenden mit einem Seitenschneider gekürzt werden.

Als Nächstes wird der Taster in die Tasterplatine eingesetzt und verlötet. Hierbei ist auf die richtige Polung der integrierten LED zu achten. Der farblich gekennzeichnete Anschlussdraht ist die Katode. Im Platinenfoto (Bild 5) ist gut zu erkennen, wie die beiden dreipoligen Stiftleisten eingesetzt werden müssen.

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt das Bestücken der Basisplatine. Hier werden zunächst die Buchsenleisten eingesetzt und verlötet. Nun folgt die Bestückung der beiden Trimmer R20 und R33 sowie der beiden Stiftleisten J1 und ST6. Bei den Anschlussklemmen KL1 und KL2 hat man die Wahl, ob diese auf der Platinen-Ober- oder -Unterseite bestückt werden sollen – beide Varianten sind möglich.

Die vorbereitete Tasterplatine wird, wie im Platinenfoto (Bild 5) dargestellt, eingesetzt. Auf den Taster ist die transparente Tasterkappe aufzusetzen.

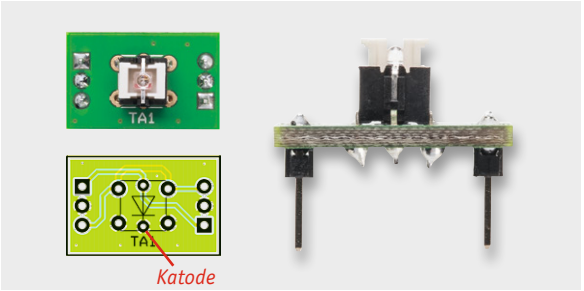

Bild 5: Das Platinenfoto mit zugehörigem Bestückungsplan der Tasterplatine

Nun kann man Displayplatine und Basisplatine mittels der Steckverbinder zusammensetzen. Damit sind die Bestückungsarbeiten abgeschlossen und es erfolgt die Montage der Frontplatte.

Zu diesem Zweck werden die vier 20-mm-Abstandshalter mit M3x8-mm-Schrauben auf der Platine

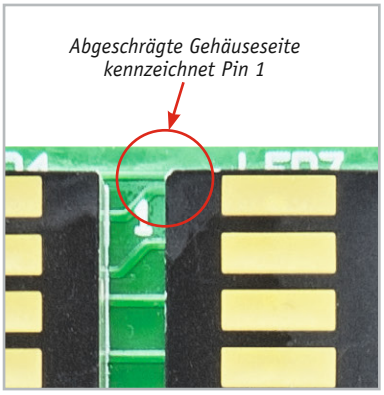

Bild 6: Die Kennzeichnung von Pin 1 an den LED-Displays

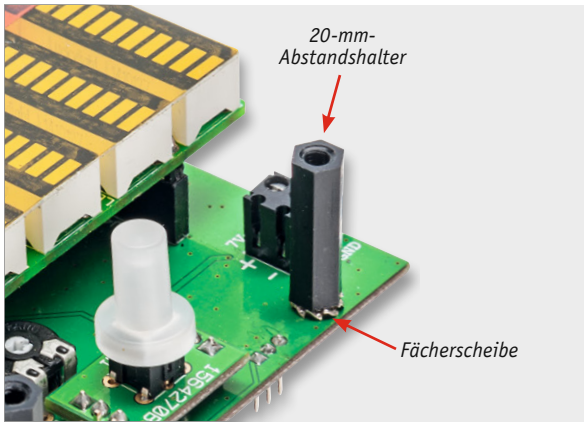

Bild 7: So erfolgt die Montage des Abstandshalters.

montiert. Zwischen den Abstandshalter und die Platine ist eine Fächerscheibe einzufügen (siehe Bild 7). Dieses ist notwendig, um den Abstand zwischen Frontplatte und Platine geringfügig zu vergrößern.

Bevor die Frontplatte montiert werden kann, ist noch eine Abdunklungsfolie auf die Rückseite der Frontplatte zu kleben. Die 85 x 85 mm messende Folie wird mit Tesafilm an der Rückseite der Frontplatte befestigt (siehe Bild 8). Mit schwarzen Schrauben (Senkkopf- oder Innensechskant) M3 x 6 mm erfolgt die Verschraubung der Frontplatte.

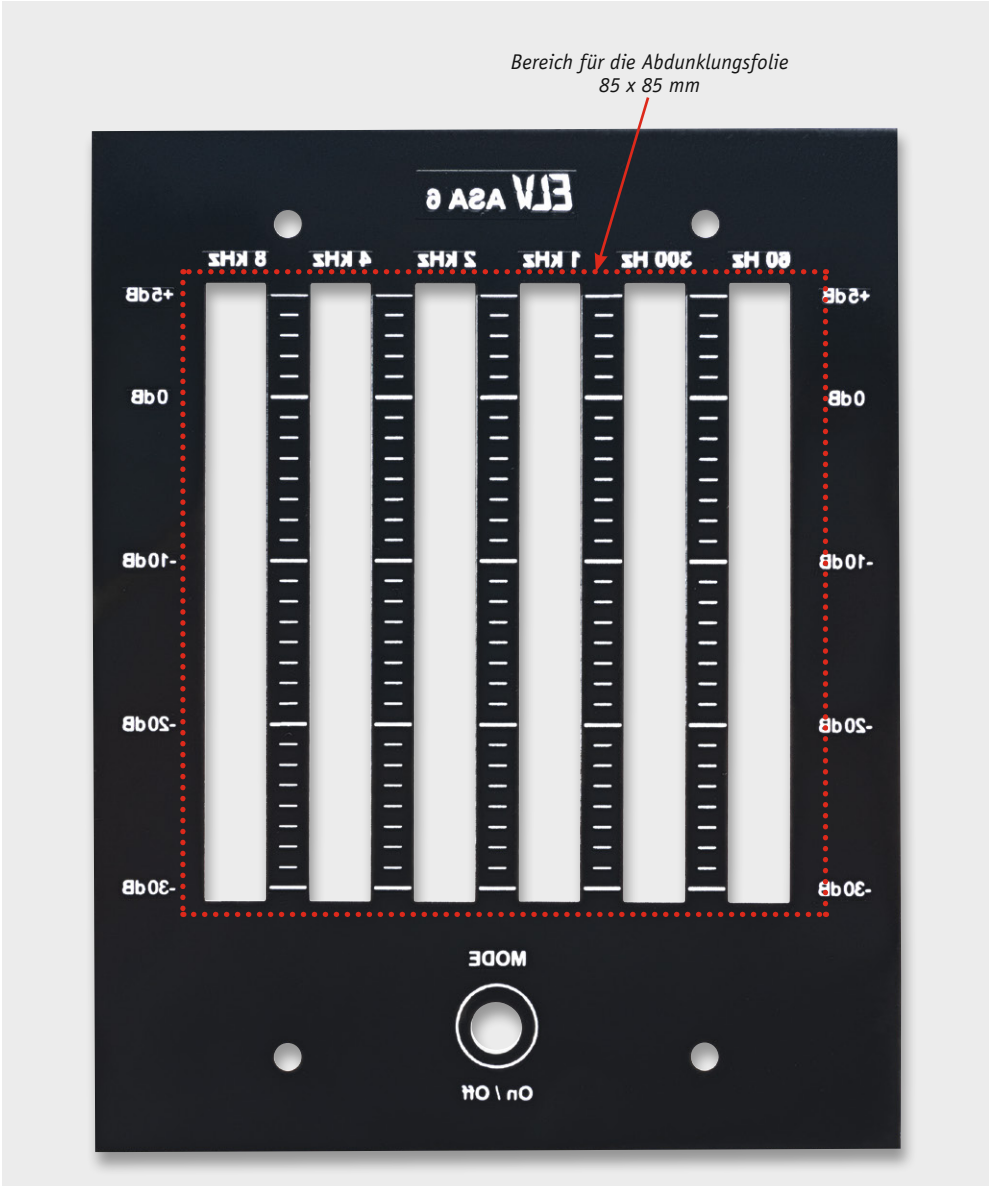

Bild 8: Die Abdunklungsfolie wird rückseitig mit einem durchsichtigen Klebefilm (z. B. Tesafilm) befestigt.

Montagevideo

#1424

QR-Code scannen oder Webcode im Web-Shop eingeben

Aufbringen der Farbfolien

Durch die optionalen Farbfilterfolien kann die weiße Leuchtfarbe der LEDs nach Wunsch verändert werden. Es stehen sechs verschiedene Farben zur Verfügung (siehe Bild 9), die man nach eigenem Geschmack zusammenstellen kann. Welche Bereiche in welcher Farbe aufleuchten sollen, bleibt somit der eigenen Kreativität überlassen. Die Befestigung der Folien erfolgt über eine selbstklebende, durchsichtige Klebefolie. Bevor diese Klebefolie aufgebracht wird, sollte man die Farbfolien entsprechend zuschneiden. Wichtig hierbei ist, dass die Trennung der Farben exakt zwischen zwei Segmenten erfolgen muss (siehe Bild 10). Es ist aber auch möglich, die gesamte Displayfläche mit einer einzigen Farbe abzudecken. Für die Befestigung wird die transparente Klebefolie zunächst großflächig auf die Displayfläche aufgeklebt. Die überstehenden Flächen schneidet man mit einem Cuttermesser oder einer Schere ab. Die einzelnen Farbfolien werden dann auf die Klebefläche aufgesetzt. Hierbei sollte man sehr sorgfältig arbeiten, denn wie schon erwähnt, muss die Trennung genau zwischen zwei Segmenten erfolgen. Ein Aufkleben der Farbfolien auf die Rückseite der Frontplatte ist nicht möglich, da es, je nach Betrachtungswinkel, zu unterschiedlichen Trennstellen zwischen den Segmenten kommt.

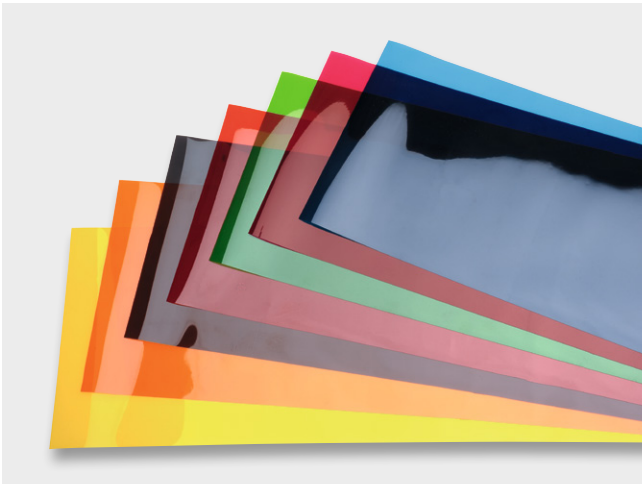

Bild 9: Die Farbfilterfolien (Best.-Nr. CG-13 29 78, € 14,95) sind optional einsetzbar.

Installation

Die Spannungsversorgung muss im Bereich von 7 bis 15 V liegen, der Anschluss erfolgt polrichtig über die Klemme KL1. Es ist darauf zu achten, dass das Netzteil entsprechend Strom liefern kann. Bei einer Versorgungsspannung von 7 V beträgt die maximale Stromaufnahme 1 A, während bei einer Versorgungsspannung von 15 V die maximale Stromaufnahme 500 mA beträgt. Durch den Verpolungsschutz richtet ein versehentliches Verpolen der Betriebsspannung keinen Schaden an.

Für die Audiosignalzuführung steht die Klemme KL2 zur Verfügung. Hier kann man zwischen „Low“- und „High“-Eingang wählen. Soll z. B. ein Lautsprecherausgang als Signalquelle genutzt werden, ist der Eingang „High“ zu verwenden. Bei Quellen mit niedrigen Spannungen ist hingegen der Eingang „Low“ zu verwenden. Der Eingangswiderstand des ASA6 ist relativ hochohmig (10 kΩ/20 kΩ), so dass keine wesentliche Belastung der Signalquelle erfolgt.

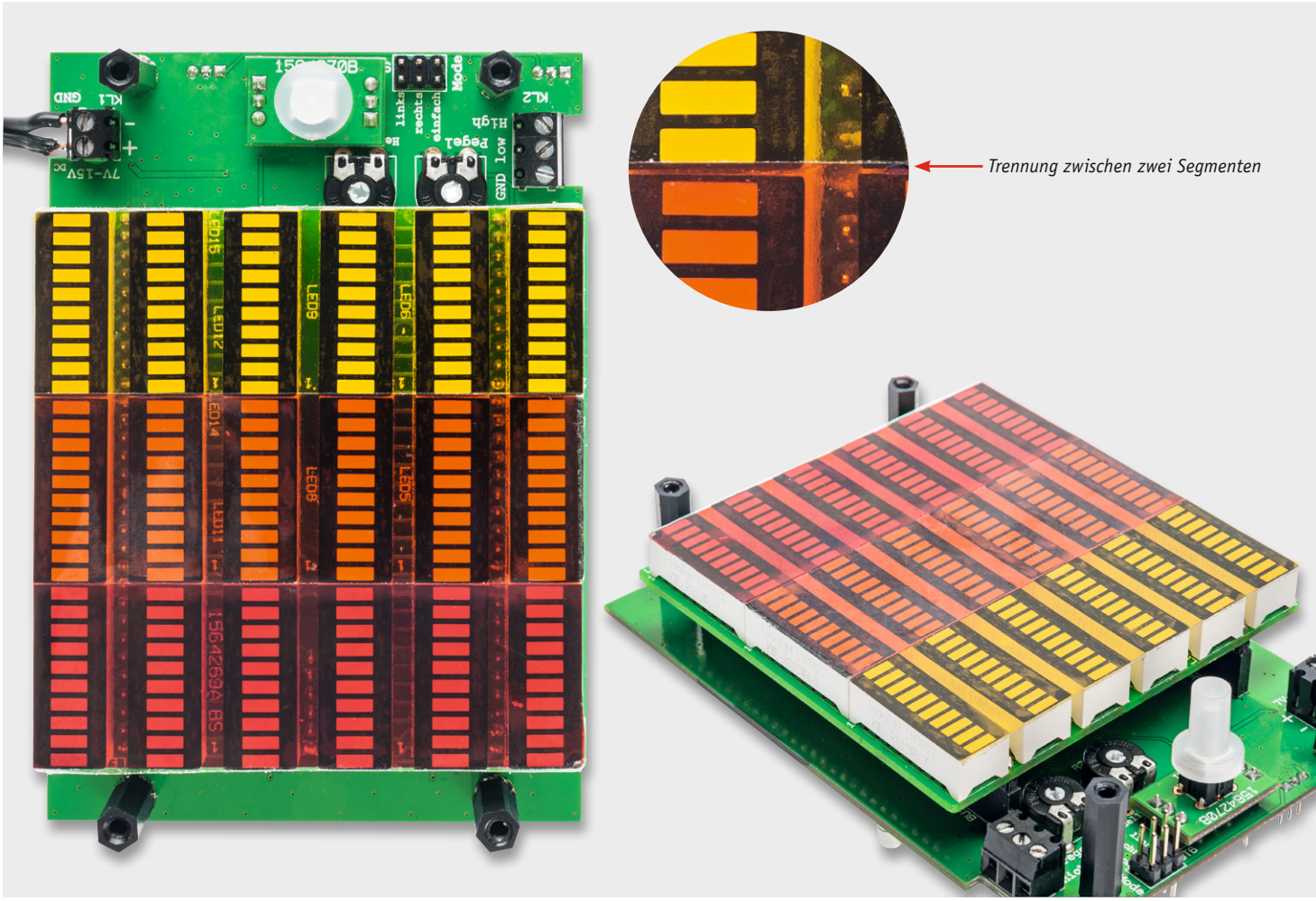

Bild 10: Die Displayplatine mit aufgeklebten Farbfolien. Hier sieht man deutlich, dass die Trennung der Folien genau zwischen zwei Segmenten erfolgen muss.

Für eine korrekte Funktion sind die beiden Jumper J1 und ST6 zu beschalten. Hierzu wird ein Jumper (Steckbrücke) an der entsprechenden Position aufgesteckt. Mit J1 wird die Limiter-Funktion („On“ oder „Off“) festgelegt. Wir empfehlen, die Position „On“ zu wählen, die den Limiter aktiviert. Mit der Beschaltung von ST6 kann man festlegen, ob die normale 6-Kanal- oder die 12-Kanal-Variante zum Einsatz kommt (siehe auch „12-Kanal-Version“). Standardmäßig ist der Jumper „Normal“ aufzustecken.

Falls die Frontplatte in ein Gehäuse eingebaut werden soll, sind hierfür entsprechende Bohrungen einzubringen.

Die Abmessungen der Frontplatte sind so gestaltet, dass auch ein Einbau in ein 19"-Rack möglich ist. Hierzu müssen entsprechende Löcher in die Frontplatte gebohrt werden. Diese Bohrungen sind auf der Rückseite der Frontplatte bereits gekennzeichnet. Die Befestigung in einem 19"-Rahmen geschieht mit M2,5–Schrauben, so dass eine Bohrung von 2,5 bis 3 mm Durchmesser eingebracht werden muss.

12-Kanal-Version

Durch zwei Baugruppen des ASA6 kann der Anzeigenbereich auf 12 Kanäle erweitert werden. Hierfür ist eine entsprechende Frontplatte erhältlich (siehe Bild 11). Bei dieser Variante muss jedem ASA6 ein Frequenzbereich zugewiesen werden. Dies geschieht über die Jumper ST6. Der linke Anzeigenblock (Gerät Nr. 1) zeigt die Frequenzen 60 Hz bis 1 kHz an, das zweite Gerät die Frequenzen 1,5 bis 10 kHz. In Bild 12 ist zu sehen, wie ST6 zu brücken ist.

Die Audioanschlüsse sind parallel zu schalten. Beim Betrieb sollte bei beiden Geräten die gleiche Helligkeit und der gleiche Modus eingestellt werden. ELV

Stückliste

Widerstände:

0 Ω/SMD/0402	R31
22 Ω/SMD/0402	R48
220 Ω/SMD/0402	R21
1 kΩ/SMD/0402	R7–R12, R28
2,2 kΩ/SMD/0402	R44–R47, R54
2,7 kΩ/SMD/0402	R40
3,9 kΩ/SMD/0402	R41, R42
5,6 kΩ/1 %/SMD/0603	R53
8,2 kΩ/SMD/0402	R43
10 kΩ/SMD/0402	R1–R6, R13–R19, R22, R26, R29, R30, R32, R34, R37, R49–R51
22 kΩ/SMD/0402	R36, R38, R39
100 kΩ/SMD/0402	R23–R25, R27, R35
120 kΩ/SMD/0402	R52
PT10/liegend/10 kΩ	R20, R33

Kondensatoren:

27 pF/50 V/SMD/0402	C19, C20
47 pF/SMD/0603	C32
100 pF/50 V/SMD/0402	C10–C15, C22
100 pF/SMD/0603	C33
470 pF/50 V/SMD/0402	C30
1 nF/50 V/SMD/0402	C28, C46, C49, C52, C55, C59, C72
1 nF/SMD/0603	C34
4,7 nF/SMD/0805	C35
8,2 nF/SMD/0402	C31
10 nF/50 V/SMD/0402	C45, C48, C51, C54, C58
10 nF/SMD/0603	C17, C18, C39
100 nF/16 V/SMD/0402	C16, C44, C47, C50, C53, C56
100 nF/50 V/SMD/0603	C24, C40, C61, C62, C64–C69, C8, C9
220 nF/50 V/SMD/0603	C27
1 µF/16 V/SMD/0402	C57
1 µF/50 V/SMD/0603	C1–C6, C21, C23, C25, C26, C29, C70, C71
4,7 µF/SMD/0805	C43
10 µF/25 V	C63
10 µF/50 V/SMD/1210	C37, C38, C41
47 µF/10 V	C60
100 µF/50 V	C36
220 µF/10 V	C42

Halbleiter:

ELV151438/SMD	IC1
HT7533/SMD	IC2
TLV272/SMD	IC3, IC4
TLC5946PWP/SMD	IC5, IC6, IC8, IC9
TPS5430DDA/SMD/TI	IC7
NJM2761RB2/SMD	IC10
FMMT718, SMD	T1–T6
BC847C/SMD	T10–T12, T7–T9
PA1918TE/SMD	T13
SK14/SMD	D2
LED/10-Segment-Bargraph-Anzeigen, weiß, THT	LED1–LED18

Sonstiges:

Chip-Ferrit, 120 Ω bei 100 MHz, 0603	L1
Speicherdrossel, SMD, 10 µH/3,0 A	L2
Quarz, 24.000 MHz, SMD	Q1
Schraubklemme, 3-polig, Drahteinführung 90°, RM = 3,5 mm, THT, black	KL2
Buchsenleiste, 1x 6-polig, print, 5,7 mm, gerade	BU5
Buchsenleisten, 1x 15-polig, print, gerade	BU1, BU2, BU3, BU4
Buchsenleisten, 1x 3-polig, print, 5,7 mm, gerade	BU10, BU9
PTC, 1,25 A, 16 V, SMD, 1812	SI1
Schraubklemme, 2-polig, Drahteinführung 90°, RM = 3,5 mm, THT, black	KL1
Stiftleiste, 2x 3-polig, gerade, print	ST6
Stiftleisten, 1x 3-polig, 25,5 mm, gerade, print	ST10, ST9
Stiftleiste, 1x 3-polig, RM = 2,0 mm, gerade, print	J1
Jumper, RM = 2,0 mm, schwarz, ohne Fahne	J1
Drucktaster mit LED rot, 1x ein, print	TA1
Tastkappe, transparent	TA1
Distanzrollen mit Innengewinde, M3 x 20 mm	
Senkkopfschrauben, M3 x 6 mm	
Fächerscheiben, M3	
Innensechskant-Schrauben, M3 x 6 mm	
Zylinderkopfschrauben, M3 x 8 mm	
Stiftleiste, 1x 6-polig, gerade, print	ST5
Stiftleisten, 1x 15-polig, gerade, print	ST1–ST4
Klebeband, doppelseitig, transparent	
Frontplatte ASA6, bearbeitet und bedruckt, transparent	
Farbfilterfolie Neutral Density	

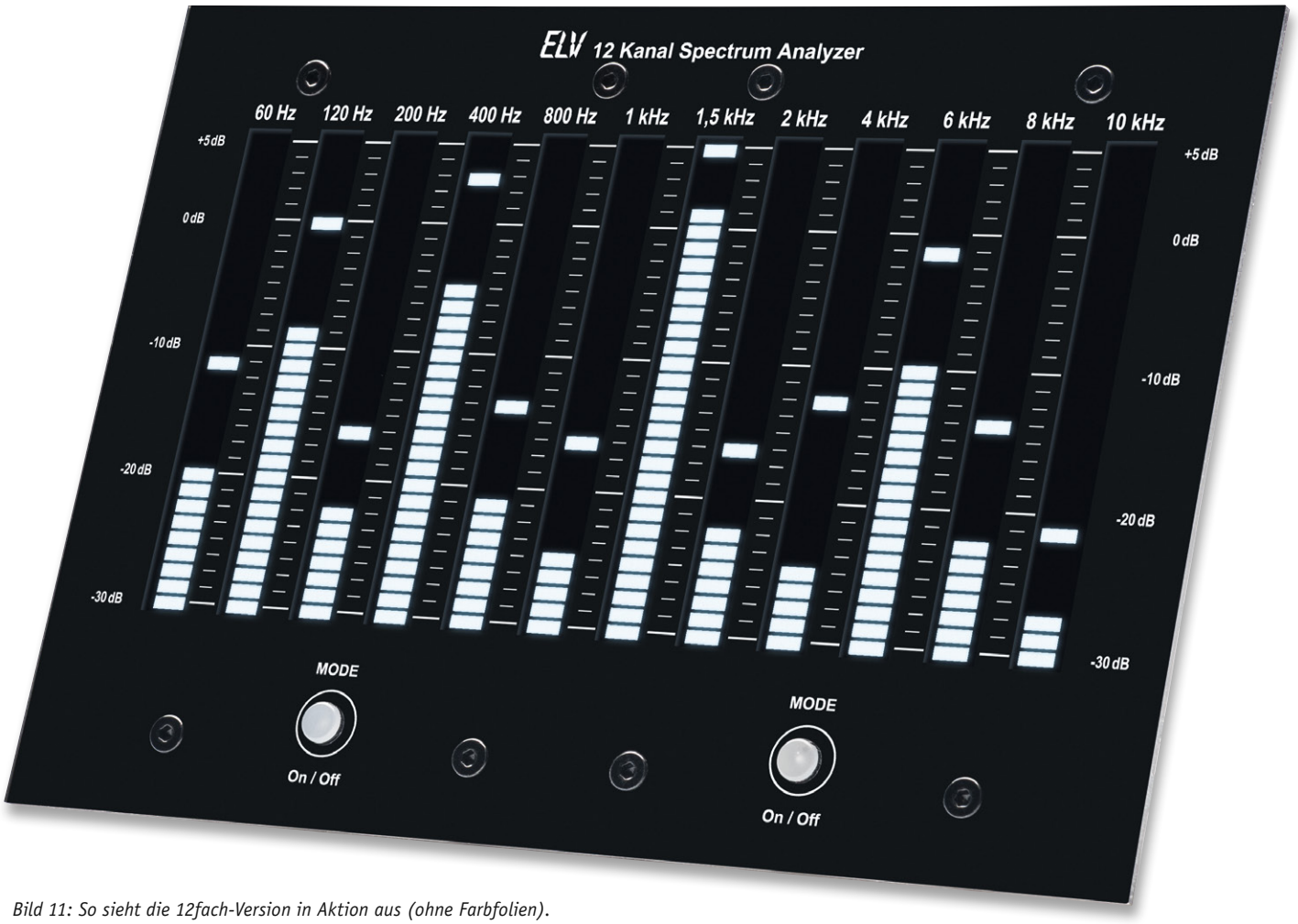

Bild 11: So sieht die 12fach-Version in Aktion aus (ohne Farbfolien).

ST6 → „normal“

1. Gerät (ASA6)
ST6 → links

2. Gerät (ASA6)
ST6 → rechts

6-Kanal-Version

12-Kanal-Version

Bild 12: Die Frontplatten der 6-Kanal- und 12-Kanal-Version mit Zuordnung der Steckbrücke ST6