

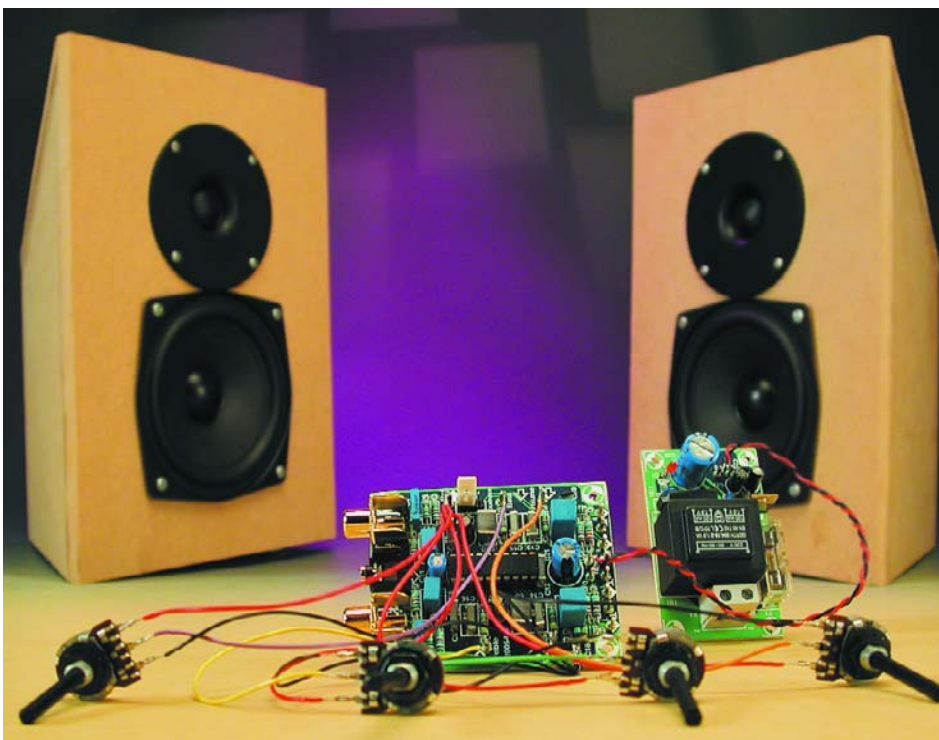
Lautstärke- und Klang-Einstellung

I-Chip-Lösung für das Multimedia-Lautsprechersystem

Technik: Ton Giesberts

Text: Sjef van Rooij

Unser aktives Multimedia-Lautsprechersystem ist mit dem in den letzten beiden Monaten veröffentlichten Subwoofer und dem dazugehörigen Schaltnetzteil eigentlich vollständig. Zum guten Schluss folgt hier noch eine Zugabe, die das Projekt abrundet: Eine auch zusammen mit anderen Verstärker-Systemen einsetzbare Lautstärke-, Balance- und Klangeinstellung in Kompaktbauweise, aufgebaut mit nur einem einzigen IC.



Das Einstellen von Höhen, Bässen und Balance ist eigentlich entbehrlich, wenn der PC-Sound lediglich dazu dient, die System-Ereignisse akustisch zu untermalen (z. B.

Windows-Start und -Ende, Papierkorb leeren usw.). Doch wenn der Computer nicht nur als Arbeitsgerät, sondern auch als Multime-

dia-Maschine im Einsatz ist und sogar ein hochwertiges Lautsprecher-Boxen-System zum Inventar gehört, lohnt sich der Aufwand mit Sicherheit.

Wir haben nach einer Lösung gesucht, die sich möglichst einfach realisieren lässt und die gleichzeitig universelle Verwendungsmöglichkeiten bietet. Das Ergebnis ist eine Schaltung, die beides miteinander vereint: Einerseits passt sie perfekt zu dem in den letzten Monaten veröffentlichten Multimedia-Lautsprechersystem, andererseits kann sie auch als selbstständige Einheit in eine vorhandene HiFi-Installation eingefügt werden. Allerdings sind Lautstärke- und Klangeinstellungen, die mit integrierten Bausteinen arbeiten, für HiFi-Anlagen der höheren Qualitätsklassen normalerweise nur zweite Wahl. Trotz aller Fortschritte der Chip-Entwicklung gilt auch heute noch der Grundsatz, dass durchdachte Lösungen mit diskreten Bauelementen den Konzepten mit integrierten Bausteinen qualitativ überlegen sind. Doch weil die Unterschiede nicht mehr allzu schwer ins

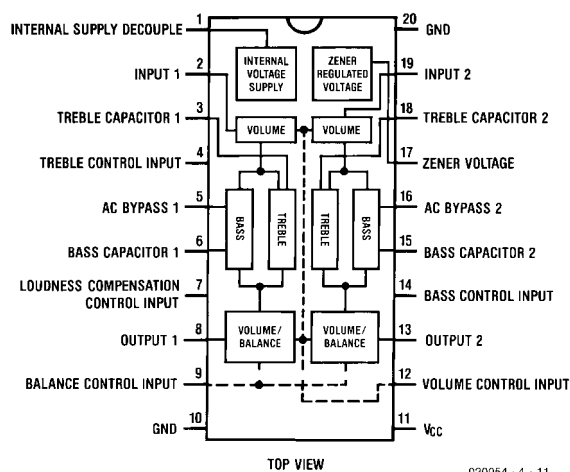


Bild 1. Internes Funktionsschema und Anschlussbelegung des LM1036.

Gewicht fallen und eine diskret aufgebaute Lautstärke- und Klangregelung weniger passend zu unserem kompakt aufgebauten Multimedia-Lautsprechersystem wäre, haben wir uns für die 1-Chip-Lösung entschieden.

LM1036

Während in den frühen Jahren der Elektronik-Entwicklung durchaus Skepsis angebracht war, wenn es um die Qualität von integrierten (Vor-)Verstärkern ging, haben sich

die Zeiten inzwischen recht deutlich geändert. Die Nachfrage nach kompakten Mini-HiFi-Installationen stieg rasant, und auch die Ansprüche an mobile Audio-Geräte wie zum Beispiel Car-Systeme (früher einfach "Autoradios" genannt) wuchsen ständig. Aus diesem Grund entwickelte die Halbleiter-Industrie eine ganze Palette integrierter Audio-Schaltungen, die ihren diskret aufgebauten Äquivalenten nur noch wenig nachstehen. Zur Gruppe dieser ICs gehört der Audio-Baustein LM1036 von National Semiconductor, der in einem 18-Pin-DIL-Gehäuse eine fast vollständige Lautstärke-, Balance-, Höhen- und Bass-Einstellung in Stereo-Ausführung vereint. Außerdem ist im IC eine separat schaltbare Loudness-Einstellung integriert; sie hebt auf Wunsch den Frequenzgang im unteren und oberen Bereich an. Alle Funktionen werden mit Hilfe von Gleichspannungen gesteuert, so dass die Zuleitungen zu Potentiometern und Schaltern nicht abgeschirmt werden müssen. Der LM1036 arbeitet an Betriebsspannungen zwischen 9 V und 16 V (z. B. am Auto-Bordnetz), er hat einen beachtlichen Dynamik-Umfang von 75 dB sowie einen weiten Bass- und Höhen-Einstellbereich von ±15 dB.

Messwerte

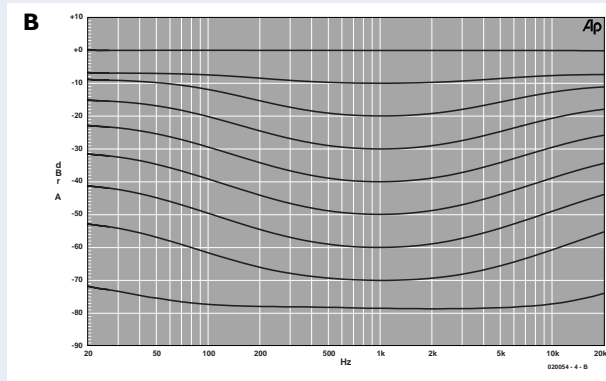
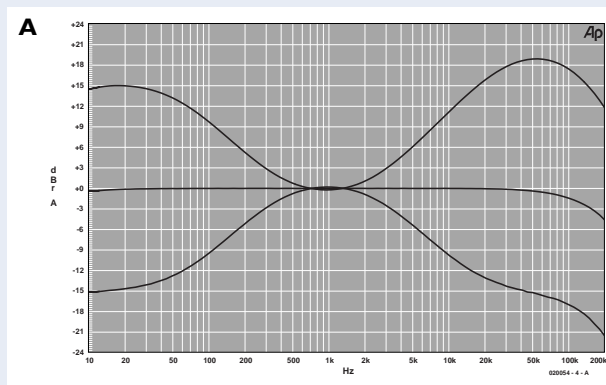
(gemessen mit 10 kΩ Last an allen Ausgängen)

Einstellbereich Bässe (Lautstärke 40 dB)	+ 15 dB/-15dB (20 Hz)
Einstellbereich Höhen (Lautstärke -40 dB)	+ 16 dB/-13dB (20 kHz)
Bandbreite	16 Hz...170 kHz
Signal-Rausch-Abstand	78 dBA ($U_{in} = 250 \text{ mV}$)
THD+N ($B = 22 \text{ kHz}$, $U_{out} = 250 \text{ mV}$)	0,04 %
	(bei maximaler Verstärkung)
Maximale Verstärkung	0,6 dB ($\approx 1,07 \text{ mal}$)
Maximale Eingangsspannung ($U_{out} = 250 \text{ mV}$)	1,93 V ($U_b = 14,43 \text{ V}$, THD+N = 0,3 %)
Maximale Ausgangsspannung	0,75 V (THD+N = 0,3 %)
Betriebsspannung	9...16 V
Stromaufnahme	46 mA

Messdiagramme

Diagramm **A** zeigt den Frequenzverlauf mit den Höhen und Bass-Einstellern in den rechten Endstellungen (oben), in Mittelstellung (Mitte) und in den linken Endstellungen (unten). Die Lautstärke war während der Messung auf 40 dB eingestellt. Als obere Messbereichsgrenze wurde 200 kHz gewählt, so dass auch der Frequenzverlauf oberhalb des Audiobereichs sichtbar ist.

Diagramm **B** gibt die Wirkung der Loudness-Funktion wieder. Das Ausgangssignal wurde im Bereich 20 Hz...20 kHz gemessen, während das Eingangssignal in Schritten von 10 dB (bei 1 kHz) variiert wurde. Bei diesen Messungen war das Eingangssignal etwas größer (700 mV), und es wurde ein Bandpass verwendet, damit der Einstellbereich der Lautstärke besser sichtbar ist. Die oberste Kurve wurde aufgenommen, während die Lautstärke auf Maximum eingestellt war. Ihre stärkste Wirkung hat die Loudness-Funktion bei Lautstärken im Bereich 50...60 dB. Die unterste Kurve wurde gemessen, als die Lautstärke auf Minimum stand (Einstellspannung = 0 V). In diesem Fall liefert der Ausgang hauptsächlich Rauschen, so dass die Loudness-Funktion praktisch nicht mehr wirksam ist.



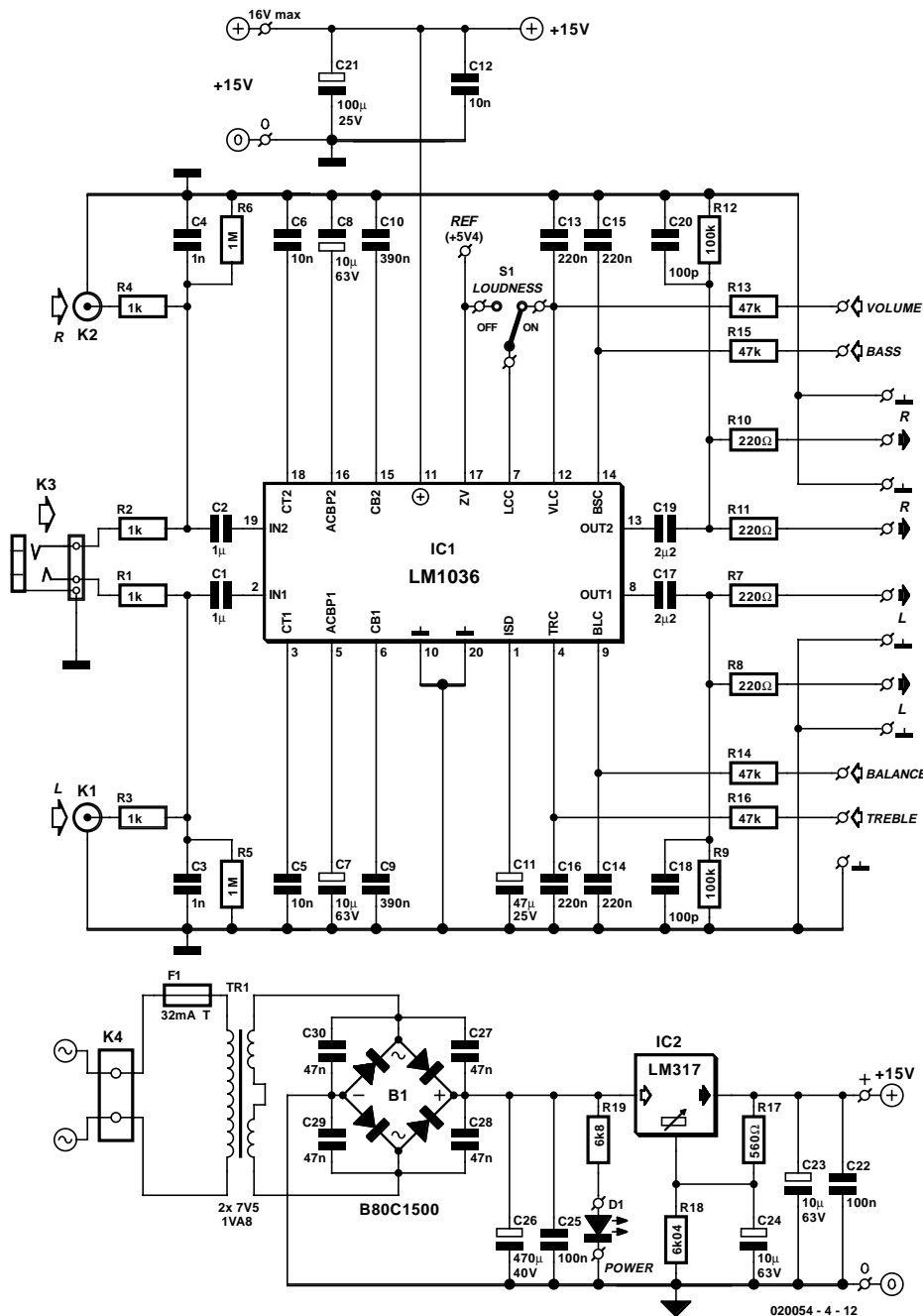


Bild 2. Die Einstellfunktionen sind im LM1036 integriert, sie werden über Gleichspannungen gesteuert.

Zwar kann der LM1036 keine absoluten High-End-Eigenschaften vorweisen, doch seine Daten bewegen sich durchaus im vorderen Mittelfeld. Hersteller National Semiconductor gibt die Kanaltrennung mit 75 dB an, die harmonischen Gesamt-Verzerrungen (THD) liegen laut Hersteller-Angaben bei 0,06 %, und der Signal-Rausch-Abstand beträgt beachtliche 80 dB. Dass diese Hersteller-Angaben nicht übertrieben sind, beweisen die Messungen, die im Elektor-Labor am Muster-Aufbau der Schaltung vorgenommen wurden. Ein Teil der Messergebnisse ist an anderer Stelle

in diesem Beitrag zusammengefasst. Ein vereinfachtes Funktionsschema des LM1036 ist in Bild 1 wiedergegeben (Datenblatt siehe "Downloads")

Überblick

Die Schaltung der Lautstärke- und Klangregelung mit dem LM1036 ist in Bild 2 dargestellt. Wie man sieht ist das IC außen mit diversen Widerständen und Kondensatoren beschaltet. Die Potentiometer und

der Loudness-Schalter sind Bild 2 nicht zu sehen; sie werden an den nach rechts führenden Leitungen angeschlossen. Die Stromversorgung, dargestellt im unteren Teil des Bildes, befindet sich einschließlich des Netztrafos auf der Platine. Für den Anschluss der Signalquelle sind sowohl Cinch-Buchsen (K1, K2) als auch eine Stereo-Klinken-Buchse (K3) vorgesehen. Die beiden Eingänge können wahlweise, jedoch nicht gleichzeitig benutzt werden. Bei parallelem Anschluss von zwei Signalquellen an K1/K2 sowie an K3 werden die Signale über R1/R3 und R2/R4 addiert, so dass sie sich gegenseitig beeinflussen. Für die Ausgänge sind auf der Platine keine Buchsen vorgesehen, sondern es sind doppelt ausgeführte Lötanschlüsse vorhanden. Die Lötanschlüsse kann man mit Ausgangsbuchsen verbinden, die später in die Gehäuserückwand eingebaut werden. Auf diese Weise hat man in der Wahl des Buchsen- und Stecker-Typs freie Hand. Von den Ausgangsbuchsen führen Audio-Leitungen zu den aktiven Zweirwege-Boxen und zum Subwoofer des Multimedia-Lautsprechersystems.

Die vier variablen Gleichspannungen, die über den LM1036 die Lautstärke, die Höhen und Bässe sowie die Balance steuern, werden mit vier einfachen, linearen Potentiometern (P1...P4) erzeugt. Die Spannungen werden zwischen Masse und der vom LM1036 bereit gestellten Referenzspannung 5,4 V (an Pin 17) abgegriffen und den Eingängen VL, BL, BS und TR (Pin 4, 9, 12 und 14) zugeführt.

Details

Die RC-Kombinationen R13/C13... R16/C16 halten unerwünschte Störsignale von den Steuereingängen des LM1036 fern. Für die Höheneinstellung benötigt das IC nur einen externen Kondensator pro Kanal, für die Basseinstellung ist ein weiterer Kondensator pro Kanal notwendig. C5 und C6 sind die Kondensatoren für die Höheneinstellung, C9 und C10 gehören zur Basseinstellung. Ferner muss der LM1036 mit drei Elkos beschaltet werden, die zum Entkoppeln verschiedener interner Spannungen dienen (C7, C8 und C11).

Die Kondensatoren C1 und C2 halten Gleichspannungsanteile der zugeführten Eingangssignale von den IC-Audio-Eingängen fern. Die Eingangsimpedanz des LM1036 ist 20 k; die Werte von C1 und C2 wurden so bemessen, dass die untere Eckfrequenz bei 20 k Eingangsimpedanz etwa 8 Hz beträgt. Die Kopplerkondensatoren an den Ausgängen (C17 und C19) haben etwas höhere Werte, da die Lastimpedanz bei angeschlossenem Multimedia-Lautsprechersystem einschließlich Subwoofer mit ca. 6,4 k relativ niedrig liegt. C18 und C20 sind hinzugefügt, um bei niedrigen Ausgangslasten eventuelle Schwing-

neigungen zu unterdrücken. Wie bereits mehrfach erwähnt ist im LM1036 eine so genannte Loudness-Funktion integriert, die eine Anhebung der Bässe und Höhen bei niedrigen Lautstärken bewirkt (siehe Diagramm B). Solange der Eingang "Loudness Compensation Control" (Pin 7) an der internen Referenzspannung (Pin 17) liegt, ist die Loudness-Funktion deaktiviert. Um die Loudness-Funktion zu aktivieren, muss Pin 7 mit dem Eingang "Volume Control" (Pin 12) verbunden werden. Mit Umschalter S1 kann man die Loudness-Funktion wahlweise ein- oder ausschalten. Anstelle des Schalters kann man

auch eine dreipolige Stiftleiste auf der Platine montieren, auf die ein Jumper in der gewünschten Position gesteckt wird.

Stromversorgung

Obwohl die Betriebsspannung des LM1036 normalerweise 12 V beträgt, arbeitet das IC hier an der etwas höheren Spannung 15 V. Bei dieser Betriebsspannung verträgt der LM1036 Eingangsspannungen bis 2 Veff, ohne das Signal zu begrenzen. Die Betriebsspannung wird von einem zur Schaltung gehörenden, auf der Platine befindlichen Netzteil geliefert. Die Stabilisierung übernimmt ein Spannungsregler vom Typ LM317 (IC2), da dieser einstellbare Spannungsregler eine bessere Brummunterdrückung (ca. 80 dB) bietet als ein 78XX-Festspannungsregler. Die Ausgangsspannung von IC2 ist mit den Widerständen R17 und R18 auf 15 V eingestellt. Exakt gilt dieser Wert allerdings nur, wenn das verwendete Exemplar des LM317 die "typischen" Eigenschaften hat (Spannung zwischen Ausgang und Reglereingang 1,25 V, Regler-Eingangsstrom 50 µA). Aufgrund der unvermeidlichen Toleranzen betrug die Ausgangsspannung beim Muster-Aufbau nur 14,43 V, was aber nicht allzu schwer ins Gewicht fällt. Wenn die Betriebsspannung des LM1036 exakt 15 V Wert betragen soll, kann man den Wert von R18 anpassen. Höhere Werte für R18 haben zur Folge, dass auch die Ausgangsspannung des LM317 höhere Werte annimmt.

Im Übrigen zeigt das Netzteil keine Besonderheiten. Vorhanden sind außer dem Netztrafo TR1 noch der Brückengleichrichter B1, der Sieb-Elko C26 sowie die Kondensatoren C25 und C27...C30. Diese Kondensatoren dienen zur Unterdrückung hochfrequenter Störeinflüsse.

Bleibt noch zu erwähnen, dass LED D1 aufleuchtet, solange die Schaltung in Betrieb ist.

Platine

In Bild 3 sind die Platine und der Bestückungsplan für die Schaltung aus Bild 2 wiedergegeben. Die Stromversorgung wurde auf dem rechten Platinen-Teil untergebracht; dieser Teil kann von der übrigen Platine abgetrennt werden, wenn man die beiden Teile in einem Gehäuse separat montieren möchte. Ein größerer räumlicher Abstand zwischen den Netzspannung führenden Leitungen und den Signaleingängen hat den Vorteil, dass eventuelle Brummscheinungen eliminiert werden.

Für den Schaltungsaufbau gilt auch hier, dass zuerst die Bauelemente mit niedriger Bauhöhe auf die Platine montiert werden,

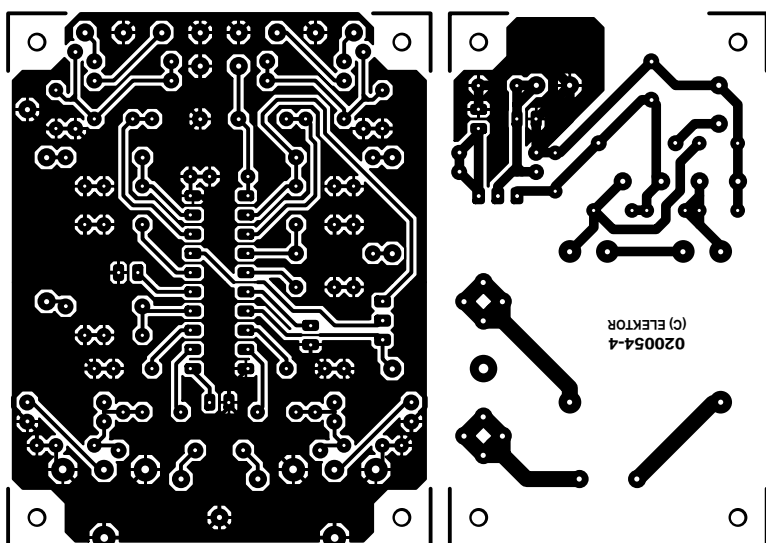
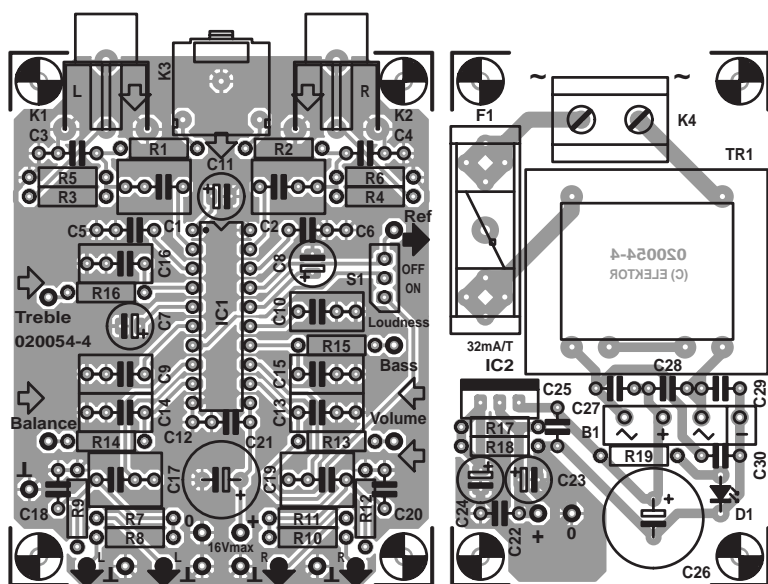


Bild 3. Platine und Bestückungsplan. Die Stromversorgung kann von der übrigen Schaltung getrennt werden.

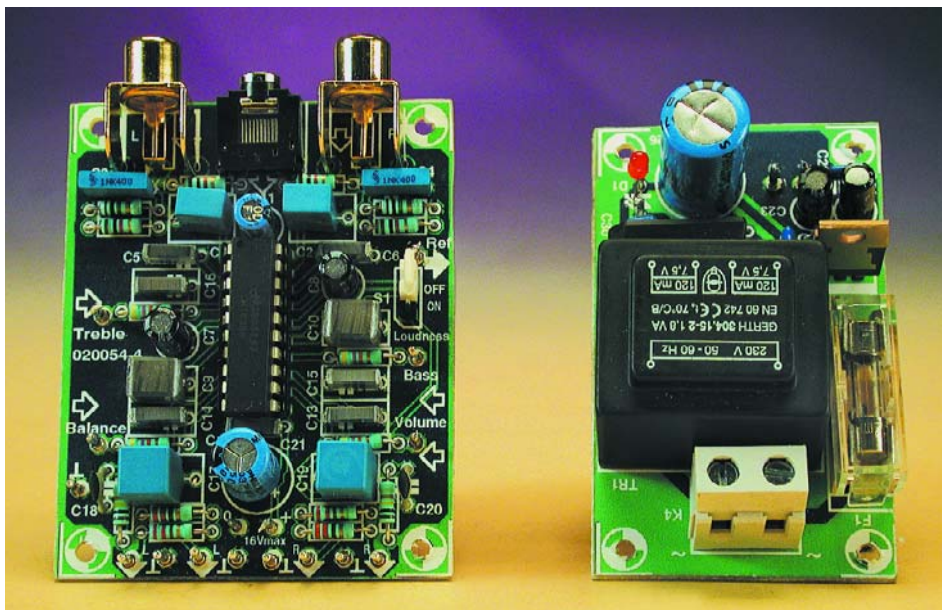


Bild 4. Ansicht der betriebsfertig aufgebauten I-Chip-Lautstärke- und Klangeinstellung.

gefolgt von den höheren Bauelementen. Wenn man diese Reihenfolge nicht einhält und zum Beispiel zuerst den Trafo und den Brückengleichrichter montiert, gestaltet sich die Montage von C27, C28 und C29 etwas mühsam.

In der Stückliste ist als Netztrafo ein 1,8-VA-Typ des Herstellers Gerth angegeben. Da die Bauform standardisiert ist, passen auch die meisten 1,5-VA-Trafos anderer Hersteller auf die Platine.

Der Aufbau der Schaltung auf der Platine ist schnell erledigt, denn die Anzahl der Bauelemente ist relativ gering, und die Platine ist übersichtlich gestaltet. Alle nach außen führenden Anschlüsse sind logisch angeordnet und eindeutig gekennzeichnet. Die Löt-Anschlüsse der Ausgänge befinden sich gegenüber der Seite, auf der die Eingangsbuchsen montiert sind. An den beiden übrigen Seiten sind die Anschlüsse für die vier Potentiometer (Höhen, Balance, Lautstärke und Bässe) sowie der Masse- und der Referenzspannungs-Anschluss zu finden.

Beim Muster-Aufbau wurde auf einen Schalter für die Loudness-Funktion verzichtet und statt dessen eine Stiftleiste mit Jumper auf die Platine montiert. Bild 4 zeigt eine Ansicht des Muster-Aufbaus. Die Auswahl eines passenden Gehäuses dürfte nicht schwierig sein, auch hier hat man weitgehend freie Hand. Der Handel bietet diverse geeignete Gehäuse-Typen an, in denen die beiden Platinen-Hälften und die vier Potentiometer bequem untergebracht werden können.

Als Netzzuleitung darf nur ein für diesen Verwendungszweck zulässiges Kabel verwendet werden, und eine Gehäusedurchführung mit

Zugentlastung und Knickschutz ist keinesfalls überflüssiger Luxus. Das Netzkabel muss so verlegt werden, dass auf Schraubklemmverbinder K4 kein mechanischer Zug einwirkt. Da Netzspannung lebensgefährlich sein kann, wird ausdrücklich empfohlen, die sporadisch in Elektor zum Thema "Elektrische Sicherheit" erscheinende

Seite zu lesen und die Sicherheitsrichtlinien konsequent zu befolgen. Die Verbindungen der Platine mit den vier Potentiometern und gegebenenfalls mit dem Loudness-Schalter sind unkritisch, da alle Funktionen durch Gleichspannungen gesteuert werden. Signalführende Leitungen gibt es hier nicht, die Leitungen brauchen nicht abgeschirmt zu sein.

Nach dem erfolgreichen Schaltungsaufbau und dem Einbau der Schaltung in das Gehäuse bleibt nur noch eins zu tun: Auf der Gehäuse-Rückseite oder -Unterseite wird ein Aufkleber angebracht, der Auskunft über die Art des Gerätes, die Platinennummer und den Wert der Netzsicherung gibt.

(020054-4)gd

Downloads

zu diesem Projekt:

Layout der Platine im PDF-Format unter www.elektor.de/dl/dl.htm

Datenblatt LM1036N im PDF- und HTML-Format unter www.national.com/pf/LM/LM1036.html

Stückliste

Widerstände:

- R1...R4 = 1 k
- R5, R6 = 1 M
- R7, R8, R10, R11 = 220 Ω
- R9, R12 = 100 k
- R13...R16 = 47 k
- R17 = 560 Ω
- R18 = 6k04
- R19 = 6k8
- P1...P4 = 47 k lin. (mono)

Kondensatoren:

- C1, C2 = 1 μ MKT, Raster 5/7,5 mm
- C3, C4 = 1 n
- C5, C6, C12 = 10 n
- C7, C8, C23, C24 = 10 μ/63 V stehend
- C9, C10 = 390 n
- C11 = 47 μ/25 V stehend
- C13...C16 = 220 n
- C17, C19 = 2μ2 MKT, Raster 5/7,5 mm
- C18, C20 = 100 p
- C21 = 100 μ/25 V stehend
- C22, C25 = 100 n keramisch
- C26 = 470 μ/40 V stehend

C27...C30 = 47 n keramisch

Halbleiter:

- D1 = LED, Low-current
- IC1 = LM1036N (National)
- IC2 = LM317 (TO-220)

Außerdem:

- K1, K2 = Cinch-Buchse für Platinenmontage
- K3 = 3,5-mm-Stereo-Klinkenbuchse für Platinenmontage
- K4 = Schraubklemmverbinder 2-polig, Raster 7,5 mm
- S1 = Umschalter 1-polig
- B1 = B80C1500 flach (~+~)
- F1 = 32 mA/T + Sicherungshalter für Platinenmontage
- TR1 = Netztrafo 2 · 7,5 V/1,8 VA (z.B. Gerth 304.15-2)
- Platine EPS 020054-4 (siehe Service-Seiten in der Heftmitte)

Bezugsquellenhinweise siehe

www.elektor.de/pcbs/pcbs.htm