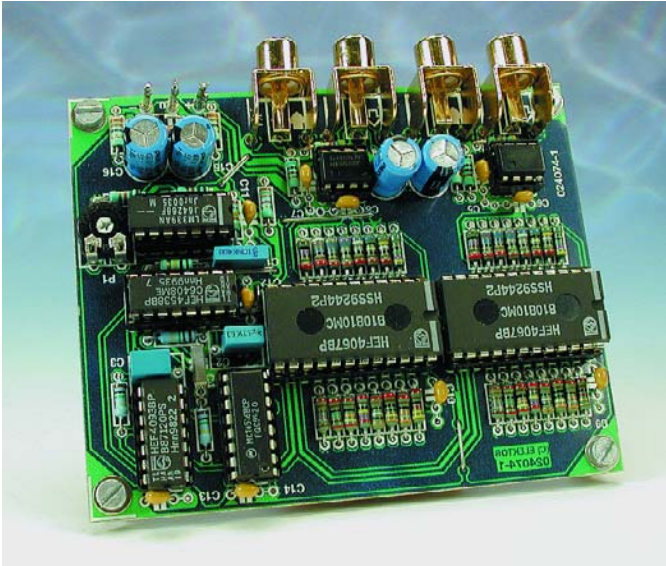
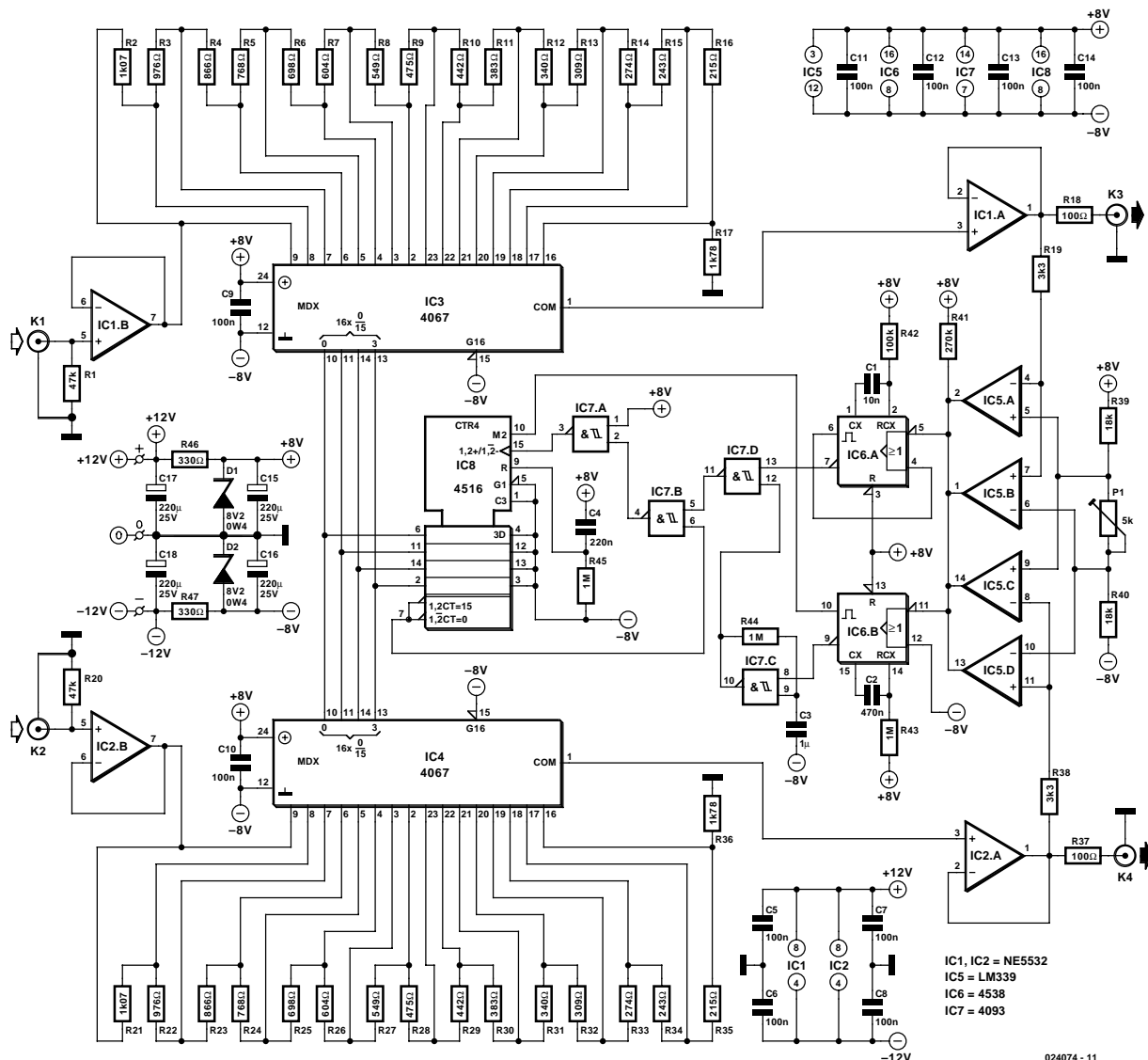


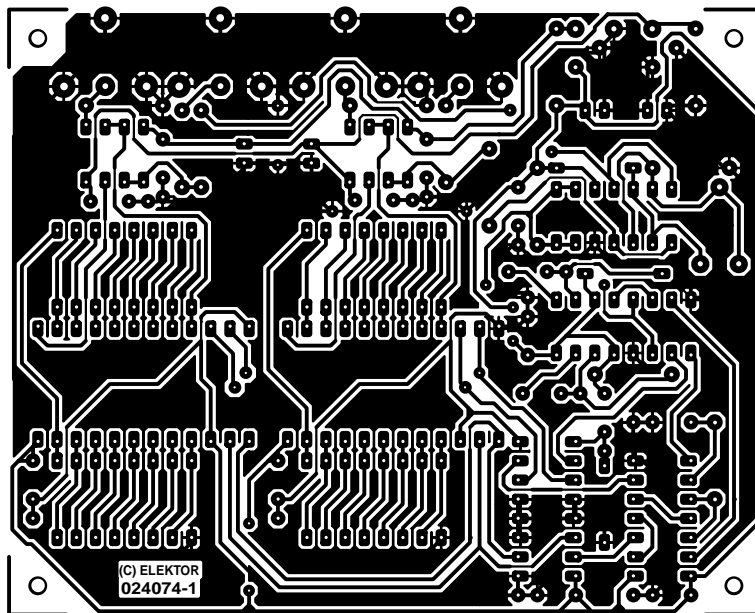
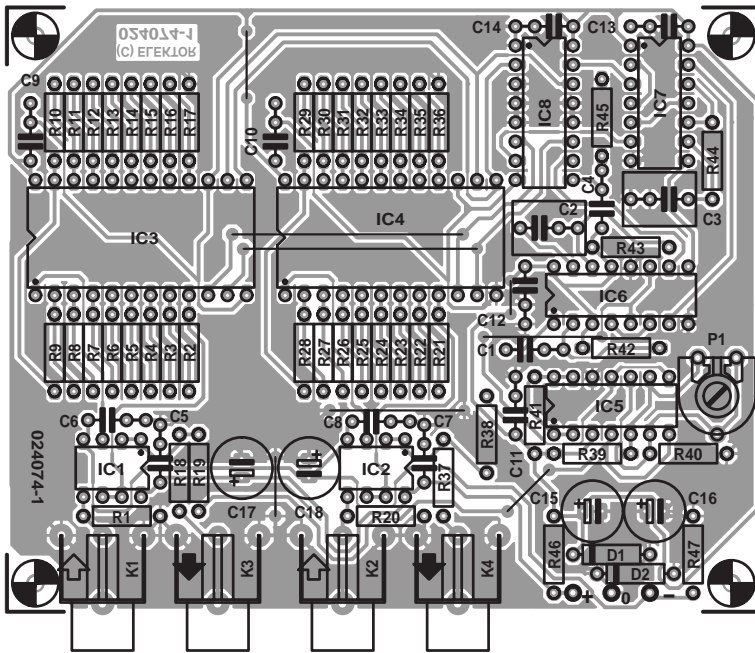
Audio-Limiter



Das Medium DVD tritt allmählich die Nachfolge des guten alten Videobandes an. Das Angebot an käuflichen Spielfilmen wächst rasant, und DVD-Spieler stehen bereits in vielen Wohnzimmern. Neuere Spielfilme, die fast immer mit ausgeklügelten Spezial-Effekten arbeiten, können auf der DVD eine enorme Audio-Dynamik entwickeln. Durch die Lautstärke-Spitzen fühlt sich nicht selten die Umwelt gestört, insbesondere wenn man die Lust auf Kino-Action zu nachtschlafener Zeit befriedigt. Der Ärger mit dem Nachbarn lässt sich vermeiden, wenn die Lautstärke-Spitzen von einem Dynamik-Begrenzer auf ein verträgliches Maß gebracht werden. Den Dynamik-Begrenzer kann man leicht zwischen den DVD-Spieler und die Stereo-Anlage schalten. Allerdings ist dabei wichtig, dass der Begrenzer möglichst verzerrungsarm arbeitet und nicht die exzellente DVD-Tonqualität zunichte macht. Die hier vorgestellte Audio-Limiter-Schaltung begrenzt die



024074 - 11



Stückliste

Widerstände:

- R1,R20 = 47 k
- R2,R21 = 1k07
- R3,R22 = 976 Ω
- R4,R23 = 866 Ω
- R5,R24 = 768 Ω
- R6,R25 = 698 Ω
- R7,R26 = 604 Ω
- R8,R27 = 549 Ω
- R9,R28 = 475 Ω
- R10,R29 = 442 Ω
- R11,R30 = 383 Ω
- R12,R31 = 340 Ω
- R13,R32 = 309 Ω
- R14,R33 = 274 Ω
- R15,R34 = 243 Ω
- R16,R35 = 215 Ω
- R17,R36 = 1k78
- R18,R37 = 100 Ω
- R19,R38 = 3k3
- R39,R40 = 18 k
- R41 = 270 k
- R42 = 100 k
- R43...R45 = 1 M
- R46,R47 = 330 Ω
- P1 = 5 k Trimpoti

Kondensatoren:

- C1 = 10 n
- C2 = 470 n
- C3 = 1 μ MKT, Raster 5/7,5 mm
- C4 = 220 n
- C5...C14 = 100 n keramisch
- C15...C18 = 220 μ/25 V stehend

Halbleiter:

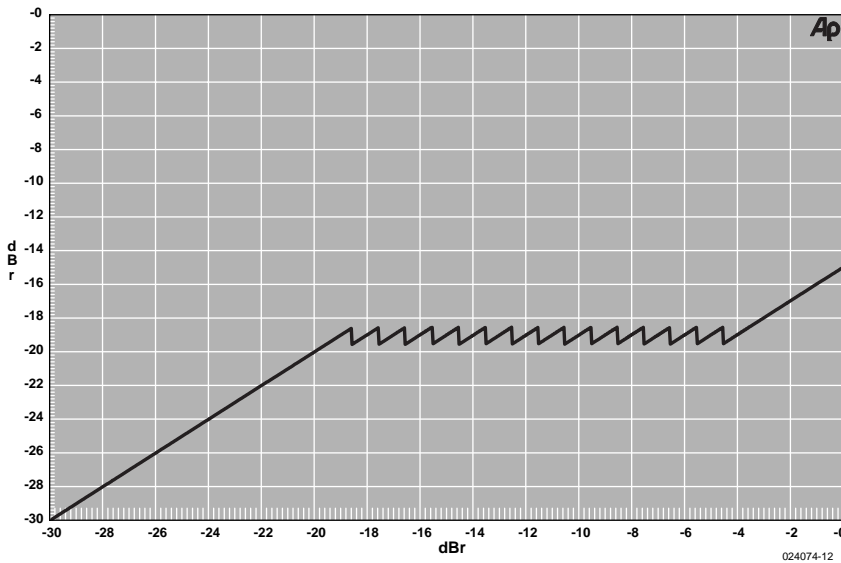
- D1,D2 = Zener-Diode 8,2 V/0,4 W
- IC1,IC2 = NE5532
- IC3,IC4 = 4067
- IC5 = LM339
- IC6 = 4538
- IC7 = 4093
- IC8 = 4516

Außerdem:

- K1...K4 = Cinch-Buchse für Platinenmontage, z.B. Monacor T-709G
- Platine EPS 024074-1 (siehe Serviseiten in der Heftmitte. Layout: Gratis Download bei www.elektor.de)

Spitzen-Werte des Audio-Signals praktisch ohne Zeit-Verzug, und anschließend regelt sie das Signal langsam wieder hoch. Für jeden Kanal sind ein 16-stufiger Spannungsteiler (R2...R17 bzw. R21...R36) und ein analoger Multiplexer/Demultiplexer vom Typ 4067 (IC3 und IC4) vorhanden. Den Spannungsteilern sind Puffer-Stufen vorgeschaltet (IC1b, IC2b), und auch die Ausgänge werden auf gleiche Weise gepuffert (IC1a, IC2a). Der Regel-Bereich des Audio-Limiters beträgt 15 dB in Stufen von 1 dB; für das Ohr hört sich dies wie eine stetige Regelung an. Unterhalb des Begrenzer-Einsatzes ist die Gesamt-Verstärkung gleich 1.

Die Signale der beiden Kanäle werden von Fenster-Komparatoren überwacht (IC5a...d). Damit der Aufwand klein bleibt, werden nur die absoluten Spitzen-Spannungen gemessen und mit der Referenz-Spannung verglichen, die der aus R39, P1 und R40 bestehende Spannungsteiler liefert. Die Referenz-Spannung lässt sich mit P1 zwischen 0 V und 1 V einstellen. Für eine maximale Signal-Spannung von 2 V_{eff} bedeutet dies eine Begrenzung um etwa 9 dB. Der Regel-Bereich der Schaltung wurde mit Absicht auf 15 dB beschränkt. Dadurch wird die Audio-Dynamik nicht völlig weg geregelt, sondern sie bleibt so weit wie möglich erhalten. In der Praxis hat sich die



Einstellung bewährt, bei der die Dialoge der Schauspieler in Spielfilmen noch nicht herunter geregelt werden, die Begrenzung aber bei etwas lauterem Passagen sofort einsetzt.

Die Ausgangssignale der Fenster-Komparatoren steuern zwei Monoflops (IC6a und IC6b), die ihrerseits die Zählimpulse für den binären Auf/Abwärts-Zähler IC8 liefern. Die Monoflops werden von den Rückflanken der Komparator-Ausgangssignale getriggert, da die Rückflanken etwas steiler als die Vorderflanken sind. Monoflop IC6a formt aus jedem Trigger-Impuls einen Impuls für die Steuerung des Zählers; dieser Impuls ist 1 ms breit. Dadurch wird erreicht, dass der Zähler bei hohen Audio-Frequenzen nicht in kürzester Zeit hoch zählt, sondern mit einer kurzen Verzögerung ("attack time") auf seinen höchsten Stand gebracht wird. Im Frequenzbereich unter 1 kHz vergehen 15 Perioden des steuernden Audio-Signals, bevor die maximale Begrenzung einsetzt. Mit einem reinen Sinus-Signal mit der Frequenz 20 Hz würde die Verzögerung 0,75 s betragen. Die realen Audio-Signale sind jedoch wesentlich komplexer, sodass die maximale Begrenzung deutlich schneller erreicht wird.

Monoflop IC6b wird gleichzeitig mit Monoflop IC6a getriggert. Dieses Monoflop hat zusammen mit den vier NAND-Gattern (IC7a...d) zweifache Funktion. Solange IC6b gekippt ist, werden über IC7c und IC7d die Zähler-Impulse von IC6a weiter gegeben. Der invertierte Ausgang von IC6b wird 0, der Ausgang von IC7c wird 1, und IC7d wird geöffnet. Die zweite Funktion von IC6b ist das Steuern der Zähl-Richtung von IC8; hierzu dient das nicht invertierte Ausgangssignal dieses Monoflops.

Beim Einsetzen der Begrenzung müssen die Multiplexer so gesteuert werden, dass sie mit jedem Zähl-Impuls einen niedrigeren Abgriff des Spannungsteilers zum Ausgangspuffer durchschalten.

Mit dem Carry-Out-Signal von Zähler IC8 und den Gattern IC7a, IC7b wird verhindert, dass Zähler IC8 beim Aufwärtszählen vom höchsten auf den niedrigsten Stand springt. Auch in umgekehrter Zähl-Richtung wird der Sprung vom niedrigsten auf den höchsten Zähler-Stand blockiert.

Wenn das Audio-Eingangssignal unter die Begrenzer-Einsatzschwelle fällt, schwingt nach dem Rückkippen von IC6b der Oszillator IC6c an, sodass Zähler IC8 rückwärts zählt. Die Zeit, die bis zum Hoch-Regeln des Audio-Signals vergeht, hängt von der Kippdauer des Monoflop IC6b ab; sie beträgt hier etwa 0,5 s ($t = R43 \cdot C2$). Die Geschwindigkeit, mit der das Signal anschließend hoch geregelt wird (recovery time), ist von der Frequenz des Oszillators IC7c abhängig.

Der Zähler wird beim Einschalten des Audio-Limiters mit R45 und C4 rückgesetzt. Die Betriebsspannung der Opamps ist hier höher als die Betriebsspannung der digitalen ICs, da die

Opamps mit einigen Volt Knie-Spannung am Ausgang arbeiten und das Eingangssignal im Common Mode kleiner als die angelegte Betriebsspannung ist. Auf diese Weise kann der Spannungsbereich der Multiplexer am besten genutzt werden. Die Betriebsspannung für den digitalen Schaltungsteil wird mit den Zener-Dioden D1 und D2 erzeugt, wobei R46 und C15 bzw. R47 und C16 zur Entkopplung dienen. Damit liegt diese Betriebsspannung symmetrisch zum analogen Masse-Potenzial. Die Komparatoren beziehen ihre Betriebsspannung ebenfalls vom digitalen Teil der Schaltung, da ihre Ausgänge die digitalen Monoflops steuern. Die Strom-Aufnahme der Schaltung beträgt insgesamt etwa 26 mA.

Die Messkurve lässt deutlich erkennen, wie der Audio-Limiter das Audio-Eingangssignal beeinflusst. Das Ausgangssignal ist dort als Funktion des Eingangssignals dargestellt. Wenn die Amplitude des Eingangssignals langsam ansteigt, folgt das Ausgangssignal dem Eingangssignal bis zur eingestellten Begrenzer-Einsatz-Schwelle. Unmittelbar danach wird das Ausgangssignal um 1 dB abgeschwächt, um anschließend wieder dem Eingangssignal zu folgen. Dieser Vorgang wiederholt sich bei weiterem Anstieg der Eingangssignal-Amplitude insgesamt 15 mal. Nach Erreichen der maximalen Abschwächung ist das Ausgangssignal wieder proportional zum Eingangssignal, allerdings um 15 dB abgeschwächt.

(024074)gd

Hier noch einige Messwerte zum Audio-Limiter (0 dBr = 2 mV_{rms}):

Stromaufnahme:	±26 mA
THD+N bei 1 kHz:	0,0012 %
	(0 dBr, Verstärkung = -15 dB)
THD+N bei 20 kHz:	0,0058 %
	(0 dBr, Verstärkung = -15 dB)
THD+N bei 20 Hz...20 kHz:	0,0054 %
	(10 dBr, Verstärkung = 0 dB)