



Optischer Trennverstärker für analoge Audiosignale

Diese Schaltung ermöglicht die optoelektronische Übertragung von analogen Stereo-Signalen im Frequenzbereich von < 20 Hz bis > 40 kHz mit ausgezeichneter Signalqualität. Der Klirrfaktor beträgt bei 1 kHz und Vollauststeuerung weniger als 0,05 %.

Allgemeines

Bei der Verkopplung von analogen Audiokomponenten kann es aufgrund von unterschiedlichen Masse-Bezugspunkten zu Störungen (z. B. Brummen) kommen.

Besonders bei der Übertragung von analogen Signalen über größere Entfernungen tritt dieses durch Masse-Potentialdifferenzen verursachte Problem häufig auf.

Aber auch der Anschluß von analogen Audiogeräten an PC-Soundkarten ist oft mit ähnlichen Schwierigkeiten behaftet.

Da derartige Probleme mit einfachen Mitteln nicht in den Griff zu bekommen sind, bleibt nur eine galvanisch getrennte Übertragung der Toninformationen, für die man in der Regel Trennverstärker verwendet.

Bei entkoppelten Signalbezugspunkten können sich Spannungsdifferenzen nicht mehr auswirken, und die gegenseitige Beeinflussung der analogen Komponenten durch Masseschleifen wird verhindert.

Die naheliegendste und einfachste Problemlösung scheint auf den ersten Blick

eine transformatorische Kopplung in den beiden Audio-Signalwegen des rechten und linken Stereokanals zu sein. In der Praxis ist dieser Lösungsweg jedoch mit einer ganzen Reihe von Schwierigkeiten behaftet, und ohne teure Spezialübertrager kann nicht die gewünschte Übertragungsbandbreite von 20 Hz bis 20 kHz erreicht werden. Ein wesentlicher Nachteil ist die sich in Abhängigkeit von der Übertragungsfrequenz stark verändernde Ein- und Ausgangsimpedanz.

Eine universell einsetzbare galvanische Trennung ist daher bei transformatorischer Kopplung nur mit zusätzlicher Elektronik (Anpaßverstärker) auf der Primär- und Sekundärseite des Übertragers möglich. Als weitere Nachteile kommen störende Resonanzeffekte hinzu.

Als Alternative zum Transformator bietet sich die optoelektronische Signalübertragung für einen Isolierverstärker an.

Für digitale Impulstelegramme ist dies mit herkömmlichen Optokopplern einfach und preiswert realisierbar. Wenn jedoch analoge Spannungen bzw. Ströme in proportionale Lichtintensitäten umgesetzt

werden sollen, ist dies nur mit Spezial-Optokopplern zu realisieren.

Ein derartiger Trennverstärker ist mit dem linearen Optokoppler IL 300 von Siemens realisierbar, der zudem mit wenig externer Beschaltung auskommt.

Mit einer Gleichtaktunterdrückung von 130 dB, einer Stabilität von ± 50 ppm/°C und einer Linearität von 0,01 % weist die-

Technische Daten: Optischer Trennverstärker

Stereo-Eingang:	..... 2 x Cinch-Buchse
Eingangsspegel:	.... nominal 775 mV _{eff} (max. 1,4 V _{eff})
Stereo-Ausgang:	.... 2 x Cinch-Buchse
Verstärkung:	..... 0 dB
Frequenzgang:	..... < 20 Hz bis > 40 kHz (± 1 dB)
Klirrfaktor:	..... 0,05 % bei 1 kHz und 775 mV _{eff}
Linearität:	..... 0,01 %
Betriebsanzeige:	..... LED
Betriebsspannung:	..... 230 V / 50 Hz
Abmessungen (L x B x H):	..... 147 x 80 x 46 mm

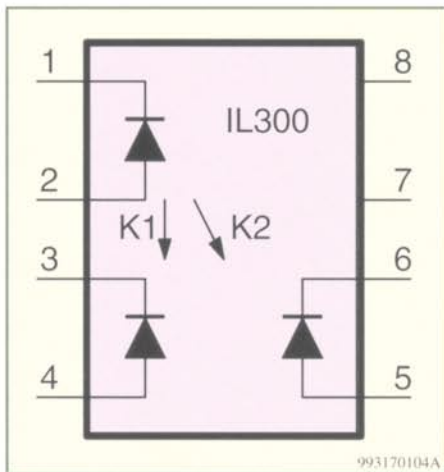


Bild 1: Interner Aufbau und die Pinbelegung des Linear-Optokopplers IL 300

ses Bauteil hervorragende Leistungsmerkmale auf.

Im Gegensatz zu gewöhnlichen Optokopplern, die ausschließlich für die Übertragung digitaler Schaltzustände entwickelt wurden, spielen bei der linearen Übertragung von Strom und Spannung Störgrößen wie Betriebs- und Umgebungstemperatur, Nichtlinearität sowie alterungsbedingte Änderungen der elektrischen Parameter eine entscheidende Rolle.

Um diese Änderungen automatisch auszuregulieren, wird bei Linear-Optokopplern der Lichtempfänger auf der Steuerseite nochmals nachgebildet.

Wird auf beide Fotodioden der gleiche Lichtanteil gekoppelt, so können Nichtlinearität und alterungsbedingte Änderungen der Sendediode optimal ausgeregelt werden.

Der integrierte Aufbau und die Pinbelegung des nach diesem Prinzip arbeitenden Linear-Optokopplers IL 300 von Siemens ist in Abbildung 1 zu sehen.

Die im IL 300 integrierte Sendediode ist mit der Katode an Pin 1 und mit der Anode an Pin 2 angeschlossen. Das Infrarotlicht wird gleichzeitig auf beide, voneinander unabhängige, PIN-Fotodioden gekoppelt, die elektrisch die gleichen Daten aufweisen.

Aufgrund der mechanischen Anordnung im Gehäuse ist die an Pin 3 und Pin 4 angeschlossene Fotodiode als Servo-Fotodiode vorgesehen, die ein Rückführungssignal zur Steuerung des Durchflußstroms I_F der an Pin 1 und Pin 2 angeschlossenen Sendediode liefert. Der Fotostrom der Servodiode ist dabei dem einfallenden Strahlungsfluß direkt proportional.

Die Sendediode wird üblicherweise in einer optischen Regelschleife betrieben, so daß deren Ausgangs-Strahlungsfluß linearisiert wird. Die Abhängigkeit von Temperatur und Alterung wird dadurch verhindert. Der Fotostrom der Ausgangsdiode ist ebenfalls dem einfallenden Strahlungsfluß und somit auch dem Fotostrom der Rück-

kopplungsdiode direkt proportional. Die Übertragungsverhältnisse innerhalb des Bausteins werden durch Koppelfaktoren angegeben, wobei das Übertragungsverhältnis zwischen der Sendediode und der Servodiode durch den Koppelfaktor K_1 und das Übertragungsverhältnis der Sendediode und der Ausgangsdiode durch den Koppelfaktor K_2 ausgedrückt wird. Das Verhältnis der beiden internen Koppelfaktoren ergibt dann die Gesamtübertragungsrate K_3 ($K_3 = K_2 / K_1$).

Der IL 300 ist entsprechend Tabelle 1 selektiert nach 10 unterschiedlichen Koppelfaktoren lieferbar.

Tabelle 1

Typ	Koppelfaktor K_3
IL 300 A	0,560 bis 0,623
IL 300 B	0,623 bis 0,693
IL 300 C	0,693 bis 0,769
IL 300 D	0,760 bis 0,855
IL 300 E	0,855 bis 0,950
IL 300 F	0,950 bis 1,056
IL 300 G	1,056 bis 1,175
IL 300 H	1,175 bis 1,304
IL 300 I	1,304 bis 1,449
IL 300 J	1,449 bis 1,610

Die Empfangsdioden des IL 300 sind wahlweise als photovoltaische oder als fotoleitende Stromquellen einsetzbar. Im photovoltaischen Betrieb wird jedoch die höchste Linearität, das geringste Rauschen und somit das stabilste Verhalten erreicht. Der Übertragungsbereich, d. h. die Bandbreite hingegen ist im fotoleitenden Betrieb größer.

Da jedoch in einer Audioanwendung die maximale Signalbandbreite von 200 kHz nicht erforderlich ist, liegen die meisten Vorteile im photovoltaischen Betrieb.

Die an Pin 1 und Pin 2 anliegende Sendediode sollte mit einem Treiberstrom von 5 mA bis 10 mA betrieben werden.

Unsere optoelektronische Audiosignal-trennung ist mit einem eingebauten 230V-Netzteil in einem Kunststoffgehäuse untergebracht und verarbeitet Audioeingangssignale von < 20 Hz bis > 40 kHz mit ± 1 dB. Der maximale Eingangspegel beträgt ca. 4 Vss und die Verstärkung wird auf 0 dB fest eingestellt. Das Gerät ist einfach in den Signalweg einzuschleifen, ohne daß dabei eine Bedienung erforderlich ist.

Schaltung

In Abbildung 2 ist das Netzteil und in Abbildung 3 die Schaltung des eigentlichen Trennverstärkers zu sehen.

Da die Stufen des rechten und linken Stereokanals völlig identisch aufgebaut sind, wurde in Abbildung 3 nur ein Kanal dargestellt. Im Schaltbild gelten die direk-

ten Bauteilbezeichnungen daher für den linken Kanal, und die Bauteilnumerierungen für den rechten Kanal stehen in Klammern.

Die Schaltungsbeschreibung beginnen wir mit der Netzteil-schaltung in Abbildung 2. Da es sich um eine Trennschaltung handelt, sind zur Spannungsversorgung der Ein- und Ausgangsstufen voneinander galvanisch getrennte Betriebsspannungen erforderlich. Die Trennung im Netzteil wird durch zwei voneinander unabhängige Sekundärwicklungen des Netztrafos erreicht.

In unserer Schaltung dient die obere Trafowicklung zur Versorgung der eingangsseitigen Elektronik, und die untere Sekundärwicklung versorgt die Ausgangsstufen der Linear-Optokoppler.

Die beiden voneinander unabhängigen Netzteil-schaltungen sind identisch aufgebaut, wobei die Wechselspannung der jeweiligen Sekundärwicklung zuerst auf einen Brückengleichrichter gelangt. Nach der Gleichrichtung nehmen dann die Elkos C 1 und C 6 eine erste Pufferung vor und die Keramik-kondensatoren C 2 und C 7 verhindern hochfrequente Störeinflüsse.

Sowohl die Ein- als auch die Ausgangsverstärker der Optokoppler benötigen eine negative Hilfsspannung, die mit Hilfe der Z-Dioden D 10 und D 11 in den Minusleitungen der beiden Spannungsregler (IC 1, IC 2) erzeugt werden. Durch die jeweilige Z-Diode wird dann das Massepotential ca. 2,7 V über dem Minusanschluß liegen.

Zur Versorgung der Eingangsverstärker stehen somit +5 V und -2,7 V und zur Versorgung der Ausgangsverstärker +8 V und -2,7 V zur Verfügung.

Die über R 15 mit Spannung versorgte Leuchtdiode D 9 dient zur Betriebsanzeige des Gerätes und die Elkos und Keramik-kondensatoren an den Ausgängen der Spannungsregler verhindern Störungen und Schwingneigungen.

Nach der Beschreibung der Netzteil-schaltung kommen wir nun zum eigentlichen Trennverstärker in Abbildung 3. Die Schaltung kann bipolare Signale verarbeiten, und die Fotodioden arbeiten im photovoltaischen Betrieb.

Die Katode der Servodiode ist direkt mit dem invertierenden Eingang, die Anode ist direkt mit dem nicht-invertierenden Eingang (Schaltungsmasse) des Operationsverstärkers IC 3 A verbunden.

Da zur Übertragung von bipolaren Signalen vorgespannte Verstärkerstufen erforderlich sind, wird über den Widerstand R 3 ein Strom von ca. 100 μ A eingepreßt. Im Ruhezustand, d. h. ohne NF-Eingangssignal, kann sich an den Eingängen des Operationsverstärkers dann ein Gleichgewicht einstellen, wenn sich der Ruhestrom der Servo-Fotodiode (an Pin 3 und Pin 4) ebenfalls auf 100 μ A einstellt. Dieser Strom

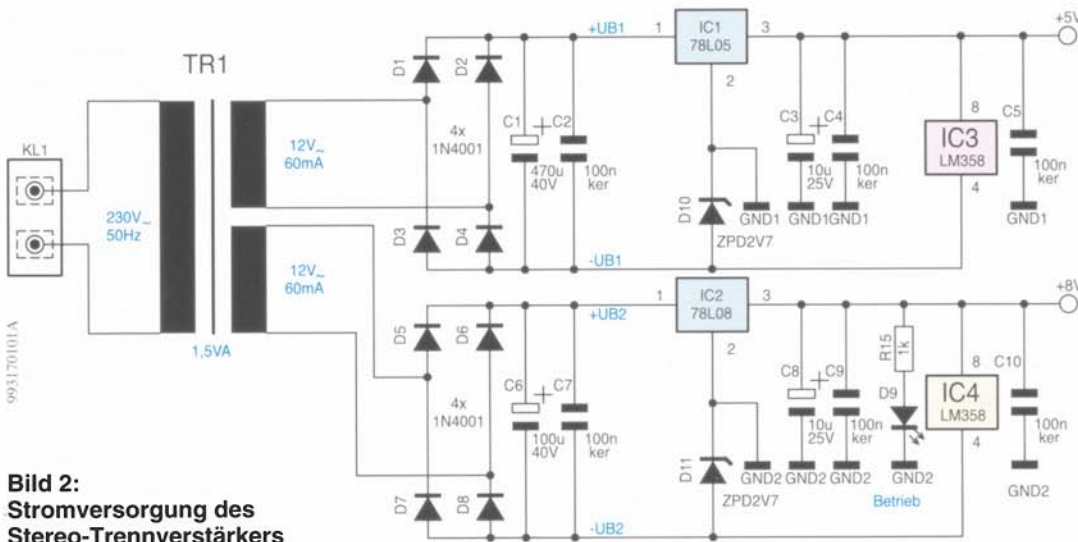


Bild 2:
Stromversorgung des Stereo-Trennverstärkers

ist wiederum direkt vom Strom durch die Infrarot-Sendediode an Pin 1 und Pin 2 abhängig.

Der Ausgangs-Fotostrom der an Pin 5 und Pin 6 extern zugänglichen Fotodiode ist ebenfalls direkt vom Strahlungsfluß der Sendediode abhängig und somit auch direkt proportional zum Fotostrom der Servodiode.

Das Audio-Eingangssignal des linken Stereokanals wird der Schaltung, auf Eingangsmasse bezogen, an BU 1 zugeführt und mit C 11 gleichspannungsmäßig entkoppelt.

Über R 2 wird ein direkt zum Eingangssignal proportionaler Strom eingepreßt, wobei die maximal zulässige Signalamplitude von der Dimensionierung dieses Widerstandes abhängig ist.

In der vorliegenden Dimensionierung sind Signalamplituden von ± 2 V bei einem Übertragungsbereich von < 20 Hz bis > 40 kHz zu verarbeiten. Der maximale Servo-Fotostrom fließt bei einer Signalamplitude von $+2$ V.

Die Ausgangs-Fotodiode ist mit der Anode am nicht-invertierenden Eingang (Pin 3) und mit der Katode am invertierenden Eingang (Pin 2) des Operationsverstärkers IC 4 A angeschlossen.

Die Ausgangsspannung an IC 4 Pin 1 ist gleich dem Produkt aus dem Fotostrom der

Ausgangs-Fotodiode und dem Gesamt-Rückkopplungswiderstand (R 5 + R 6). Da die Schaltung ausschließlich zur galvanischen Trennung dient, ist mit R 5 eine Verstärkung von 0 dB einzustellen.

R 7 bestimmt die Ausgangsimpedanz der Schaltung, und über C 13 wird das Audiosignal direkt auf die Ausgangsbuchse BU 3 gekoppelt.

Der Kondensator C 17 im Rückkopplungszweig dient ausschließlich zur Schwingneigungsunterdrückung.

Nachbau

Eine einseitige Leiterplatte mit den Abmessungen 135 mm x 69 mm dient zur Aufnahme von sämtlichen Komponenten unseres Stereo-Trennverstärkers. Da ausschließlich konventionelle bedrahtete Bauteile zum Einsatz kommen, ist der praktische Aufbau einfach.

Achtung!

Der Aufbau und die Inbetriebnahme des Trennverstärkers dürfen aufgrund der darin frei geführten Netzspannung ausschließlich von Fachleuten durchgeführt werden, die hierzu aufgrund ihrer Ausbildung befugt sind. Die geltenden VDE- und Sicherheitsvorschriften sind unbedingt zu beachten.

Trotz einseitiger Leiterplatte sind inner-

halb des Gerätes keine Drahtbrücken erforderlich.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit 11 Metallfilm-Widerständen, deren Anschlußbeinchen zuerst auf Rastermaß abzuwinkeln, dann durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen und an der Lötseite leicht anzuwickeln sind.

Nach dem Verlöten sämtlicher Anschlußbeinchen in einem Arbeitsgang werden die überstehenden Drahtenden, wie auch bei den nachfolgend zu bestückenden bedrahteten Bauteilen, direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten.

Es folgt in gleicher Weise die Bestückung der Dioden. Dabei ist unbedingt die korrekte Polarität der an der Katodenseite (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichneten Bauteile zu beachten.

Die in erste Linie zur Abblockung dienenden Keramik-Kondensatoren sind mit möglichst kurzen Anschlußbeinchen anzulöten, und bei den üblicherweise am Minuspol gekennzeichneten Elektrolyt-Kondensatoren ist auf die korrekte Polarität zu achten.

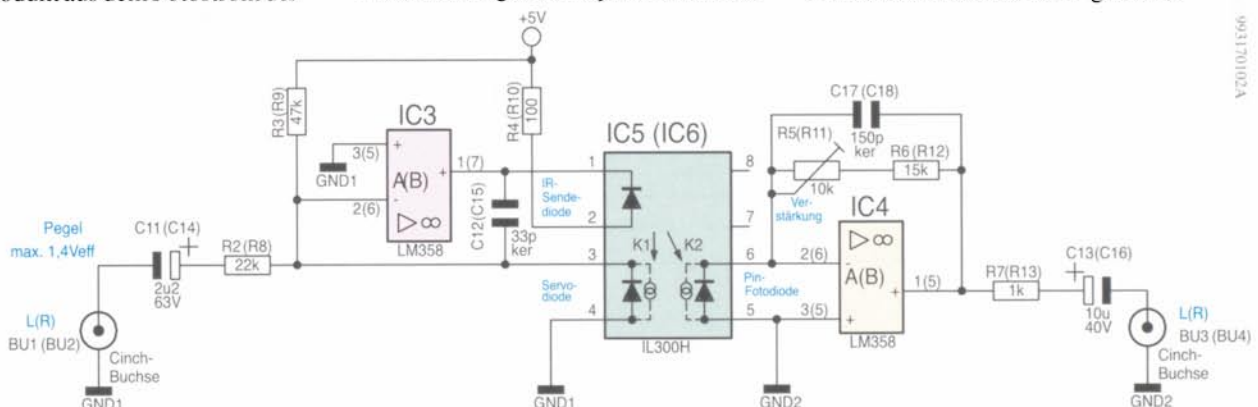
Danach sind die wie Kleinsignal-Transistoren aussehenden Spannungsregler IC 1 und IC 2 einzulöten.

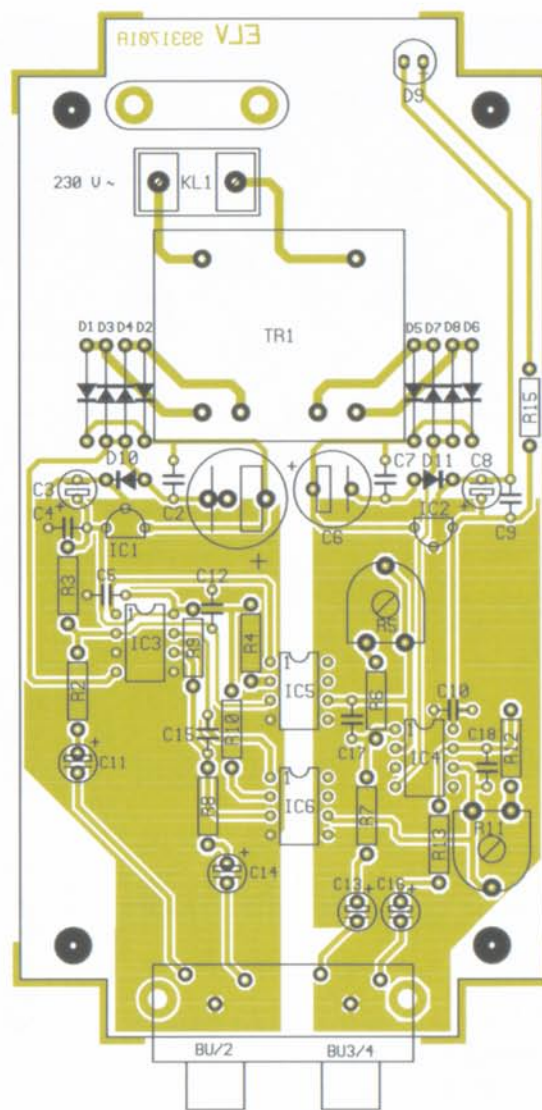
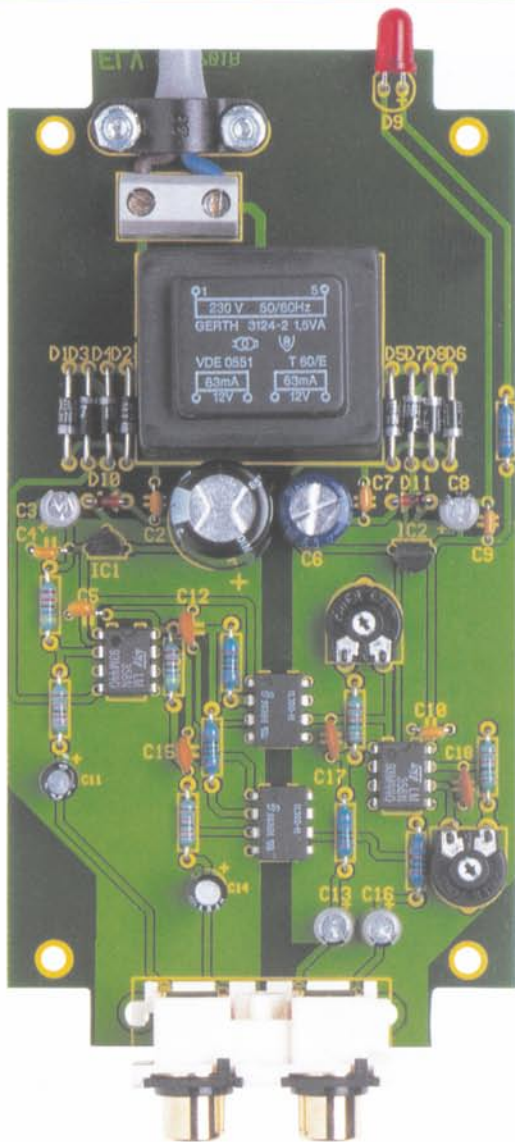
Die weiteren integrierten Schaltkreise sind entweder an der Pin 1 zugeordneten Seite durch eine Gehäusekerbe oder an Pin 1 durch einen Punkt gekennzeichnet. Die Bestückung erfolgt entsprechend des Symbols im Bestückungsdruck.

Beim Einlöten der beiden Einstelltrimmer (R 5, R 11) ist eine zu große Hitzeeinwirkung auf das Bauteil zu vermeiden. Die Anschlußbeinchen der Leuchtdiode D 9 zur Betriebsanzeige sind ca. 1 bis 2 mm hinter dem Gehäuseaustritt polaritätsrichtig abzuwinkeln. Die LED wird dann direkt liegend auf die Leiterplatte gelötet.

Besondere Sorgfalt ist beim Einlöten des 230V Netztransformators und der Netz-Schraubklemmleiste KL 1 geboten.

Bild 3:
Optischer Trennverstärker eines Stereo-Kanals





Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan

Selbst wenn eine Schraubklemme sich löst, dürfen die Leitungen innerhalb des Gerätes keine Metallgegenstände berühren können.

Nach einer gründlichen Sichtkontrolle hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehler wird mit einer Knippingschraube 2,9 x 9,5 mm die Frontplatte angeschraubt und die soweit fertiggestellte Konstruktion mit 4 Knippingschrauben 2,9 x 6,5 mm in die Gehäuse-Unterhalbchale montiert. Nun kann ein erster Funktionstest erfolgen und mit R 5 und R 11 die Verstärkung auf 0 dB eingestellt werden (d. h. die Ein- und Ausgangssignale müssen den gleichen Signalpegel aufweisen).

Stehen keine Meßmöglichkeiten zur Verfügung, so ist der Abgleich auch einfach nach Gehör (gleiche Lautstärke mit und ohne Trennverstärker) durchzuführen, ohne daß dabei Qualitätseinbußen auftreten.

Im letzten Arbeitsschritt ist mit den zugehörigen Gehäuseschrauben das Gehäuseoberenteil zu montieren und die selbstklebenden Gummifüße anzubringen. Nun kann der Optische Trennverstärker in der Praxis Einsatz finden. **ELY**

Als letztes Bauteil bleibt nur noch die Cinch-Anschlußplatte mit den vier Cinch-Buchsen einzubauen. Nach dem Einrasten des Bauteils in die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte sind die Anschluß-Pins mit ausreichend Lötzinn festzusetzen.

Zum Anschluß der 230V-Netzzuleitung ist zuerst eine Gummi-Durchführungsstülle in die zugehörige Bohrung der Gehäuse-rückwand zu drücken. Das 2adrige Netzkabel wird dann von außen durchgeführt und auf 10 mm Länge die äußere Ummantelung entfernt. Nun sind die beiden Innendern auf 5 mm Länge abzuisolieren und Aderendhülsen aufzuquetschen.

Als dann werden die Leitungsenden in die 2polige Netz-Schraubklemmleiste geführt und sorgfältig verschraubt.

Mit einer Zugentlastungsschelle, 2 Schrauben M3 x 12 mm, 2 Zahnscheiben und 2 Muttern M 3 ist die äußere Ummantelung der Netzzuleitung auf der Platine festzusetzen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß die Leitungsenden nicht auf Spannung montiert werden.

Stückliste:

Optischer Trennverstärker für analoge Audiosignale

Widerstände:

100Ω	.....	R4, R10
1kΩ	.....	R7, R13, R15
15kΩ	.....	R6, R12
22kΩ	.....	R2, R8
47kΩ	.....	R3, R9
PT10, liegend, 10kΩ	.....	R5, R11

Kondensatoren:

33pF/ker	.....	C12, C15
150pF/ker	.....	C17, C18
100nF/ker	.....	C2, C4, C5, C7, C9, C10
2,2µF/63V	.....	C11, C14
10µF/25V	.....	C3, C8, C13, C16
100µF/40V	.....	C13, C16, C6
470µF/40V	.....	C1

Halbleiter:

78L05	.....	IC1
78L08	.....	IC2

LM358	.....	IC3, IC4
IL300H	.....	IC5, IC6
1N4001	.....	D1-D8
ZPD2,7V	.....	D10, D11
LED, 5mm, rot	.....	D9

Sonstiges:

Netzschraubklemme, 2polig	.....	KL1
Trafo, 1,5VA, 2 x 12V/60mA	.....	TR1
1 Cinch-Anschlußplatte,		
4polig	.....	BU1-BU4
1 Netzkabel, 2adrig, grau		
1 Zugentlastungsschelle		
4 Knippingschrauben, 2,9 x 6,5mm		
1 Knippingschraube 2,9 x 9,5mm		
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 14mm		
2 Muttern, M3		
2 Fächerscheiben, M3		
1 Kunststoff-Element-Gehäuse G445,		
bearbeitet und bedruckt		