

NF - über Lichtwellenleiter

Kunststoff-Lichtwellenleiter ermöglichen es, in Verbindung mit dieser Schaltung analoge Audio-Signale über mehr als 100 m absolut störicher und potentialfrei zu übertragen.

Allgemeines

Die Opto-Elektronik und insbesondere Kunststoff-Lichtwellenleiter gewinnen in der digitalen Datenübertragung und in der Verkopplung hochwertiger Audiokomponenten auf digitaler Basis immer mehr an Bedeutung. So ist heute nahezu jeder hochwertige CD-Player oder DAT-Recorder mit einer digitalen optischen Schnittstelle ausgestattet.

Dieser Artikel zeigt nun, daß auf relativ einfache Weise auch herkömmliche Audio-Signale optisch übertragbar sind.

Die Übertragung von Audio-Signalen über weite Strecken mittels abgeschirmter Leitungen ist mit einer ganzen Reihe von Problemen behaftet und in der Praxis kaum machbar. Besonders Brummschleifen, die aufgrund von Massepotentialdifferenzen entstehen, sind dabei sehr störend. Sind die zu verkoppelnden Geräte an unterschiedliche Stromnetze angeschlossen, ist eine Übertragung mit abgeschirmten Leitungen häufig sogar unmöglich.

Die Potentialdifferenzen, die in erster Linie durch die Innenwiderstände der Potential-Ausgleichsleitungen bedingt sind, werden mit zunehmender Entfernung in der Regel größer. Ausgleichsströme über die Abschirmung der NF-Leitung verursa-

chen dann Brummstörungen oder machen die Übertragung völlig unmöglich. Ein weiteres Problem stellt die Verlegung der NF-Leitung in „störstrahlungsverseuchter“ Umgebung dar, wo Störeinkopplungen direkt auf das Kabel erfolgen können.

Mit Licht als Übertragungsmedium treten sämtliche zuvor beschriebenen Probleme unabhängig von der Umgebung und vom Stromnetz nicht mehr auf.

In der Konsumerelektronik bieten sich für die Übertragung besonders Kunststoff-Lichtwellenleiter an, die im sichtbaren Lichtbereich bei grün und rot die geringste Faserdämpfung aufweisen. Die besten Übertragungsergebnisse, d. h. die weiteste realisierbare Übertragungsstrecke ist mit Rotlicht möglich.

Im Gegensatz zur Glasbündelfaser sind Kunststoff-LWL mit 0,97 mm dickem Kern aus PMMA (Polymethylmethacrylat) sehr einfach in der Konfektionierung und mit einem Gesamtdurchmesser von 2,2 mm nahezu überall verlegbar. Bei der Verlegung sollte allerdings darauf geachtet werden, daß der Biegeradius 2 cm nicht unterschreitet. Andernfalls nimmt die Faserdämpfung erheblich zu.

Auch wenn die Konfektionierung der Leitung einfach durch Abschneiden mit einer scharfen Klinge möglich ist, hängt die Dämpfung der Gesamtstrecke wesent-

lich von der Behandlung der Faserenden ab. Durch Naßschleifen auf einem Schmirgelpapier mit 600er-Körnung ist eine deutliche Verringerung der Dämpfung möglich. Lt. Siemens werden auch sehr glatte

Technische Daten: NF-Übertragung über Kunststoff-LWL

Übertragungsbereich: ... min. 100 m
Übertragungsart: Frequenzmodulation
Mittelfrequenz: ca. 350 kHz
Frequenzhub: ± 50 kHz
Klirrfaktor: $< 0,7\%$
Verstärkung: 0 dB (± 2 dB)

Sender:
Emissionswellenlänge: 660 nm
Spannungsversorgung: 12V-25V_{DC}
Stromaufnahme: max. 150 mA
Abmessungen der Platine: 87 x 53,6 mm

Empfänger:
NF-Bandbreite: 20 Hz - 20 kHz (-2dB)
Ausgangs impedanz: 1 k Ω
Spannungsversorgung: 11V-25V_{DC}
Stromaufnahme: ca. 50 mA
Abmessungen der Platine: 99,7 x 53,6 mm

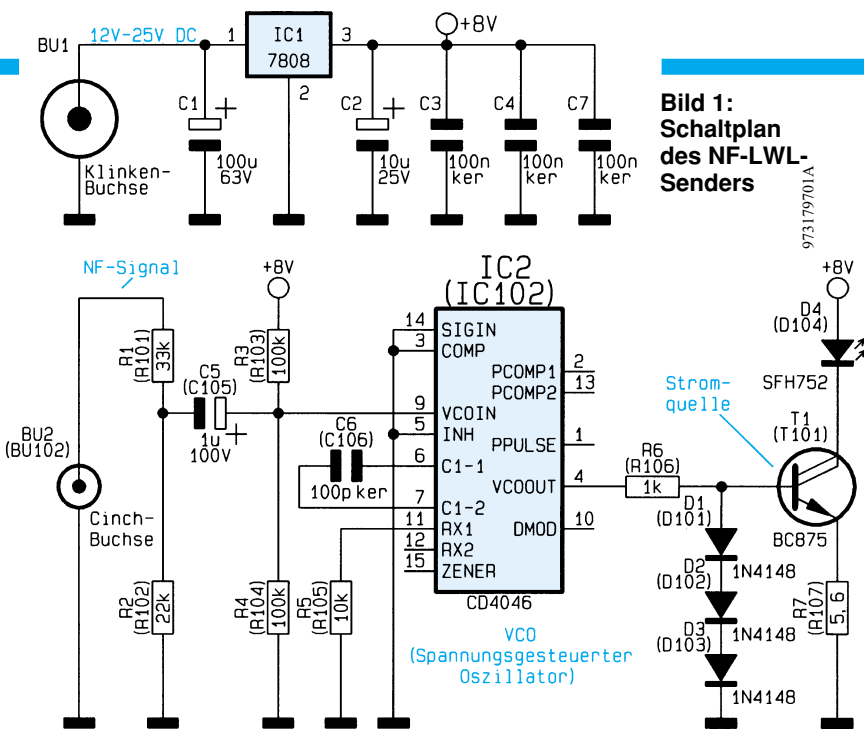


Bild 1:
Schaltplan
des NF-LWL-
Senders

Faserendflächen durch Abschneiden mit einer 160-180°C heißen Klinge erreicht.

Bei den von uns eingesetzten LWL-Bauelementen (Sendediode, Empfänger) sind keine Steckverbinder erforderlich. Selbst das Abmanteln des Faserendes kann entfallen.

Die plan abgeschnittenen LWL-Enden werden direkt in das Gehäuse des Empfängers und der Sendediode eingeführt und mit einer verliersicheren Rändelmutter festgezogen. Die Faserjustierung auf dem Chip (Sendediode, Empfangsdiode) erfolgt beim Festdrehen der Rändelmutter automatisch.

Kunststoff-LWL weisen eine hohe mechanische Stabilität auf und sind einfach zu verlegen. Da am Kabelende keine Steckverbinder vorhanden sind, kann die Leitung leicht durch Hohlräume und Bohrungen, die größer als 2,3 mm sind, gesteckt werden.

Funktionsprinzip der Analogübertragung

Die direkte Modulation der Sendediode mit dem NF-Signal führt nicht zum gewünschten Ziel. Zu groß sind die Amplitudenunterschiede durch unterschiedlich lange Übertragungsstrecken. Da die Modulation der Sendediode im geraden Teil der Kennlinie erfolgen müsste, wäre außerdem die erzielbare Reichweite zu gering.

Eine bessere Lösung stellt die Frequenzmodulation dar, die mit kaum mehr Schaltungsaufwand verbunden ist.

Senderseitig wird dabei ein spannungsgesteuerter Oszillator, dessen Mittelfrequenz weit oberhalb des zu übertragenden Audio-Frequenzbereiches liegt, mit dem NF-Signal moduliert. Die Amplitude des am Steuereingang angeschlossenen NF-Signals bestimmt dabei den Frequenzhub des Oszillators. Der Oszillatorkreis steuert über eine Konstantstromquelle die rote Licht emittierende Sendediode.

Da bei diesem Verfahren die Sendediode immer voll durchgesteuert, d. h. quasi mit einem digitalen Signal beaufschlagt wird, ist die optimale Reichweite erzielbar.

Empfängerseitig gelangt das frequenzmodulierte Rotlicht auf einen LWL-Empfänger mit integriertem Vorverstärker. Das am Ausgang des Vorverstärkers auftretende frequenzmodulierte Signal wird anschließend einem FM-Modulator zur Demodulation zugeführt.

Trägerfrequente Signalanteile werden mit einer nachgeschalteten Filterschaltung beseitigt, so daß am Ausgang des Empfängers wieder das ursprüngliche Audio-Signal zur Verfügung steht.

Schaltung des FM-Stereo-Senders

Zur Realisierung des Stereo-Frequenzmodulators ist nur wenig Schaltungsaufwand erforderlich, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Abgesehen von der Spannungsversorgung besteht die Schaltung des Stereo-Senders aus zwei identisch aufgebauten Schaltungsteilen für den linken und rechten Stereo-Kanal. Während sich die direkten Bauteilbezeichnungen auf den ersten Kanal beziehen, gelten die Bauteilnumerierungen in Klammern für den zweiten Stereo-Kanal.

Zur Spannungsversorgung des Frequenzmodulators kann eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 12 V und 25 V (z. B. Steckernetzteil) dienen. Die an BU 1 anzulegende Spannung gelangt direkt auf den Pufferelko C 1 und Pin 1 des Festspannungsreglers IC 1. Am Ausgang des Spannungsreglers steht dann eine stabilisierte Spannung von 8 V zur Versorgung der Schaltung an.

Während C 2 zur Schwingneigungsunterdrückung am Spannungsregler dient, verhindern die Keramik Kondensatoren C 3, C 4 und C 7 hochfrequente Störein-

kopplungen auf die Versorgungsspannung.

Das Audio-Signal einer beliebigen Signalquelle für den ersten Kanal wird an BU 2 zugeführt und mit Hilfe des Spannungsteilers R 1, R 2 heruntergeteilt. Über C 5 gelangt das Signal dann direkt auf den Steuereingang des in IC 2 integrierten spannungsgesteuerten Oszillators (VCO).

Ohne NF-Ansteuerung stellt sich der Oszillator auf die Mittelfrequenz von ca. 350 kHz ein, wobei C 6 in erster Linie frequenzbestimmend ist. Die maximal zu generierende Frequenz des Oszillators wird durch den Widerstand R 5 an Pin 11 des CD 4046 bestimmt.

Zwei zusätzliche im Chip integrierte Phasendetektoren werden im Frequenzmodulator nicht benötigt.

Neben der Bauteildimensionierung (R 5, C 6) ist die Ausgangsfrequenz des Oszillators (Pin 4) von der Steuerspannung an Pin 9 abhängig. Hier liegt nun, wie bereits erwähnt, das NF-Signal zur Modulation des Oszillators an. Der Frequenzhub am Ausgang der Schaltung ist direkt proportional zur Amplitude der NF-Spannung.

Mit D 1 bis D 3, dem Darlington-Transistor T 1 und R 7 ist eine Konstantstromquelle aufgebaut, in deren Kollektorkreis die Sendediode D 4 liegt.

Gesteuert wird die Konstantstromquelle über R 6 direkt vom Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators. Das Ausgangssignal weist ein Tastverhältnis von ca. 1:1 auf, so daß der Strom durch die Sendediode im arithmetischen Mittel dem halben Spitzenstrom von ca. 100 mA entspricht.

Schaltung des LWL-Empfängers

Wie beim Sender besteht auch die Schaltung des Empfängers aus zwei identisch aufgebauten Schaltungsteilen mit zusätzlicher Spannungsversorgung. Daher ist in Abbildung 3 nur die Schaltung eines Stereo-Kanals abgebildet, während die Spannungsversorgung des gesamten Empfängers in Abbildung 2 zu sehen ist. Auch beim Empfänger gelten die direkten Bauteilbezeichnungen für Kanal 1 und die Bauteilnumerierungen in Klammern für den zweiten Stereo-Kanal.

Das optische Empfangsmodul (LWL 1) beinhaltet die hochempfindliche Empfangsdiode sowie einen schnellen integrierten Vorverstärker mit TTL-kompatiblem Open-Collector-Ausgang, wobei R 3 als Pull-Up-Widerstand fungiert. Am Ausgang des Licht-/Spannungswandlers (Pin 3) steht dann das frequenzmodulierte Ausgangssignal wieder zur weiteren Bearbeitung an.

Der FM-Modulator ist ebenfalls mit einer PLL- (Phase Locked Loop) Schaltung des Typs CD 4046 realisiert. Der eigentliche Frequenzdemodulator besteht

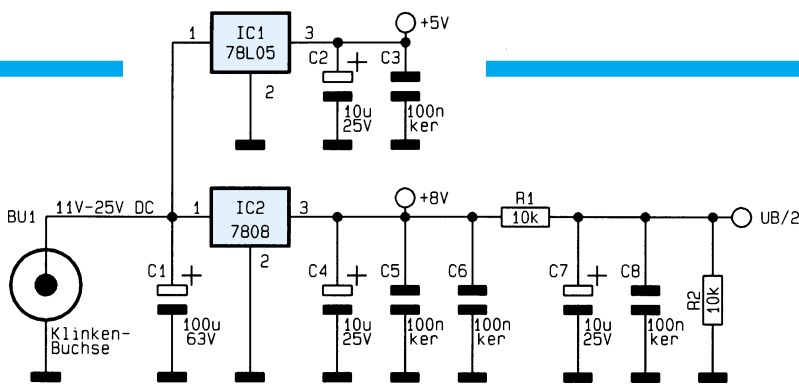


Bild 2: Netzteil des NF-LWL-Empfängers

973179702A

dabei aus einem Phasendiskriminator, der über einen Schleifenfilter (Tiefpaß) einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) steuert. Ohne NF-Signal rastet der VCO exakt auf die Mittenfrequenz des Senders ein.

Über C 9 wird das Ausgangssignal des optischen Empfangsmoduls auf den Eingang des in IC 3 integrierten Phasenkomparators gekoppelt. Der zweite Eingang des Phasenkomparators (Pin 3) erhält direkt das Ausgangssignal des ebenfalls in IC 3 integrierten VCOs.

Am Ausgang des Phasenkomparators (Pin 2) steht dann ein direkt zur Phasendifferenz proportionales Fehlersignal an. Die Fehlerspannung steuert über das mit R 4, R 5 und C 10 aufgebaute Schleifenfilter den VCO-Eingang im Rhythmus der Frequenzmodulation nach.

Frequenzbestimmend für den VCO sind neben der Steuerspannung an Pin 9 noch der Kondensator C 11 und der Widerstand R 6.

An Pin 10 (Demodulator-Ausgang) wird das mit der Regelspannung an Pin 9 übereinstimmende NF-Signal ausgekoppelt und über C 12 dem mit IC 4 A aufgebauten invertierenden Verstärker zugeführt. Neben der Verstärkung von ca. 15 dB ist mit C 15 gleichzeitig eine Tiefpaßfunktion (Grenzfrequenz 26,8 kHz) realisiert, die trägerfrequente Signalanteile weitestgehend unterdrückt.

Über einen weiteren, mit R 11, C 16 aufgebauten Tiefpaß gelangt das NF-Signal dann auf den Emitterfolger T 1, an dessen Emitter das Signal niederohmig zur Verfügung steht. Ausgekoppelt wird letztendlich das NF-Signal über R 13 und C 17 an der Cinch-Ausgangsbuchse BU 2.

Die Stromversorgung der beiden FM-Demodulatoren ist in Abbildung 2 dargestellt. Über BU 1 gelangt die unstabilisierte Gleichspannung, die zwischen 11 V und 25 V liegen darf, auf den Pufferelko C 1 und jeweils Pin 1 der beiden Spannungsregler IC 1 und IC 2. Am Ausgang von IC 1 steht dann eine stabilisierte Spannung von 5 V zur Versorgung des LWL-Empfangsmoduls und am Ausgang von IC 2 eine Spannung von 8 V zur Versorgung der restlichen Schaltung an.

Mit Hilfe des Spannungsteilers R 1, R 2 erfolgt die Generierung der halben Betriebsspannung für die in IC 4 integrierten Operationsverstärker. C 2 bis C 8 dienen zur Schwingneigungs- und Störunterdrückung.

Nachbau

Für den praktischen Aufbau stehen eine 87mm x 53,6mm große Senderplatine und eine Empfängerplatine mit den Abmessungen von 99,7 mm x 53,6 mm zur Verfügung, die sämtliche Komponenten inkl. Buchsen und LWL-Module aufnehmen. Weder im Sender noch im Empfänger ist ein Abgleich erforderlich, so daß der Aufbau sehr einfach ist.

Beim Aufbau halten wir uns genau an die zugehörigen Stücklisten und Bestückungspläne. Trotz einseitiger Leiterplatten sind weder im Sender noch im Empfänger Drahtbrücken einzulöten.

Wir beginnen den Aufbau mit der Empfängerplatine, wo zuerst die Widerstände einzulöten sind. Die Anschlußbeinchen der Metallfilmwiderstände werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt, durch

die zugehörigen Bohrungen der Platine geführt, an der Lötseite leicht angewinkelt und nach dem Umdrehen der Platine in einem Arbeitsgang verlötet. Alsdann sind die überstehenden Drahtenden, wie auch bei den nachfolgend einzusetzenden, be-drahteten Bauteilen direkt oberhalb der Lötstelle abzuschneiden.

Es folgen die Folien- und Keramik-kondensatoren mit beliebiger Polarität.

Der Spannungsregler IC 2 ist vor dem Verlöten mit einer Schraube M3x6mm liegend auf die Leiterplatte zu schrauben.

Beim Einlöten der Transistoren und des Spannungsreglers IC 1 ist auf kurze An-schlußbeinchen zu achten.

Danach werden die integrierten Schalt-

Stückliste: NF über Lichtwellenleiter/Sender

Widerstände:

5,6Ω	R7, R107
1kΩ	R6, R106
10kΩ	R5, R105
22kΩ	R2, R102
33kΩ	R1, R101
100kΩ	R3, R4, R103, R104

Kondensatoren:

100pF/ker	C6, C106
100nF/ker	C3, C4, C7
1µF/100V	C5, C105
10µF/25V	C2
100µF/63V	C1

Halbleiter:

7808	IC1
CD4046	IC2, IC102
BC875	T1, T101
1N4148	D1-D3, D101-D103
SFH752	D4, D104

Sonstiges:

Klinkenbuchse, 3,5mm, mono, print	BU1
Cinch-Einbaubuchse, print	BU2, BU102
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm	
1 Mutter, M3	

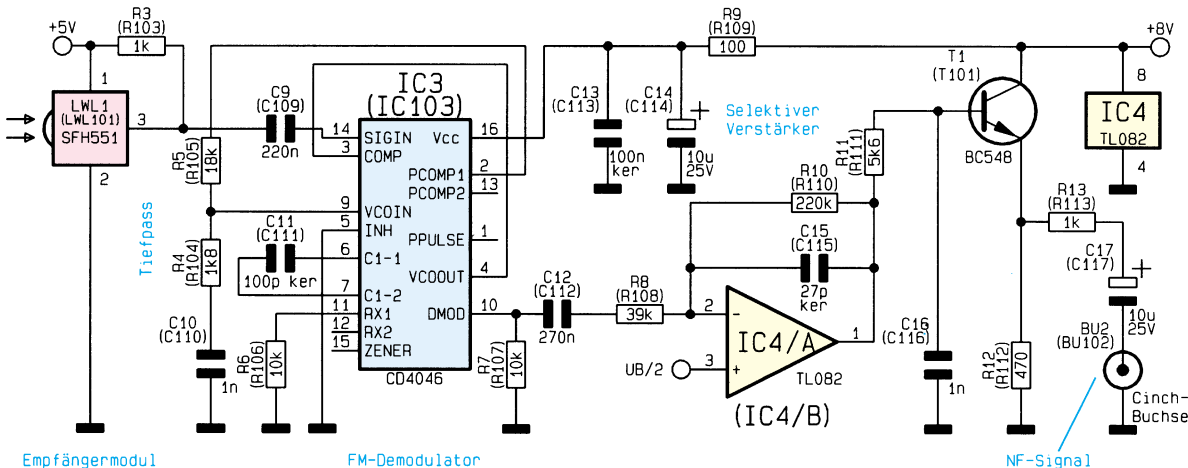


Bild 3: Schaltbild des NF-LWL-Empfängers

973179703A

Stückliste: NF über Lichtwellenleiter/Empfänger

Widerstände:

100Ω	R9, R109
470Ω	R12, R112
1kΩ	R3, R13, R103, R113
1,8kΩ	R4, R104
5,6kΩ	R11, R111
10kΩ ..	R1, R2, R6, R7, R106, R107
18kΩ	R5, R105
39kΩ	R8, R108
220kΩ	R10, R110

Kondensatoren:

27pF/ker	C15, C115
100pF/ker	C11, C111
1nF	C10, C16, C110, C116
100nF/ker	C3, C5, C6, C8, C13, C113
220nF	C9, C109
270nF	C12, C112
10µF/25V	C2, C4, C7, C14, C17, C114, C117
100µF/63V	C1

Halbleiter:

78L05	IC1
7808	IC2
CD4046	IC3, IC103
TL082	IC4
BC548	T1, T101
SFH551	LWL1, LWL101

Sonstiges:

Klinkenbuchse, 3,5mm, mono, print	BU1
Cinchbuchse, print	BU2, BU102
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm	
1 Mutter, M3	

tergebrachten LWL-Empfangsmodule mit integriertem Vorverstärker.

Zuletzt bleibt nur noch das Einlöten der beiden Cinch-Buchsen und der 3,5mm-Klinkenbuchse für die Spannungsversorgung.

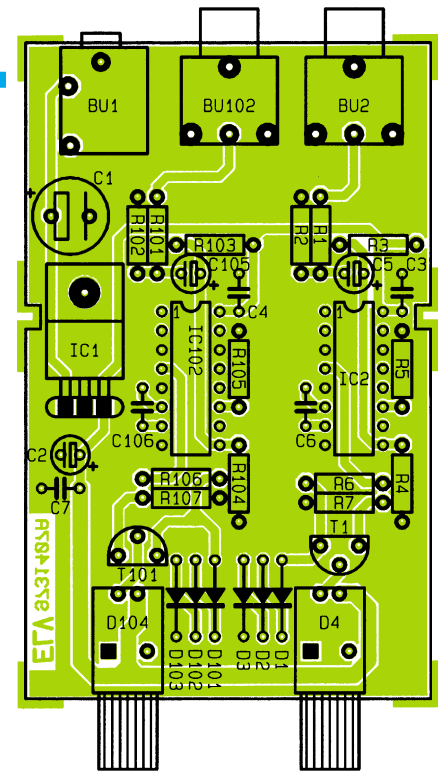
Die Bestückung der geringfügig kleineren Senderplatine erfolgt in genau der gleichen Weise, wobei keine weiteren Besonderheiten zu beachten sind.

Nach der fertigen Bestückung der beiden Leiterplatten ist eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern empfehlenswert.

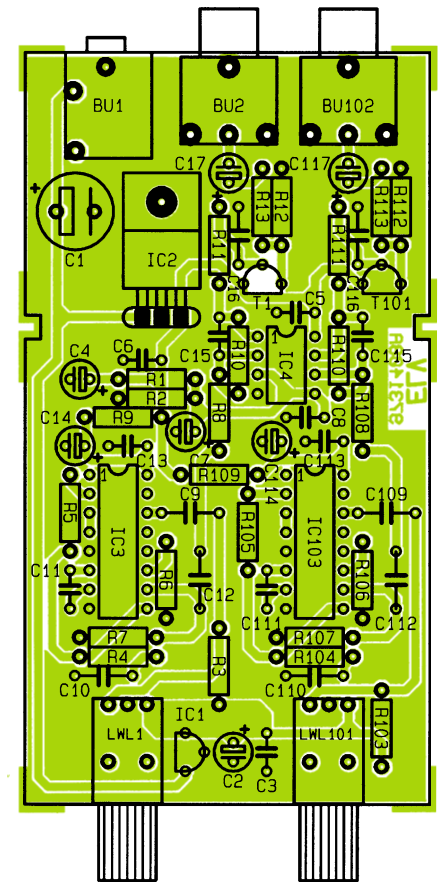
Zur Aufnahme der Leiterplatten dienen zwei vollkommen identische Profilgehäuse, bei denen Ober- und Unterteil einfach zusammenschieben sind. Die jeweilige Platine wird vor dem Zusammenschieben der Gehäusehälften so in die Führungsnuten eingerastet, daß die beiden Cinch- und die 3,5mm-Klinkenbuchse durch die zugehörigen Bohrungen an der Stirnseite ragen.

Die beiden Lichtwellenleiter sind von außen durch zwei Bohrungen mit 2,5mm \varnothing zu den LWL-Bauelementen zu führen.

Nach Festziehen der LWL-Rändelmuttern werden die beiden Hälften des Profil-



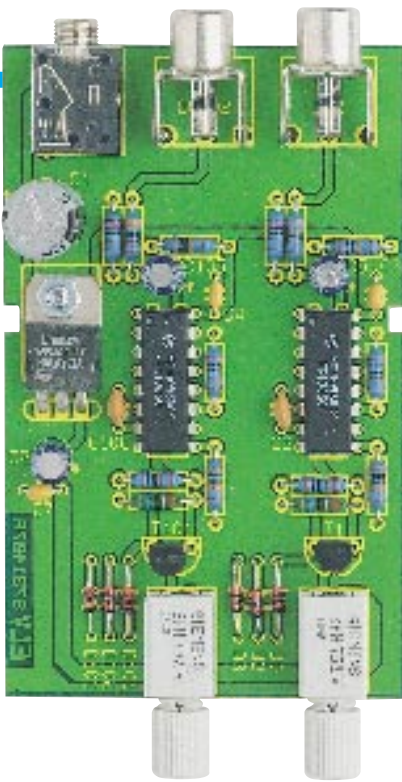
Bestückungspläne, oben Sender, unten Empfänger.



gehäuses einfach zusammengeschieben.

Damit die Rändelmuttern der LWL-Bauelemente jederzeit, ohne Auseinanderschieben des Gehäuses, zugänglich sind, ist auch das Kürzen der Profilenden mit einer feinen Säge möglich.

Nach Anschluß an die gewünschten Audio-Komponenten steht der absolut störstärkeren, potentialfreien NF-Übertragung nichts mehr entgegen. **ELV**



Fertig aufgebaute Platinen, oben Sender, unten Empfänger.



kreise so eingesetzt, daß jeweils die Gehäusekerbe des Bauelementes mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt und sorgfältig verlötet.

Bei den nachfolgend einzulötenden Elkos handelt es sich ebenfalls um gepolte Bauelemente. Üblicherweise ist bei Elkos der Minuspol gekennzeichnet.

Als dann erfolgt die Bestückung der in einem schwarzen Kunststoffgehäuse un-