



2 W-Mini-HiFi-Verstärker

30 Hz bis über 100 KHz überstreicht der Frequenzbereich dieses kleinen, mit handelsüblichen Bauelementen aufgebauten HiFi-Verstärkers.

Allgemeines

Ausschließlich preiswerte und handelsübliche Standardbauteile dienen zur Realisierung des hier vorgestellten HiFi-Verstärkers. Die genauen, objektiven technischen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Neben dem großen Frequenzbereich ist der ausgezeichnete Rauschspannungsabstand hervorzuheben.

Der Verstärker mit einer automatischen Arbeitspunktstabilisierung arbeitet in einem Spannungsbereich von 7 V bis 15 V und gibt eine Sinus-Dauer-Ausgangsleistung von über 3 W bei 15 V Betriebsspannung ab. Dies ist für viele Anwendungen vollkommen ausreichend.

Bei der Entwicklung der Schaltung wurde neben der allgemeinen Verfügbarkeit der Bauelemente vor allem auf einen besonders einfachen und problemlosen Nachbau Wert gelegt. In ca einer halben Stunde ist das ganze Projekt fertiggestellt.

Tabelle 1: Technische Daten

Sinus-Dauer-Ausgangsleistung an 4Ω:	3,2 W (U _B = 15 V)
	2,05W (U _B = 12 V)
	0,97 W (U _B = 9 V)
Frequenzgang (-3dB): ... 30 Hz bis über	100 kHz
Klirrfaktor (bei 70 % P _{max}):	0,09 %
Geräuschspannungsabstand:	80 dB (U _B = 12 V)
Verstärkung:	40 dB (100fach)
Betriebsspannung:	7 V - 15 V

Schaltung

Das Schaltbild dieses kleinen HiFi-Verstärkers ist in Abbildung 1 dargestellt. Das NF-Eingangssignal wird an den Platinenanschlußpunkten ST 3 und ST 4 zugeführt und gelangt über den Lautstärke-Einstelltrimmer R 1 sowie den Elko C 2 auf die Basis des Transistors T 1. Letzterer stellt in Verbindung mit T 2 und dem gemeinsamen Emitterwiderstand R 6 einen Differenzverstärker dar, dessen Arbeitspunkt automatisch auf die halbe Betriebsspannung gelegt wird. Hierzu dienen R 2 bis R 4 sowie C 3.

Der Kollektor des Transistors T 2 steuert direkt den nachfolgenden Transistor T 3 an, der eingangsseitig mit dem Basis-Emitterwiderstand R 5 beschaltet ist. Vom Kollektor gelangt das Signal über C 7 auf die Basis des Endstufen-Treibers T 4, der seinen Gleichspannungs-Arbeitspunkt über den Spannungsteiler R 8, R 9 erhält. C 4 dient zur Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung.

Der Kollektor von T 4 steuert direkt die Leistungsstufe, bestehend aus den beiden Leistungstransistoren T 5 und T 6 mit Zusatzbeschaltung an. Die Basis des unteren Endstufentransistors (T 6) liegt dabei direkt am Kollektor von T 4, während die Basis von T 5 mit einer um den Spannungsabfall von D 1, D 2 erhöhten Spannung beaufschlagt wird.

Zur Erzielung des Spannungsabfalls über D 1, D 2 in Höhe von ca. 1,3 V fließt ein Strom durch die Reihenschaltung, bestehend aus R 11, R 12, D 1, D 2 sowie der Kollektor-Emitterstrecke von T 4. In Verbindung mit den beiden Emitterwiderständen R 13, R 14 dient diese Konstruktion zur Minimierung der Übernahmeverzerrungen, d.h. die Endstufe arbeitet im Gegentakt-AB-Betrieb.

Damit der Ruhestrom durch die Endstufe optimierbar ist und nicht zu groß wird, liegt parallel zu D 1, D 2 der Einstelltrimmer R 15. Hierauf gehen wir im weiteren Verlauf der Beschreibung noch näher ein. D 3 und D 4 begrenzen den Spannungsabfall an R 13 bzw. R 14 bei großen Ausgangsströmen.

Durch den Einsatz eines Differenzverstärkers (T 1, T 2) besteht die Möglichkeit, einen exakten Verstärkungsfaktor vorzuwählen und den Arbeitspunkt automatisch zu stabilisieren. Hierzu ist eine Rückkopplung auf den zweiten Eingang des Differenzverstärkers (hier: Basis von T 2) vorgenommen worden, d.h. es wird über R 10 die Ausgangsspannung zurückgeführt.

Wechselspannungsmäßig liegt der Widerstand R 7 auf Massepotential, so daß sich durch den Spannungsteiler R 7, R 10 ein Teilungsverhältnis von 1 : 100 ergibt,

wodurch sich eine Gesamtverstärkung dieses HiFi-Verstärkers von 40 dB, entsprechend 100fach, ergibt. Die gleichspannungsmäßige Entkoppelung über C 5 sorgt für eine exakte Einpegelung der Endstufe auf die halbe Betriebsspannung.

Zum Abschluß der Schaltungsbeschreibung wollen wir einen kompletten Funktionsablauf dieses Verstärkers durchspielen. Hierzu nehmen wir an, daß sich das Gesamtsystem in Ruhe befindet, d.h., sowohl die Basis von T 1 als auch

der Ausgang (Verbindungspunkt zwischen R 13 und R 14 und somit die Basis von T 2) befinden sich auf der halben Betriebsspannung.

Wird nun eine positive Halbwelle auf den Eingang ST 3 gegeben, steigt die Spannung an der Basis von T 1 und somit auch am Emittter von T 1. Da hierdurch auch die Emitterspannung an T 2 ansteigt und wir zunächst annehmen, daß die Basisspannung von T 2 konstant bleibt, beginnt T 2 etwas weniger durchzusteuern, wodurch auch der Basisstrom von T 3 geringer wird.

Daraus resultiert ein geringerer Kollektorstrom von T 3 und ein ebenso reduzier-

ter Basisstrom von T 4. Dieser Transistor kann nunmehr nur noch einen geringeren Kollektorstrom liefern, wodurch der Spannungsabfall über R 11, R 12 und D 1, D 2 geringer wird, d.h. die Pegel an den Basen von T 5 und T 6 verschieben sich in positive Richtung ebenso wie die Ausgangsspannung.

Die Erhöhung der Ausgangsspannung wird nun soweit vorgenommen, bis die

T 5 nicht aus, diesen Transistor komplett durchzusteuern, wodurch sich eine deutliche Einschränkung der Aussteuerungsgrenze ergäbe. Hier schafft C 8 Abhilfe. Sobald eine positive Halbwelle die Ausgangsspannung ansteigen läßt, erhöht sich im gleichen Maße das Potential am Verbindungspunkt zwischen R 11 und R 12. Bei einer Vollaussteuerung im positiven Bereich

kann dieses Potential bis über die positive Versorgungsspannung hinaus ansteigen, so daß der Basisstrom

Der Frequenzgang dieses NF-Verstärkers überstreicht einen Bereich von 30 Hz bis über 100 kHz

Spannung an der Basis von T 2 die gleiche Höhe wie die Spannung an der Basis von T 1 besitzt. Durch die Spannungsteilung mit Hilfe von R 7, R 10 wird dies genau dann der Fall sein, wenn die Ausgangsspannungserhöhung einhundertmal größer ist wie am Eingang.

Durch vorstehend beschriebenen Zyklus sehen wir, daß sich das gesamte System korrekt verhält und phasenrichtig arbeitet.

Auf eine Besonderheit im Zusammenhang mit dem Elko C 8 wollen wir in diesem Zusammenhang noch eingehen. Bei sehr großen positiven Amplituden reicht der Strom über R 11, R 12 in die Basis von

für T 5 dann von C 8 über R 12 geliefert wird. Die Endstufe kann somit in beiden Richtungen sehr weit angesteuert werden. Der Kondensator C 9 dient zur gleichspannungsmäßigen Entkoppelung des an ST 5 und ST 6 angeschlossenen 4 Ω Lautsprechers. Die gesamte Schaltung kommt daher mit einer einfachen Versorgungsspannung aus.

Nachbau

Für den recht einfach durchzuführenden Aufbau steht eine einseitige Leiterplatte mit den Abmessungen 57 mm x 71 mm zur

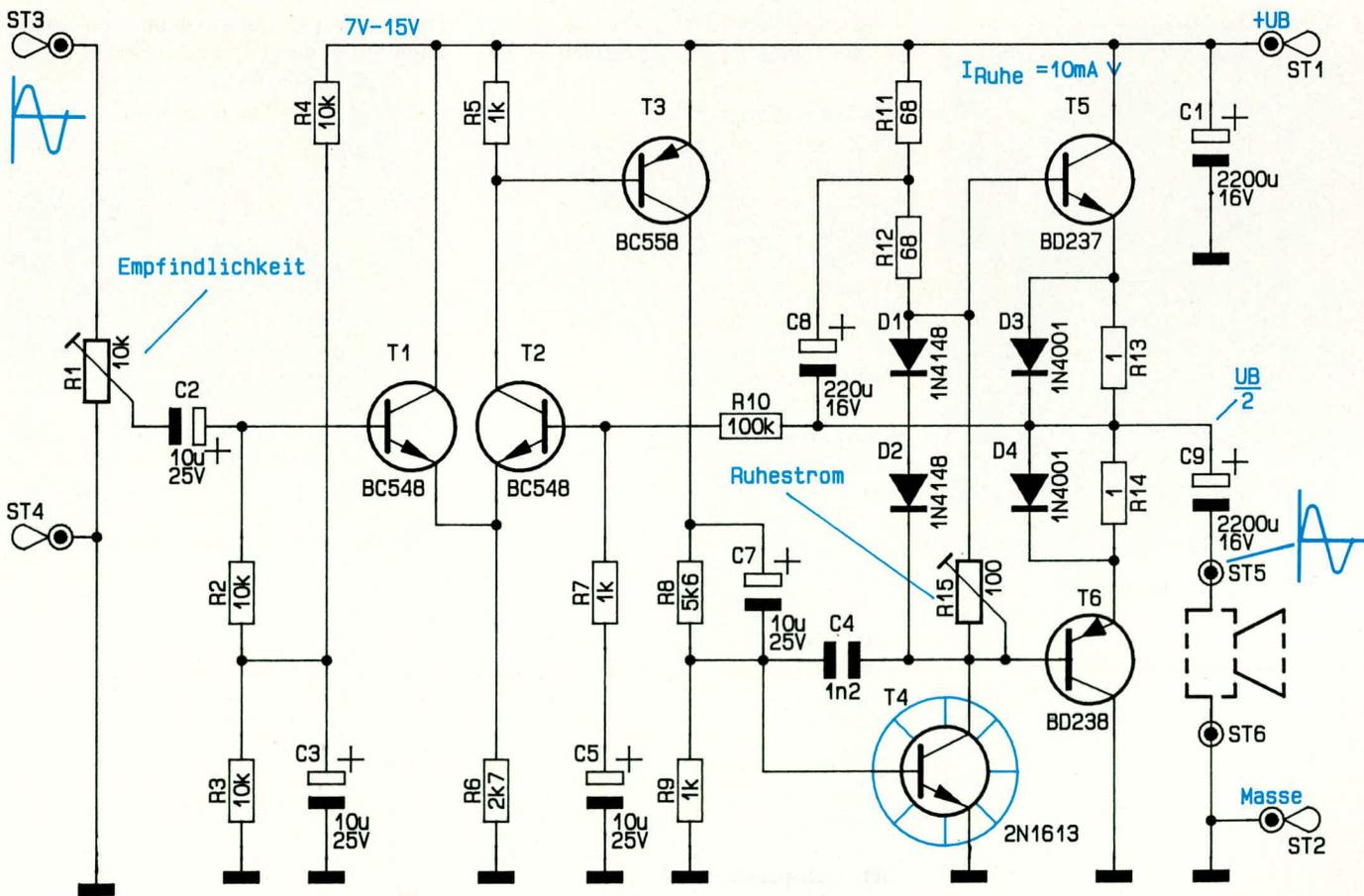


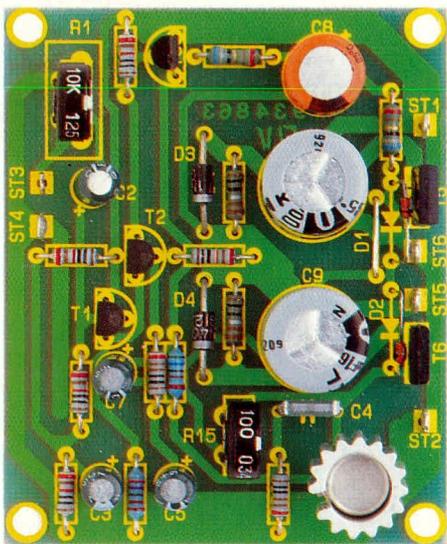
Bild 1: Schaltbild des 2 W-Mini-HiFi-Verstärkers

Verfügung. Sämtliche Bauelemente finden darauf Platz, einschließlich der beiden Trimmer und der Leistungstransistoren.

Anhand des Bestückungsplanes und der Stückliste beginnen wir die Bestückungsarbeiten mit dem Einsetzen der Brücke, gefolgt von den niedrigen Bauelementen. Diese werden mit abgewinkelten Beinchen an den entsprechenden Positionen eingesetzt, und auf der Leiterbahnseite verlötet. Die überstehenden Drahtenden sind hier, wie auch bei allen folgenden Bauelementen, so kurz als möglich abzuschneiden, ohne die Lötstelle selbst zu beschädigen. Mit Ausnahme der Transistoren und der beiden Dioden D 1 und D 2 werden alle Bauelemente so weit als möglich auf die Platine gesetzt. Für die Widerstände bedeutet dies ein Aufliegen des Bauteilkörpers direkt auf die Platine.

Es folgt das Einsetzen des Metallfilmkondensators C 4 und der beiden stehenden Trimmer R 1 und R 15.

Bevor wir nun zum Einbau der gepolten Bauelemente kommen, setzen wir zunächst die sechs Lötösen ST 1 bis ST 6 ein. Die Polarität der Elkos ist üblicherweise direkt am Gehäuse durch ein Minuszeichen am negativen Anschluß gekennzeichnet, während manchmal, jedoch eher selten, der positive Anschluß mit einem Pluszeichen



Ansicht der fertig bestückten Leiterplatte

markiert ist. Nach dem Einsetzen und Verlöten der Elkos wenden wir uns den beiden Dioden D 3 und D 4 zu. Das schwarze Diodengehäuse ist mit einem grauen Markierungsring versehen, der die Katode kennzeichnet (diejenige Seite, in welche die Pfeilspitze des Schaltungssymbols weist). Auch hier ist auf die korrekte Einbaulage zu achten.

Die beiden NPN-Transistoren T 1 und T 2 werden genau wie der PNP-Typ T 3 mit einem Abstand von 4 mm zwischen

Platinenoberseite und Kunststoffgehäuseunterseite eingelötet. Es folgt der Einbau des Endstufen-Treibertransistors T 4, allerdings mit einem Abstand zur Leiterplatte von 9 mm. Zur besseren Wärmeabfuhr empfiehlt es sich, ab einer Betriebsspannung von 12 V diesen Transistor mit einem Kühlstern zu versehen.

Die beiden Endstufentransistoren T 5 und T 6 sind mit einem Abstand von 7 mm zur Leiterplatte einzulöten, wobei diejenige Seite des Transistorgehäuses, an welcher die Metallkühlfläche sichtbar ist, nach außen weist (zum Platinenrand).

Zum Abschluß der Bestückungsarbeiten kommen wir zu einer Besonderheit, die in der Anordnung der Dioden D 1 und D 2 liegt. Diese beiden Dioden müssen in einem engen thermischen Kontakt zu den Endstufentransistoren T 5 und T 6 stehen. Aus diesem Grunde wird D 1 mit langen Anschlußbeinchen eingelötet, so daß der Diodenkörper direkt am Transistorgehäuse von T 5 anliegt, und zwar dicht unterhalb der Befestigungsbohrung. Gleiches gilt für D 2, welche direkt am Gehäuse von T 6 anliegt. Für Betriebsspannungen über 9 V empfiehlt es sich, beide Transistoren mit je einem U-Kühlkörper zu versehen oder aber, sofern ein gemeinsamer Kühlkörper Verwendung finden soll, die Transistoren

unter Zwischenfügung von Glimmerscheiben und Isoliernippeln festzuschrauben.

Nachdem der Aufbau nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, wenden wir uns der ersten Inbetriebnahme zu. Der Lautstärke-trimmer wird auf minimale Lautstärke eingestellt und eine stabilisierte 12 V Betriebsspannung an ST 1 (+) und ST 2 (Masse) angelegt.

Mit einem Voltmeter wird nun der Spannungsabfall über der Reihenschaltung von R 13 und R 14 gemessen (Prüfspitzen am Emitter von T 5 und am Emitter von T 6 anklammern). Der Ruhestrom durch die Endstufe ist mit R 15 auf 10 mA einzustellen, entsprechend einem Meßwert (Spannungsabfall über R 13 und R 14) von 20 mV. Alternativ zu dieser Meßmethode kann auch die Kollektorleitung von T 5 oder die Emitterleitung von T 6 aufgetrennt und ein Milliampereometer eingeschleift werden, dessen Wert dann mit dem Trimmer R 15 auf 10 mA einzustellen ist.

Der 2 W-Mini-HiFi-Verstärker kann nun im Bereich zwischen 7 V und 15 V Versorgungsspannung betrieben werden. Ist von vornherein bekannt, daß die Betriebsspannung üblicherweise bei rund 9 V oder aber eher bei 15 V liegen wird, empfiehlt sich, die Ruhestromeinstellung bei dieser Spannung vorzunehmen.

Stückliste: 2W-Mini-HiFi-Verstärker

Widerstände:

1Ω	R13, R14
68Ω	R11, R12
1k	R5, R7, R9
2,7kΩ	R6
5,6kΩ	R8
10kΩ	R2 - R4
100kΩ	R10
PT10, stehend 100Ω	R15
PT10, stehend 10kΩ	R1

Kondensatoren:

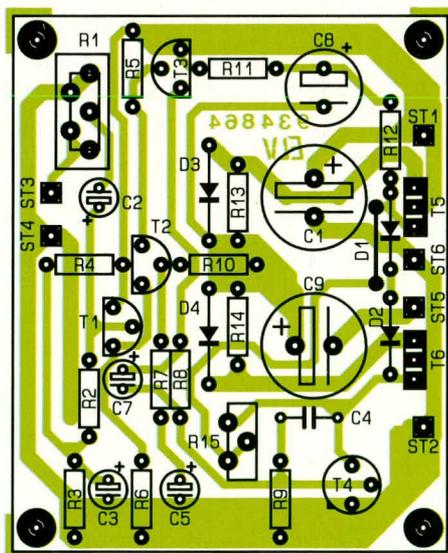
1,2nF	C4
10µF/25V	C2, C3, C5, C7
220µF/16V	C8
2200µF/16V	C1, C9

Halbleiter:

BC548	T1, T2
BC558	T3
BD237	T5
BD238	T6
2N1613	T4
1N4148	D1, D2
1N4001	D3, D4

Sonstiges:

1 Sternkühlkörper	
Lötstifte mit Lötöse	ST 1-ST 6
5cm Silberdraht	



Bestückungsplan des 2-W-Mini-HiFi-Verstärkers

Die NF-Leitung wird an die Eingangslötösen ST 3, ST 4 und der Lautsprecher mit einer Impedanz von 4Ω bis 16Ω an die Ausgangslötösen ST 5 und ST 6 angeschlossen.

Die Lautstärke ist mit dem Eingangstrimmer R 1 stufenlos einstellbar. Sofern es sich dabei nicht um eine einmalige Anpassung handelt, kann R 1 auch durch ein 10 kΩ Potentiometer ersetzt werden. Die entsprechenden Bohrungen sind dafür bereits auf der Leiterplatte vorgesehen. **ELV**