

Rauscharmer Mikrofon- Vorverstärker

Dynamische Mikrofone geben einen sehr geringen NF-Pegel ab. Um die guten Eigenschaften hochwertiger Mikrofone zu nutzen, ist ein besonders rauscharmer Vorverstärker erforderlich.

Allgemeines

Bei hochwertigen dynamischen Mikrofonen, die nur einen sehr geringen Signalpegel in der Größenordnung von 1 mV bei einem Schalldruck von 1 Pascal (Stimmen mit normaler Lautstärke in 1 m Entfernung) abgeben, werden extreme Anforderungen an den Vorverstärker gestellt. Neben der hohen Verstärkung ist besonders ein geringes Rauschen gefordert.

Wenn wir nun von einem idealen Vorverstärker ausgehen, ist erst einmal die Impedanz des Mikrofons für das Rauschen entscheidend. Moderne Mikrofone weisen üblicherweise eine Impedanz von 200 Ω auf. Bei 20 kHz-Bandbreite erzeugt dieser Widerstand nun eine Rauschspannung von

ca. 0,26 μ V (Widerstandsrauschen), die grundsätzlich schon einmal vorhanden ist. Bezogen auf 1mV-Signalpegel am Ausgang des Mikrofons ist somit theoretisch ein maximaler Signal-Rauschabstand von ca. 72 dB erreichbar. Wird hingegen das Mikrofon nur noch mit einem Schalldruck von 0,2 Pascal besprochen, verringert sich der theoretisch erreichbare Signal-Rauschabstand auf ca. 58 dB.

Diese Betrachtung zeigt, daß der erreichbare Signal-Rauschabstand des Mikrofons entscheidend von der Besprechungslautstärke und vom Generatorinnenwiderstand abhängt. Bei einem relativ leisen Musikinstrument ist prinzipiell kein hoher Signal-Rauschabstand zu erreichen.

Das nächste Glied in der Kette ist der Mikrofon-Vorverstärker. Exzellente tech-

nische Daten können hier mit einfachen Transistorschaltungen nicht mehr erreicht werden. Selbst Standard-Operationsverstärker scheiden bei den geringen Signalpegeln wegen zu hohem Eigenrauschen aus. Hier hilft nur noch der Einsatz eines auf geringes Breitbandrauschen „getrimmten“ NF-Verstärker-ICs.

Operationsverstärker mit Feldeffekteingängen bringen aufgrund des niedrigen Generatorinnenwiderstandes keine Vorteile. Im Gegenteil, niederohmige Signalwege sorgen für eine bessere Störsicherheit und für erheblich geringeres Eigenrauschen.

Ein sehr rauscharmer, bipolarer Operationsverstärker ist der NE5532 von Philips. Dieses IC wurde speziell für den Einsatz in hochwertigen, professionellen Audiogeräten konzipiert und hat eine typische Rauschspannung von nur 5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ bei 1 kHz.

Wenn man zum Vergleich die Rauschspannung des rauscharmen FET-Operationsverstärkers TL070 bis TL 074 mit 18 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ (ebenfalls bei 1 kHz) betrachtet, so ist dies ein sehr guter Wert.

Neben dem geringen Rauschen wird vom Vorverstärker eine hohe Verstärkung gefordert. Um auf Normpegel von 775 mV zu gelangen, ist bei 1mV-Ausgangspegel des Mikrofons eine Verstärkung von ca. 58 dB erforderlich.

Des Weiteren muß der Mikrofon-Vorverstärker eine hohe Übersteuerungsfestigkeit aufweisen, da bei hohen Besprechungslautstärken der Mikrofonpegel auch einige mV betragen kann.

Durch den Einsatz des zuvor bereits erwähnten rauscharmen OPs NE 5532 erfüllt der ELV-Mikrofon-Vorverstärker die vorstehenden Anforderungen in optimaler Weise. Die ausgezeichneten technischen Daten sind in Tabelle 1 aufgelistet. Sofern eine Trittschallunterdrückung nicht gewünscht wird, kann durch Erhöhen des Kondensators C 2 auf 680 nF und C 3 auf 10 μ F die untere Grenzfrequenz auf unter 20 Hz verändert werden. Aufgrund typischer Anwendungen von dynamischen Mikrofonen im Sprach- und Gesangsbereich wird diese Veränderung üblicherweise jedoch nicht gewünscht sein.

Tabelle 1: Technische Daten

Versorgungsspannungsbereich: 6 V - 25 V
Stromaufnahme ($U_B/9$ V): 7 mA
Eingangsspannung: typ. 0,2 mV - 2 mV
Eingangsimpedanz: >18 k Ω (typ. 40 k Ω)
Verstärkung (einstellbar): 40 dB - 68 dB
Signal-Rauschabstand bei $V_U = 60$ dB: >60 dB
Bandbreite (-3dB):	250 Hz - 20 kHz

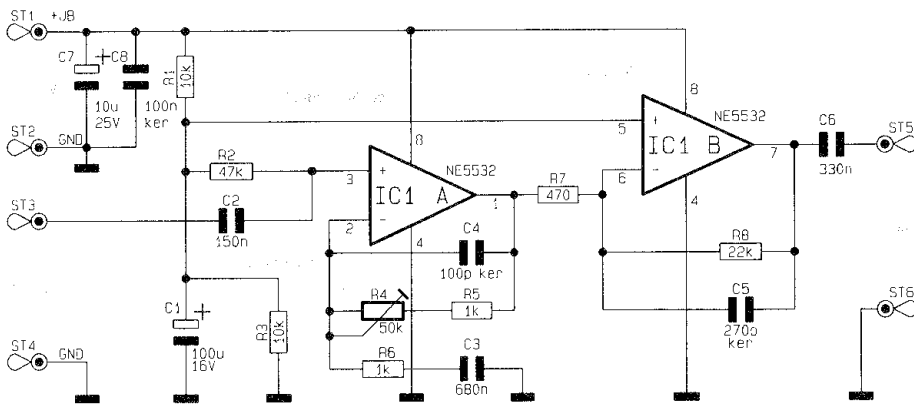


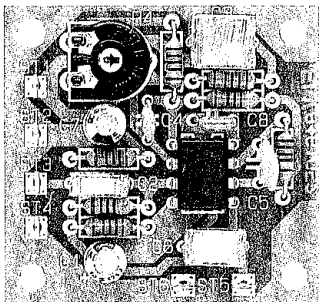
Bild 1: Schaltbild des rauscharmen Mikrofon-Vorverstärkers

Schaltung

Die Schaltung des ELV-Mikrofon-Vorverstärkers ist in Abbildung 1 zu sehen. Das vom dynamischen Mikrofon kommende NF-Signal wird der Schaltung an ST 3 (Signalleitung) und ST 4 (Abschirmung) zugeführt. Das Signal wird dann von ST 3 kommend über C 2 auf den nicht-invertierenden Eingang des ersten OPs (IC 1 A) gegeben.

Über R 2 wird der Arbeitspunkt des Verstärkers auf halbe Betriebsspannung gelegt. Da der Eingangswiderstand des OPs bei typ. 300 kΩ liegt, wird durch R 2 auch die Eingangsimpedanz der Schaltung maßgeblich bestimmt.

Die Verstärkung der Stufe ist festgelegt durch das Verhältnis der Summe von R 4 + R 5 zu R 6 und kann zwischen 6 dB (2fach) und 33,4 dB (52fach) variiert werden.



Ansicht der fertig aufgebauten Leiterplatte

Während C 4 die obere Grenzfrequenz der Stufe beeinflusst und gleichzeitig zur Schwingneigungsunterdrückung dient, bewirkt C 3 die gleichspannungsmäßige Entkopplung des Rückkopplungszweiges.

Die durch R 6 und C 3 bestimmte untere Grenzfrequenz der Stufe beträgt ca. 250 Hz. Durch die relativ hohe untere Grenzfrequenz (-3 dB) von 250 Hz ist eine wirksame Trittschallunterdrückung realisiert.

Die Verstärkung des nachgeschalteten, invertierenden Operationsverstärkers wird

durch das Verhältnis von R 7 zu R 8 bestimmt und beträgt ca. 33,4 dB. Auch bei dieser Stufe wird der Arbeitspunkt am nicht-invertierenden Eingang (Pin 5) auf halbe Betriebsspannung gelegt.

Die obere Grenzfrequenz dieser Stufe wurde mit C 5 auf ca. 27 kHz begrenzt. Insgesamt erhalten wir dann bei unserem Verstärker eine -3dB-Bandbreite von 250 Hz bis 20 kHz.

Über C 6 zur galvanischen Entkopplung wird das verstärkte Signal an ST 5 ausgekoppelt. Die Betriebsspannung von 6 V bis 25 V wird der Schaltung an ST 1 (+UB) und ST 2 (GND) zugeführt.

Nachbau

Der Nachbau dieser kleinen Schaltung ist recht einfach durchführbar und in weniger als einer halben Stunde bewerkstelligt. Zuerst werden die Anschlußbeinchen der

7 Widerstände ca. 1 mm hinter dem Gehäuseaustritt abgewinkelt. Dann werden die Beinchen durch die zugehörigen Bohrungen geführt, an der Lötseite leicht angewinkelt und festgelötet. Die überstehenden Drahtenden sind, wie auch bei allen nachfolgenden Bauelementen, so kurz wie möglich abzuschneiden.

Danach werden die 3 Folienkondensatoren und die 3 Keramik-Scheibenkondensatoren eingelötet.

Im Anschluß hieran erfolgt das Einsetzen der Elkos C 1 und C 7, wobei unbedingt die richtige Polarität zu beachten ist.

Nach dem Einlöten des Trimmers R 4 in liegender Position wird der Doppel-Operationsverstärker so eingesetzt, daß die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Die 6 Lötstifte mit Öse sind vor dem Festlöten stramm in die zugehörigen Bohrungen der Platine zu pressen.

Der typische Anwendungsfall dieser kleinen Schaltung ist der Einbau in einen bestehenden Verstärker ohne Mikrofoneingang.

Aufgrund der geringen Stromaufnahme von nur 7 mA bei $U_B = 9$ V und des großen Versorgungsspannungsbereichs kann zur Spannungsversorgung in der Regel leicht eine geräteinterne Betriebsspannung „angezapft“ werden.

Zum Anschluß des Mikrofons wird üblicherweise eine 6,3mm-Klinkenbuchse in die Rückwand des Gerätes gebaut, die über eine abgeschirmte Leitung mit dem Eingang der Schaltung verbunden wird.

Stückliste: Mikrofon-Vorverstärker

Widerstände:

470Ω	R7
1kΩ	R5, R6
10kΩ	R1, R3
22kΩ	R8
47kΩ	R2
PT10, liegend, 50kΩ	R4

Kondensatoren:

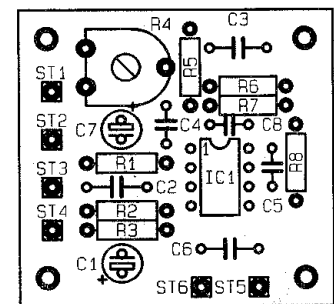
100pF/ker	C4
270pF/ker	C5
100nF/ker	C8
150nF	C2
330nF	C6
680nF	C3
10µF/25V	C7
100µF/16V	C1

Halbleiter:

NE5532	IC1
--------------	-----

Sonstiges:

6 Lötstifte mit Lötöse



Bestückungsplan des Mikrofon-Vorverstärkers

Das Ausgangssignal unseres Mikrofonvorverstärkers (ST 5) wird dann über eine abgeschirmte Leitung auf den gewünschten Eingang des Verstärkers geführt.

Besonders wichtig ist auch, daß der Einbau nicht in „strahlungsverseuchter Umgebung“ wie z. B. in der Nähe des Netzteils erfolgt (Brummeinstreuung). Der erforderliche Sicherheitsabstand zu netzspannungsführenden Teilen ist unbedingt einzuhalten. Sämtliche VDE- und Sicherheitsvorschriften sind sorgfältig zu beachten.