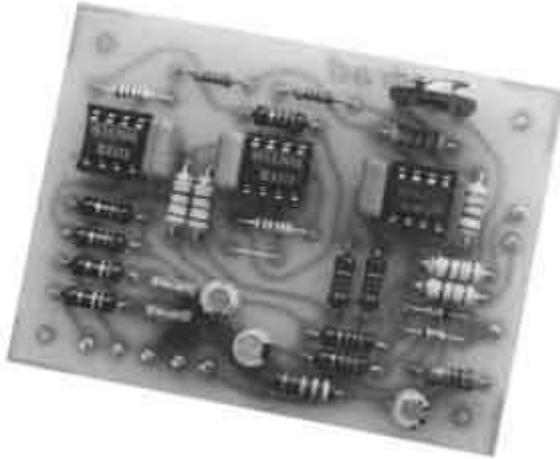


Symmetrischer Mikrofonverstärker



Dieser vielseitige kleine Vorverstärker kann manche Aufgabe im NF-Bereich erfüllen. Eine der interessanteren Anwendungen ist der Einsatz als symmetrischer Mikrofonvorverstärker.

Viele NF-Spannungsquellen (teure Mikrofone - Studiotonbandgeräte) müssen an einen Vorverstärker mit symmetrischen oder Differenz-Eingängen angeschlossen werden und sind für die Verwendung an den einfacheren unsymmetrischen Eingängen weniger geeignet. Beispielsweise benötigen Mikrofone mit symmetrischem Ausgang einen symmetrischen Vorverstärker, um die geringstmögliche Einstreuung von Störspannungen zu garantieren. Solche Mikrofone werden über drei Adern mit dem Vorverstärker verbunden. Zwei dieser Leitungen führen das NF-Signal, und die dritte ist die Masseleitung. Die von der symmetrischen Spannungsquelle - in diesem Fall vom Mikrofon - erzeugte Spannung liegt so an den beiden NF-Leitungen, daß das Signal auf der einen Leitung gegenüber dem auf der anderen um 180 Grad phasenverschoben ist. Beide NF-Leitungen und die Masseleitung werden miteinander verdreht, oder ein zweiadriges abgeschirmtes Kabel wird verwendet, um das Mikrofon mit dem Vorverstärker zu verbinden.

Gleichphasiges und Gegenphasiges

Eine von außen auf diese Verbindungsleitung einwirkende Stör- oder Brummspannung beeinflußt beide NF-Leitungen gleichermaßen und erzeugt daher Spannungen auf beiden NF-Leitungen, die miteinander in Phase sind. Solche Spannungen nennt man Gleichtakt-Spannungen. Der symmetrische Vorverstärker ist jedoch so ausgelegt, daß er nur Differenzspannungen verstärkt. Die Ausgangsspannung des Vorverstärkers ist proportional zur Spannungsdifferenz zwischen seinen beiden Eingängen. Da die vom Mikrofon erzeugten Spannungen nicht die gleiche Phasenlage haben, werden sie verstärkt. Doch die Störspannung ist ein Gleichtaktsignal und liegt daher gleichphasig auf beiden Eingangsleitungen. Daher ist die Differenz zwischen den Störspannungen auf den zwei Eingangsleitungen gleich Null, und das Störsignal wird nicht verstärkt (siehe Bild 1). Mit Hilfe dieser Technik können kleine Spannungen über lange Kabel geleitet werden; auf andere Weise wäre dies wegen der Störanfälligkeit dieser Leitungen vor allem gegenüber Netzbrummen nicht durchführbar.

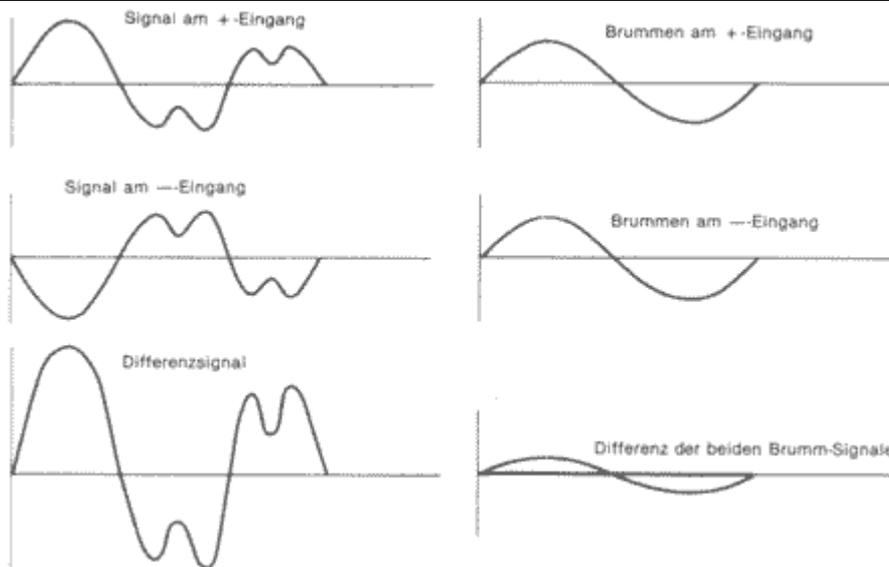


Bild 1. Die einzelnen Signale an einem Differenzeingang. Die Unterdrückung der Gleichtaktsignale ist natürlich wesentlich größer, als es im Bild dargestellt ist.

Warum symmetrische Signalleitungen?

Die Frage liegt nahe: Warum so viel Zirkus, um ein Signal zu erzeugen, das 180 Grad in der Phase gegenüber dem Ursprungssignal verschoben ist? Eine große Zahl von professionellen Audiogeräten - hauptsächlich Mischer und Verstärker - ist mit Differenzeingängen ausgestattet. Die Eigenheit eines Differenzverstärkers ist es, zwei Eingänge zu haben. Wenn man dasselbe Signal an beide Eingänge legt, bekommt man (im Idealfall) kein Ausgangssignal. Wenn man aber unterschiedliche Signale an die Eingänge eines Differenzverstärkers legt, verstärkt er die Differenz zwischen den Eingängen. Diese Eigenschaft wird in symmetrischen Audio-Systemen ausgenutzt, um diejenigen Brummeinstreuungen zu verringern, die auf den Verbindungsleitungen eines Systems induziert werden. Um das besser zu zeigen, betrachten wir Abbildung 1 mit einem einadrigen System.

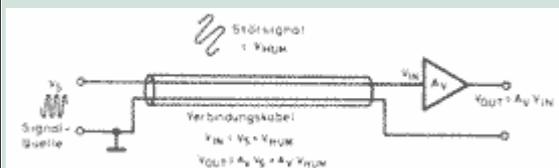


Bild 1. Bei einem unsymmetrischen Leitungssystem wirkt sich induzierte Brummspannung störend aus.

Man sieht, daß jede induzierte Brummspannung um denselben Faktor verstärkt wird wie das Nutzsignal. Wenn die Verstärkung hoch ist, kann schon eine kleine Brummstörung - von einer Beleuchtungsanlage etwa - zu einem unerträglichen Problem werden. Wenn man dagegen in Abbildung 2 das symmetrische System betrachtet, sieht man, daß jeder aufgenommene Brumm denselben Betrag und dieselbe Phase in beiden Leitungsadern hat. Weil aber der Differenzverstärker nur die Unterschiede verstärkt, wird die Brummstörung unterdrückt.

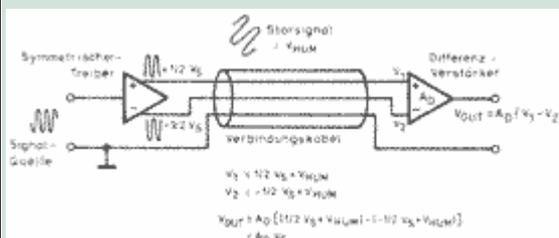


Bild 2. Induzierte Brummspannungen machen sich in einem symmetrischen Leitungssystem nicht störend bemerkbar.

aus elrad 12/1985 Seite 79

... und so wird's gemacht!

Eine symmetrische Übertragungs-Leitung wird meist mit Hilfe von Transformatoren aufgebaut. Bild 2 zeigt das Prinzip. Die Spannungsquelle kann ein Mikrofon sein oder ein kleiner, ins Mikrofon integrierter Vorverstärker oder einfach der Ausgang eines Mischpultes oder eines anderen elektronischen Gerätes.

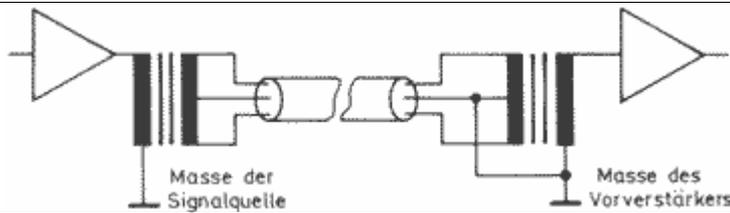


Bild 2. Symmetrische Signalübertragung mit Ausgangs- und Eingangstrafo.

Die Quelle wird an die Primärwicklung eines Symmetrier-Trafos angeschlossen, die so ausgelegt ist, daß sie die Spannungsquelle mit der richtigen Impedanz abschließt. Die Sekundärseite dieses Trafos besteht üblicherweise aus einer bifilar gewickelten Sekundärwicklung; diese wird so angeschlossen, wie es in Bild 2 zu sehen ist. Ein ähnlicher Transformator wird am anderen Ende der Leitung verwendet, um das Differenzsignal so umzuwandeln, daß es in einem Vorverstärker mit unsymmetrischem Eingang verstärkt werden kann. Diese Technik hat den Vorteil, daß die Masse der Spannungsquelle nicht mit der Masse des Vorverstärkers verbunden sein muß - eine Besonderheit, die manchmal sehr nützlich sein kann, insbesondere beim Anschließen sehr vieler Kabel an einen gemeinsamen Punkt, wie es etwa ein Mischpult darstellt. Da die Massen der verschiedenen Spannungsquellen voneinander getrennt bleiben können, sind Brummschleifen völlig ausgeschlossen. Auf andere Weise wäre das kaum zu erreichen.

Vor- und Nachteile von Trafos

Natürlich weisen Transformatoren auch Nachteile auf. Zunächst einmal sind gute Ausführungen teuer, da sie sorgfältig gewickelt und gegen äußere Brummfelder abgeschirmt werden müssen. Ferner sollte der Frequenzgang keine Unregelmäßigkeiten aufweisen, um den gesamten NF-Bereich übertragen zu können. Aus diesem Grunde sind sie jedoch besonders empfindlich gegen Magnetfelder, die von Netztrafos usw. erzeugt werden. Es ist äußerst schwierig und manchmal sogar unmöglich, diese Transformatoren vor Brummeinstreuungen aus dem Netzteil zu schützen.

Man hört oft, daß Transformatoren Gleichtaktsignale weniger gut unterdrücken können als symmetrische Vorverstärker, wie z. B. der hier beschriebene. Dies ist zwar zutreffend, aber doch nicht so wichtig, wie es meistens behauptet wird. Gewöhnlich wird die Gleichtaktunterdrückung nämlich durch das abgeschirmte Kabel eingeschränkt, mit dem die Signalquellen angeschlossen werden. Selbst die besten Kabel ermöglichen selten Gleichtakt-Unterdrückungen von mehr als 60 dB, ein Wert, den die meisten Eingangstransformatoren deutlich übertreffen. Der Hauptvorteil von Differenz-Vorverstärkern gegenüber hochwertigen Transformatoren liegt im geringeren Preis und darin, daß sie vergleichsweise unempfindlich gegenüber Brummfeldern sind. Dadurch wird es wesentlich einfacher, den Vorverstärker so im Gerät zu montieren, daß keine Verschlechterung des Störabstandes durch Brummeinstreuungen erfolgen kann. Und ein weiterer Vorteil des Vorverstärkers gegenüber dem Transformator besteht darin, daß selbst die besten Trafos mehr Klirrfaktor erzeugen als eine symmetrische Eingangsschaltung mit Operationsverstärkern produziert.

Das Prinzip...

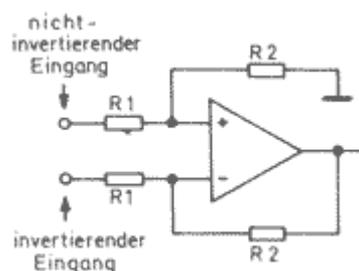


Bild 3. Einfacher, symmetrischer Eingangsverstärker.

Der benötigte Differenzeingang läßt sich leicht mit Operationsverstärkern aufbauen, denn diese verfügen ja bereits über invertierende und nichtinvertierende Eingänge, d. h. über einen Differenzeingang 'von Haus aus'. Die einfachste denkbare Schaltung, die sich für den Anschluß von Mikrofonen auch tatsächlich eignet, sehen Sie in Bild 3. Diese Schaltung ist der Standard-Operationsverstärker mit Differenzeingängen und liefert bei Anschluß der meisten symmetrischen Spannungsquellen gute Ergebnisse.

Der Widerstand zwischen dem nichtinvertierenden Eingang und Masse hat denselben Wert wie der Gegenkopplungswiderstand. So wird erreicht, daß die Verstärkung sowohl für den invertierenden als auch für den nichtinvertierenden Eingang gleich ist. Legt man den nichtinvertierenden Eingang an Masse, wird die Verstärkung der Stufe durch das Verhältnis der Widerstände R_2/R_1 bestimmt. Liegt der invertierende Eingang an Masse, so errechnet sich die Verstärkung des Operationsverstärkers mit Hilfe der Standardformel $(R_2 + R_1)/R_1$.

25. 1. 2 Messung von Potentialdifferenzen

Die Messung von Potentialdifferenzen kann im Prinzip mit dem Subtrahierer in Abb. 11.3 durchgeführt werden. Wie wir in Abschnitt 11.2.2 gesehen haben, wird die Gleichtaktunterdrückung hauptsächlich durch die Paarungstoleranz der Widerstandsverhältnisse α_N und α_P bestimmt. In diese Verhältnisse geht jedoch der Innenwiderstand der Signalquellen ein. Beim Einsatz der Schaltung in der Rechentechnik sind die Signalquellen in der Regel gegengekoppelte Operationsverstärker mit sehr niedrigem Ausgangswiderstand. In diesem Fall ist der Effekt vernachlässigbar.

Bei der Anwendung in der Meßtechnik muß man den definierten niedrigen Quellenwiderstand mit Hilfe von Spannungsfolgern herstellen. Damit gelangen wir zu der universellen Subtrahierschaltung in Abb. 25.3. Für $R_1 = \infty$ arbeiten OV 1 und OV 2 als Spannungsfolger.

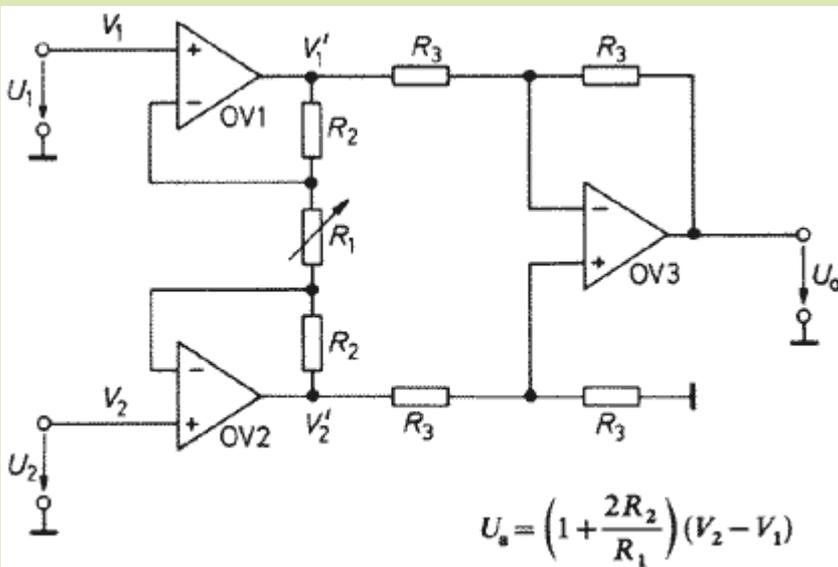


Abb. 25.3 Elektrometersubtrahierer (Instrumentation Amplifier)

Ein zusätzlicher Vorteil der Schaltung besteht darin, daß man durch Variation eines einzigen Widerstandes die Differenzverstärkung einstellbar machen kann. Wie man in Abb. 25.3 erkennt, tritt an dem Widerstand R_1 die Potentialdifferenz $V_2 - V_1$ auf. Damit wird

$$V_2' - V_1' = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)(V_2 - V_1).$$

Diese Differenz wird mit Hilfe des Subtrahierers OV 3 an den geerdeten Ausgang übertragen.

Bei reiner Gleichtaktaussteuerung ($V_1 = V_2 = V_{Gl}$) wird $V_1' = V_2' = V_{Gl}$. Die Gleichtaktverstärkung von OV 1 und OV 2 besitzt also unabhängig von der eingestellten Differenzverstärkung den Wert 1. Mit Gl. (11.6) erhalten wir damit die Gleichtaktunterdrückung

$$G = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \frac{2\alpha}{\Delta\alpha}.$$

Darin ist $\Delta\alpha/\alpha$ die relative Paarungstoleranz der Widerstände R_3 .

aus:
Halbleiter Schaltungstechnik
U.Tietze, Ch.Schenk
Fünfte Auflage
Springer Verlag, 1980
Seiten 666/667

... die Berechnung...

Dabei entsteht jedoch ein Spannungsteiler, der aus dem Eingangswiderstand vor dem nichtinvertierenden Eingang und dem Widerstand besteht, der zwischen diesem Eingang und Masse liegt; es erfolgt eine Abschwächung des Signals gemäß der Formel

$$U_i = U (R_2 / (R_1 + R_2)).$$

Daher beträgt die Gesamtverstärkung der Stufe für den nichtinvertierenden Eingang

$$((R_2 + R_1) / R_1) (R_2 / (R_1 + R_2)) \text{ oder } R_2 / R_1;$$

dies ist auch die Verstärkung des invertierenden Einganges. Diese Schaltung hat jedoch den Nachteil, daß die Impedanz zwischen jedem der Eingänge und Masse sehr unterschiedlich ist. Die Impedanz am nicht-invertierenden Eingang kann etwa mit dem Widerstandswert der Reihenschaltung von R1 und R2 gleichgesetzt werden. Dagegen ist die Impedanz am invertierenden Eingang einfach die des Eingangswiderstandes R1, denn der invertierende OpAmp-Eingang liegt scheinbar an Masse, wenn auf die abgebildete Art eine Gegenkopplung zugeschaltet wird. Diese unterschiedlichen Impedanzen an den Eingängen stellen für die meisten symmetrischen Spannungsquellen keine Beeinträchtigung dar, denn eine echte symmetrische Quelle arbeitet unabhängig von der Verbindung nach Masse. Die Eingangsimpedanz des Vorverstärkers, die sich für die symmetrische Spannungsquelle ergibt, hängt von beiden Eingangswiderständen ab und vom inneren Widerstand zwischen beiden Basen der Eingangstransistoren im OpAmp. In den meisten Schaltungen spielen die Werte der Eingangswiderstände die Hauptrolle, und es läßt sich mit genügender Genauigkeit sagen, daß die Eingangsimpedanz gegenüber der symmetrischen Signalquelle $2R_1$ beträgt.

Ein ernster Nachteil dieser einfachen Schaltung besteht nun darin, daß die Fähigkeit, Gleichtaktsignale zu unterdrücken, bei einigen Signalquellen beträchtlich zurückgeht; dies geschieht dann, wenn die Spannungsquelle für beide Eingänge unterschiedliche Quellimpedanzen darstellt. Die Gleichtaktunterdrückung hängt ja davon ab, wie gut die beiden Widerstandspaare (R1, R2) miteinander übereinstimmen und wird gewöhnlich in dB angegeben. Der bereits für abgeschirmte Kabel genannte Wert von etwa 60 dB läßt sich mit der Operationsverstärker-Schaltung recht leicht erreichen, vorausgesetzt, die Quellimpedanzen für beide Eingänge sind gleich. Unterscheiden sich diese Quellimpedanzen um nur 1 Prozent, so nimmt die Gleichtaktunterdrückung eines sonst gut entworfenen Vorverstärkers um etwa 20 dB ab und ist damit vielleicht schon nicht mehr brauchbar.

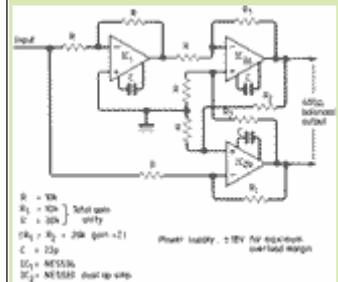
Ein weiterer Nachteil dieser Schaltung ist, daß sie nicht den von einem Vorverstärker benötigten Verstärkungsfaktor liefern und gleichzeitig einen wünschenswert kleinen Klirrfaktor aufweisen kann. Nehmen wir an, ein Mikrofon mit symmetrischem Ausgang liefert etwa 0,2 mV, und der Vorverstärker soll etwa 100 mV abgeben. Dann wird eine Verstärkung von 500-fach benötigt, bzw. etwa 54 dB. Selbst mit den besten Operationsverstärkern könnte man keinen zufriedenstellenden Klirrfaktor erzielen. Ein NE 5534 N beispielsweise würde einen Klirrfaktor von ungefähr 0,15% erzeugen. Gemessen an modernen Maßstäben ist das ein schlechter Wert, obwohl er mit einem Transformator nicht zu erreichen wäre.

... und die Schaltung !

Zur Lösung dieses Problems müßte man einfach die Verstärkung der Stufe verringern und eine zweite Stufe hinzufügen, um doch noch die gewünschte Verstärkung zu erreichen. Dies ändert jedoch nichts daran, daß die Gleichtaktunterdrückung bei einigen Signalquellen stark zurückgeht. Daher besteht die wirkliche Lösung des Problems darin, der Anordnung einen dritten OpAmp hinzuzufügen und so einen vollständigen 'Instrumentation Amplifier' aufzubauen.

Differential line driver replaces transformer

There are many applications where balanced line driving is required, particularly in audio applications where noise is a problem. Transformers are expensive and suffer from limited bandwidth and stray magnetic fields so this circuit uses opamps.



Output maintains constant amplitude even if one balanced line is earthed, thus simulating true transformer action. Devices chosen have low noise figures and can drive 600 Ohm lines directly. The circuit has a 22dB overload margin when driving 0dBm into 600 Ohm, and greater than 60kHz full power bandwidth can be achieved by careful choice of resistors.

S. Whitt
Ipswich
Suffolk

aus: Electronics & Wireless
World, December 1984, Seite
73 "Circuit Ideas"

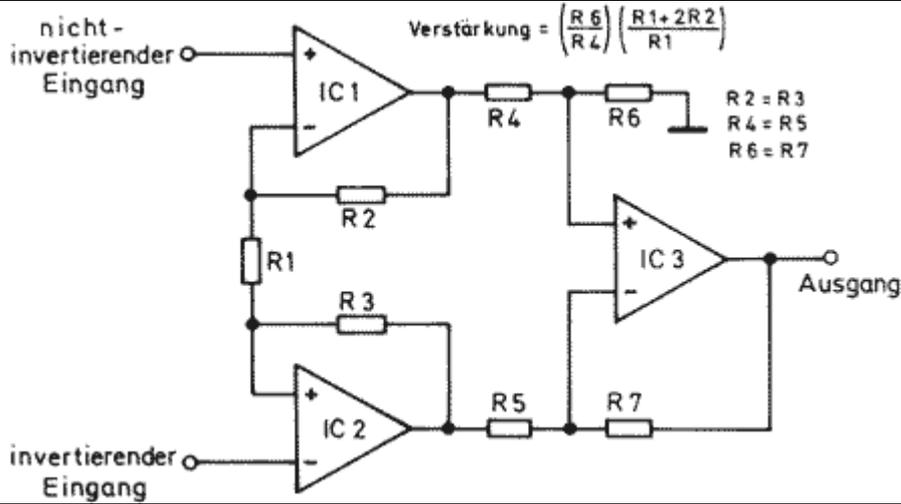


Bild 4. Prinzipschaltbild unseres symmetrischen Eingangsverstärkers.

(Anm.: Enthält einen Zeichenfehler, bei IC 2 sind invertierender und nichtinvertierender Eingang gegeneinander vertauscht.)

Dessen Grundschaltung zeigt Bild 4. Die zweite, aus IC 3 bestehende Stufe arbeitet genauso wie der einfache Differenzverstärker in Bild 3. Seine Eingänge sind jedoch durch die Eingangsstufen mit den ICs 1 und 2 gepuffert. Die Widerstandspaare R2 und R3, R4 und R5 sowie R6 und R7 sind gleich. Die Verstärkung der zweiten Stufe ist einfach R6/R4, wie oben abgeleitet, und die Verstärkung der ersten Stufe ergibt sich aus der etwas komplizierteren Formel

$$(R1 + 2R2)/R1$$

Die Gesamtverstärkung beträgt daher

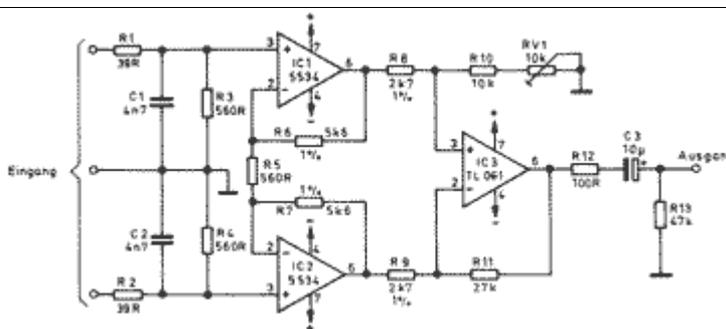
$$\frac{R6}{R4} \times \frac{R1 + 2R2}{R1}$$

Wenn R4 und R5 groß gewählt werden im Vergleich zu den geschätzten Unterschieden der Ausgangsimpedanzen beider Eingangs-OpAmps und wenn diese beiden OpAmps dieselbe Verstärkung haben, dann erhält man eine gute Gleichtaktunterdrückung.

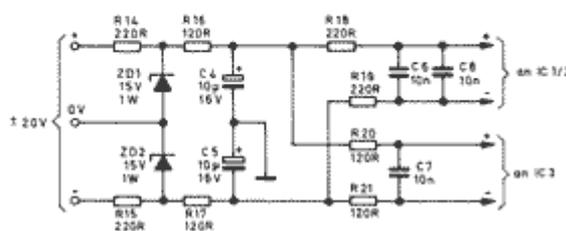
Bei vielen anderen Differenzeingangs-Schaltungen kann es schwierig werden, die Verstärkungsfaktoren der Eingangs-OpAmps möglichst genau aneinander anzugleichen. Diese Schaltung jedoch hat die Besonderheit, daß die Gleichtaktunterdrückung von der genauen Übereinstimmung der Widerstände in der Eingangsstufe überhaupt nicht abhängt. Außerdem können unterschiedliche Impedanzen der NF-Quelle die Gleichtaktunterdrückung nicht verschlechtern.

Die Verstärkung wird aufgeteilt

Die Gesamtverstärkung des Vorverstärkers teilen sich zwei Verstärkerstufen; jede von ihnen verfügt über genügend Gegenkopplung, um geringe Klirrfaktorwerte sicherzustellen.



Signal-Masse und Stromversorgungs-Masse werden über die Verdrahtung verbunden!



Schaltbild des symmetrischen Eingangsverstärkers.

Für R6, 7, 8 und 9 sind Widerstände mit geringer Toleranz (1% oder 2%) erforderlich, damit mögliche Unterschiede in den Ausgangsgleichspannungen von IC1 und IC2 mit Hilfe von RV1 ausgeglichen werden können.

Es ist sinnvoll, für die Eingangswiderstände rauscharme Metalloxyd-Typen zu verwenden, um geringe Rauschspannungen zu erhalten. Sie kosten nur wenig mehr als die üblichen Kohleschichtwiderstände. Man könnte sogar für alle Widerstände Metalloxydausführungen einsetzen, ohne daß dadurch die Kosten deutlich ansteigen. Die meisten Metalloxydwiderstände sind mit einer Toleranz von 1% oder 2% erhältlich.

Wie funktioniert's ?

Diese Schaltung ist ein recht unkomplizierter 'Instrumentation-Amplifier'. Der eigentliche Differenzverstärker wird durch IC3 gebildet, den TL 061. Es handelt sich dabei um einen Bi-FET-Operationsverstärker mit guter Gleichtaktunterdrückung. Als Eingangspuffer arbeiteten zwei OpAmps vom Typ NE 5534 AN, die auch zusätzliche Verstärkung liefern und den Rauschabstand des gesamten Verstärkers bestimmen.

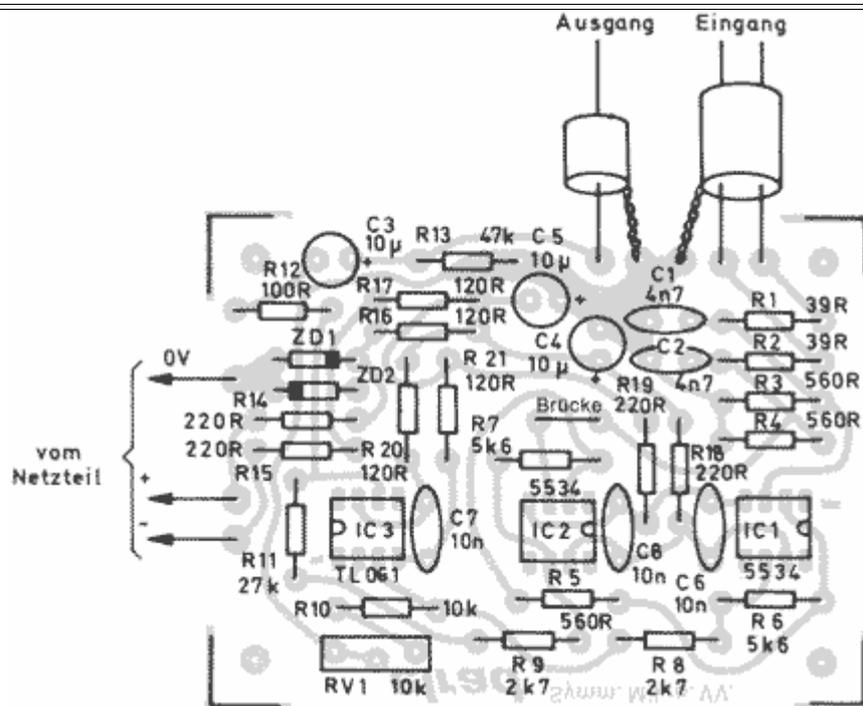
Wie im Haupttext besprochen, hängt die Gesamtverstärkung des Vorverstärkers von der Verstärkung der ersten und zweiten Stufe ab. Die Verstärkung der zweiten Stufe wird durch das Verhältnis von R11 zu R9 bestimmt und beträgt etwa 10. Die Verstärkung der ersten Stufe beträgt etwa 20, und es ergibt sich eine Gesamtverstärkung von etwa 200 bzw. 46 dB. Falls Sie eine andere Verstärkung benötigen, so halten Sie das Verhältnis der Verstärkungen von erster und zweiter Stufe etwa gleich. Für die meisten Mikrofone dürfte die Verstärkung dieser Schaltung ausreichen; sie liefert eine Ausgangsspannung von etwa 100 mV bei einem Eingangssignal von 0,5 mV.

Der Eingang der Schaltung ist gleichspannungsgekoppelt. Das setzt voraus, daß die Signalquelle ein Transformator oder aber kapazitiv entkoppelt ist - was in den meisten Fällen wohl zutreffen dürfte. Die Eingangsimpedanz der Schaltung wird durch die beiden Eingangswiderstände R3 und R4 bestimmt. Um die Eingangsimpedanz zu erhöhen, muß man nur die Werte dieser beiden Widerstände vergrößern.

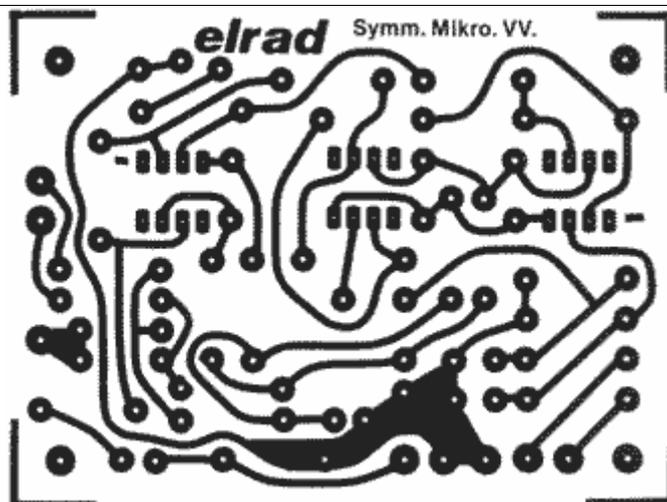
Die RC-Glieder R1 - C1 und R2 - C2 sind HF-Filter, die die Anfälligkeit der Schaltung für HF-Störungen verringern. Die symmetrische Betriebsspannung wird entweder durch zwei Stabilisierungsschaltungen mit Zenerdioden oder durch ein gutstabilisierendes Netzteil geliefert. Die Betriebsspannungsanschlüsse jedes ICs werden durch Widerstände und 10n-Kondensatoren entkoppelt, um gegenseitige Beeinflussung und die Möglichkeit einer Stromverkopplung auszuschließen.

Aufbau

Bei Verwendung der elrad-Platine gestaltet sich der Aufbau denkbar einfach, da sich alle Bauteile auf dieser Platine befinden. Beachten Sie die üblichen Vorsichtsmaßnahmen. Die Schaltung enthält verschiedene Elektrolytkondensatoren; stellen Sie sicher, daß diese und die Dioden und ICs richtig herum eingesetzt werden. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß sie von einem Netzteil mit einer Nennspannung von ± 20 V gespeist werden kann. Mit dieser Spannungsreserve ist sichergestellt, daß die Operationsverstärker mit sauberen ± 15 V gespeist werden. Falls diese Spannung jedoch nicht zur Verfügung steht, arbeitet die Schaltung auch bei niedrigerer Betriebsspannung einwandfrei. Falls Ihr Netzteil saubere, stabilisierte Spannungen von ± 15 V liefert, kann man auf die Zenerdioden, die auf der Platine angebracht sind, verzichten. Falls das Netzteil nicht diesen Anforderungen genügt, ersetzt man die 15V-Zenerdioden durch Zenerdioden mit niedrigerer, zum vorhandenen Netzteil passender Spannung. Laut Datenblatt vertragen die ICs NE 5534 AN von Signetics Betriebsspannungen über ± 20 V, aber einige Vergleichstypen anderer Hersteller scheinen diese Spannung nicht auszuhalten. Falls die von Ihnen erworbenen ICs nicht durch die Buchstaben NE gekennzeichnet sind, sollten Sie sicherheitshalber darauf achten, daß die Versorgungsspannung ± 15 V nicht übersteigt. Im Zweifelsfall lassen Sie die Zenerdioden in der Schaltung, wie es im Schaltbild und im Platinenentwurf angegeben ist.



Bestückungsplan für den symmetrischen Eingangsverstärker.



Platinenlayout des symmetrischen Eingangsverstärkers.

Der Einbau

Die gedruckte Schaltung wurde so ausgelegt, daß zwischen dem 0 V-Anschluß vom Netzteil und der Signalmasse eine externe Verbindung hergestellt werden muß. Diese Verbindungsleitung muß zur Eingangsbuchse führen; sie wird zwischen dem 0 V-Anschluß auf der Platine und dem Masseanschluß der Eingangsbuchse verlegt. Für die Signalleitung, die von der Eingangsbuchse zur Platine führt, wird abgeschirmtes Leitungskabel verwendet, wobei das Abschirmgeflecht an beiden Enden angeschlossen wird. Die Signalmasse soll nicht direkt mit dem Chassis oder Gehäuse verbunden werden. Durch einen 100nF-Kondensator, der zwischen der Signalmasse an der Eingangsbuchse und dem Chassis angebracht wird, erreicht man, daß Brummschleifen gar nicht erst entstehen können. Durch diese Verdrahtungsmethode werden solche Probleme ausgeschlossen, die sich sonst entlang der Masseleitung des Netzteils bilden könnten. Bei Unklarheiten hierüber schlagen Sie in der Artikelreihe MOS-FET-PA nach, die in den Heften 8, 9, 10/81 erschienen sind. In diesen Artikeln wird ausführlich beschrieben, wie man Masseleitungen verlegt und daß diese Grundlagen für den Entwurf eines Endverstärkers genauso gültig sind wie für die Masseverbindungen in einem Vorverstärker.

Die Daten

Dieser Vorverstärker liefert sehr gute Ergebnisse. Der genannte Störspannungsabstand hängt zum großen Teil vom verwendeten Operationsverstärker ab. Bei Verwendung des NE 5534 AN können Sie damit rechnen, die in der Tabelle angegebenen Störabstands- und Klirrfaktor-Werte zu erreichen. Genauso wichtig ist natürlich die Slew-Rate und die dadurch verursachten Verzerrungen dieses Gerätes.

Die Open-Loop-Charakteristik der OpAmps ist so gut, daß ein gerader Frequenzgang der Schaltung sichergestellt ist; alle Tests ergaben gute Resultate.

Abgleich

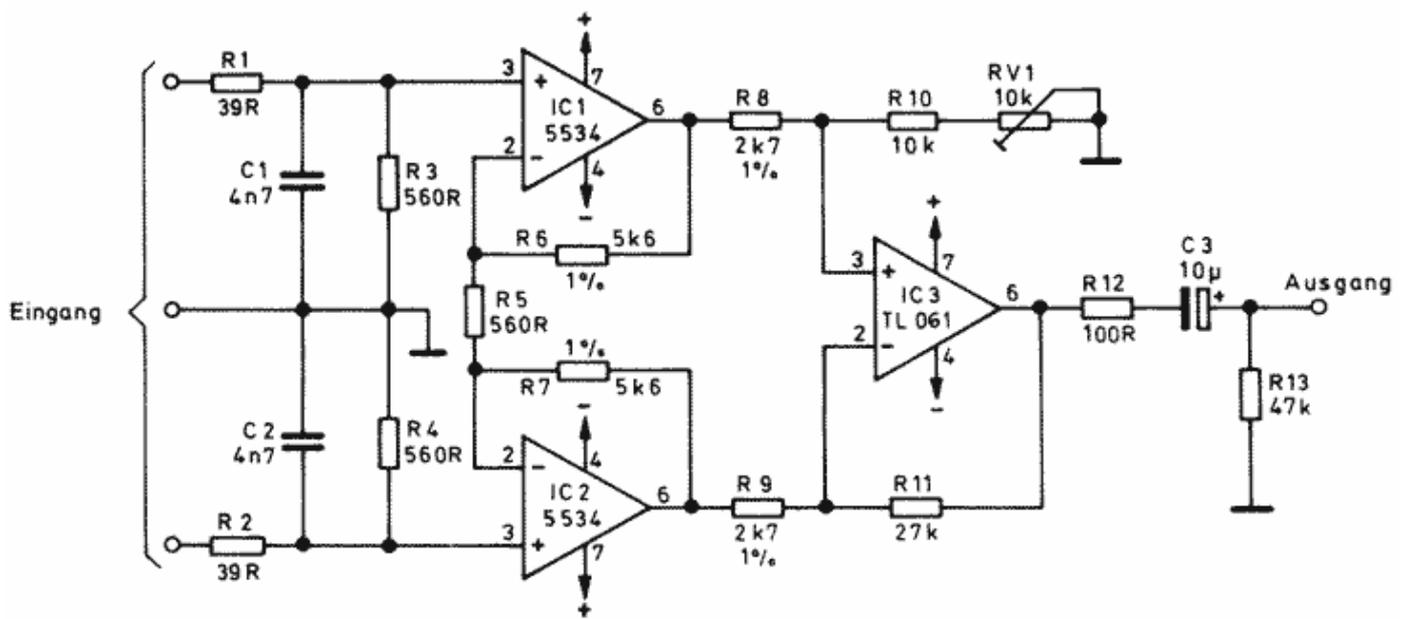
Um die maximal mögliche Gleichtakt-Unterdrückung einzustellen, legen Sie ein 100 Hz-Sinussignal an beide Eingangsanschlüsse und drehen RV1 auf minimales Ausgangssignal. Dadurch symmetrieren Sie die Gesamtschaltung, und der Abgleich ist fertig.

Technische Daten

Frequenzgang bei 10k-Last	12 Hz...60 kHz
Klirrfaktor Ua = +12 dBm	100 Hz: 0,03% 1 kHz: 0,03% 10 kHz: 0,04%
Störspannungsabstand bei V = 42 dB und Eingang mit 200R abgeschlossen	- 68 dBm
Eingangsimpedanz	2 x 560R gegen Masse
Ausgangsimpedanz	~ 200 R
Gleichtaktunterdrückung	> 80 dB

Stückliste

Widerstände ¼ W, 5%	
R 1,2	39R
R 3,4,5	560R
R 6,7	5k6, 1%
R 8,9	2k7, 1%
R 10	10k
R 11	27k
R 12	100R
R 13	47k
R 14,15,18,19	220R
R 16,17,20,21	120R
RV 1	10k
Kondensatoren	
C 1.2	4n7 Folie
C 3	10µ/35 V Elko
C 4,5	10µ/16 V Elko
C 6,7,8	10n Folie
Halbleiter	
IC 1,2	NE 5534 AN
IC 3	TL 061
ZD 1,2	15V, 1 W



Signal-Masse und Stromversorgungs-Masse werden über die Verdrahtung verbunden !

