

Neue Nf-IS als Dynamikkompressor und Hi-Fi-Verstärker

Während von verschiedenen Halbleiterherstellern integrierte Nf-Schaltungen mit eingebauten Leistungsendstufen geliefert werden, fehlte es bisher an einer universell verwendbaren und vor allem rauscharmer Nf-IS, mit der sich die verschiedensten Aufgaben lösen lassen.

Die von der Firma SGS-Ates vorgestellte IS TDA 1054 mit 16poligem Dual-in-Line-Gehäuse schließt die seither hier bestandene Lücke im Angebot. Sie kann u.a. eingesetzt werden als Hi-Fi-Vorverstärker mit Höhen- und Tiefenregler zum Anschluß an Tuner, magnetische oder keramische Tonabnehmersysteme, Tonbandgeräte und sonstigen Tonfrequenzquellen, als kompletter Aufnahme- und Wiedergabe-Vorverstärker für Kassetten-Recorder, als Mikrofonverstärker mit Dynamikkompression für Funkgeräte, aber auch für ELA-Anlagen. Ferner läßt sich der TDA 1054 im Nf-Teil von Sprechanlagen, Diktiergeräten, Ultraschall- und Infrarotlichtempfängern verwenden.

Aufbau der Innenschaltung

Der TDA 1054 setzt sich aus vier getrennten Funktionsgruppen (Bild 1) zusammen: dem galvanisch gekoppelten zweistufigen Vorverstärker mit etwa 34 dB Verstärkung, einem ebenfalls galvanisch gekoppelten Operationsverstärker mit etwa 52 dB Verstärkung, dem ALC-Regelverstärker (ALC = automatic level control) für die automatische Pegelkonstanthaltung der Ausgangsspannung und einem Brummfilter SVRF (SVRF = supply voltage rejection facility), das die der Versorgungsspannung überlagerte Brummspannung unterdrückt. Die IS kann mit einer Versorgungsspannung im Bereich von mindestens 4 V bis maximal 20 V betrieben werden; bei 9 V beträgt der Ruhestrom etwa 3 mA.

Die sehr rauscharmen Transistoren T1 (0,5 dB) und T2 bieten Anschlußmöglichkeiten für Gegenkopplungen (über 4, 5, 6, 7). Der Operationsverstärker, auch als Entzerrerverstärker (equalization amplifier) bezeichnet, besitzt am Eingang eine Differenzverstärkerstufe mit den Transistoren T4 und T5, bei der im Emitterkreis die Konstantstromquelle mit T6 liegt. Deren Basisvorspannung halten die Dioden D5 und D6 konstant. Dem Anschluß 11 führt man das zu verstärkende Signal zu, während zwischen ihrem Eingang 10 und dem Verstärkerausgang 13 die Entzerrnetzwerke, z.B. bei Verwendung als Plattenspieler- oder bei Aufnahme- und Wiedergabevorverstärker beim Kassettenrecorder geschaltet werden. An den Differenzverstärker schließen sich die galvanisch gekoppelten Verstärkerstufen mit T7 und T8 an. Der Transistor T9 arbeitet als Emitterfolger.

Der ALC-Verstärker wird nur bei automatischer Pegelkonstanthaltung der Verstär-

kerausgangsspannung benötigt. Das hier am Ausgang 13 des Operationsverstärkers zu messende und konstant zu haltende Nf-Signal – es kann übrigens aus beliebigen Quellen kommen – wird über die RC-Kombination R14/C7 (Bild 2) dem Anschluß des Re-

gelverstärkers zugeführt und von der Diode D7 gleichgerichtet. Die gewonnene Gleichspannung steuert die in Kollektorschaltung arbeitende Darlingtonstufe T11/T12. Die Darlington-Konfiguration wurde gewählt, um die große Entlade-Zeitkonstante für die ALC-Regelung durch die am Anschluß 16 liegende RC-Kombination R16/C8, von z.B. 3 Minuten mit $R16 = 8,2 \text{ M}\Omega$ und $C8 = 47 \mu\text{F}$ zu erreichen.

Auf die Darlingtonstufe folgen die als 2-fach-Diodenstrecke mit quadratischer Kenn-

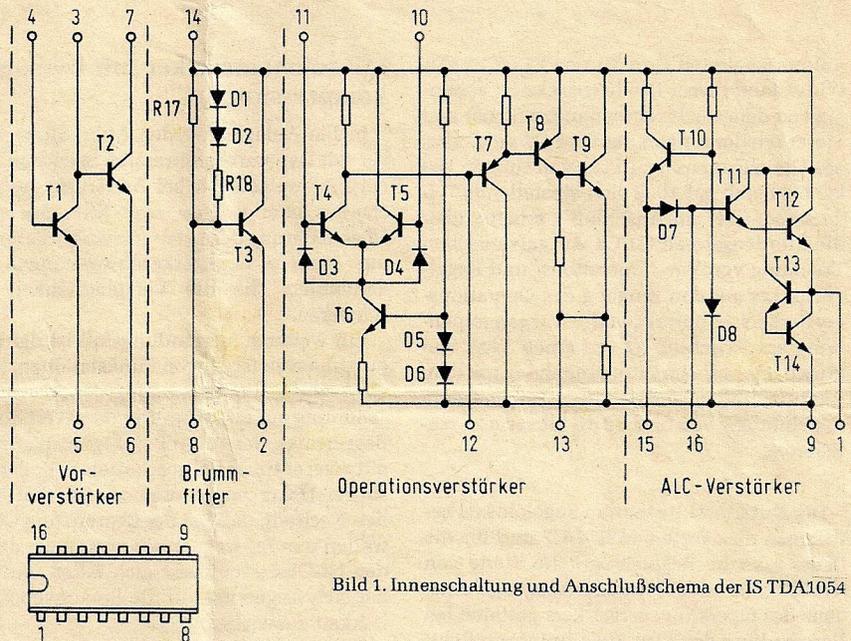


Bild 1. Innenschaltung und Anschlußschema der IS TDA1054

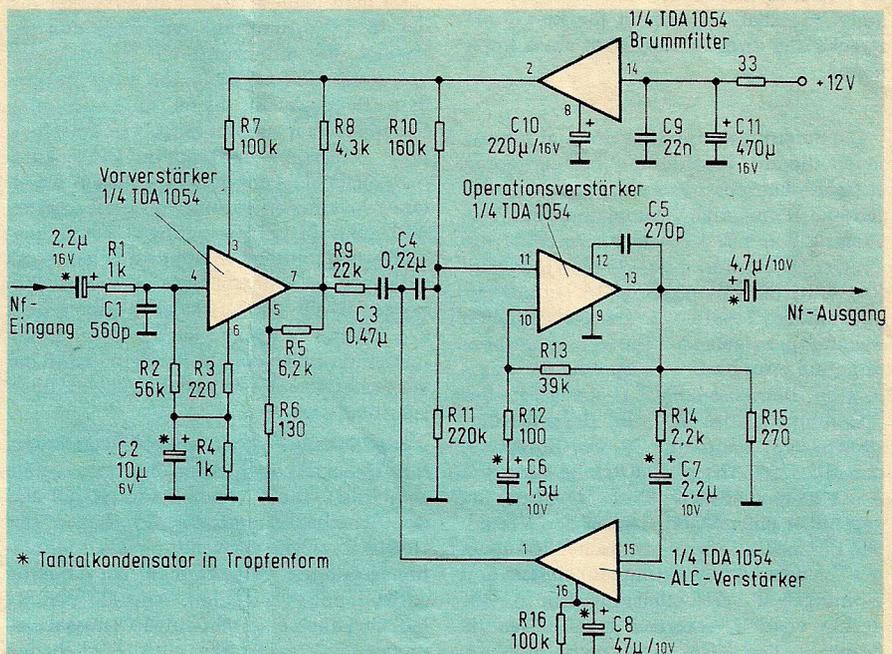


Bild 2. Schaltung des Mikrofonverstärkers mit Dynamikkompressor

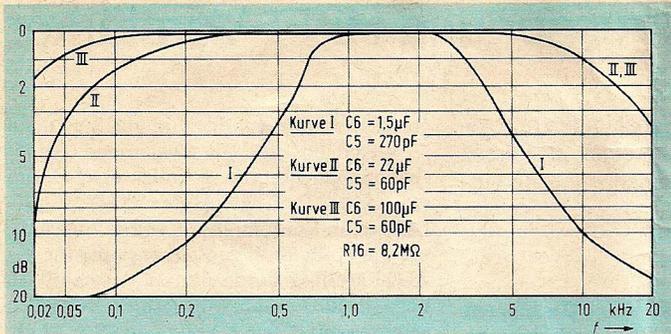


Bild 3. Frequenzgang des Mikrofonverstärkers

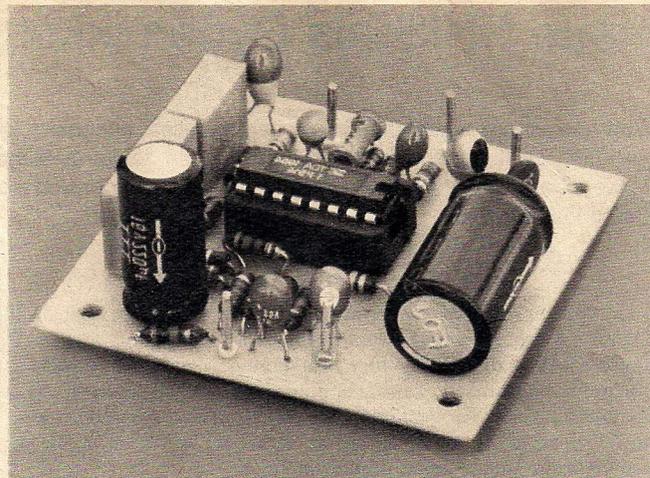


Bild 4. ►

Der fertige Mikrofonverstärkerbaustein

linie geschalteten Transistoren T13/T14. Der Widerstand dieser Diodenstrecke ist abhängig von dem sie durchfließenden Strom und dieser wiederum von der über D7 gewonnenen Gleichspannung. Dieser von einigen 100 k Ω bis herab auf 10 Ω sich einstellende Widerstandswert am Anschluß 1 arbeitet über die Kondensatoren C3/C4 zur galvanischen Trennung von Vor-, Operations- und Regelverstärker auf den Eingang des Operationsverstärkers 11 und regelt die Ausgangsspannung am Anschluß 13 auf einen Wert von etwa 0,9 V_{eff} ein. Im Zusammenhang mit dem internen Widerstand der Signalquelle ist ein Regelumfang von über 60 dB klirrfrei zu realisieren.

Die Zeitkonstante für den Regeleinsatz bestimmen die Werte von R14/C7 und für die Dauer bis zum Regelaussatz die Werte von R16/C8. Die niederohmige Ausgangsimpedanz des Operationsverstärkers gestattet bei Verwendung des TDA 1054 in Infrarotlicht- und Ultraschallempfängern für Rundfunkzwecke den direkten Anschluß eines Kopfhörers.

Die Funktionsgruppe zur Brummfilterung liefert die am Anschluß 14 zur Verfügung stehende Betriebsspannung, jedoch mit wesentlich reduzierten Brummanteil zur Versorgung von z.B. Vorverstärkern. Über die Dioden D1/D2 und dem 120- Ω -Widerstand R18 wird der am Anschluß 8 befindliche Elko auf den Scheitelwert der verbrummten Spannung aufgeladen. Die Ausgangsspannung am Anschluß 2 entspricht der zugeführten Betriebsspannung abzüglich des Spannungsabfalles an der Basis-Emitterstrecke vom Transistor T3. Die Entladung des Elkos am Anschluß 8 erfolgt über den 7,5- Ω -Widerstand R17. Diese Schaltung hat gegenüber einer Stabilisierung den Vorteil, daß kurzzeitige oder periodische Störungen (50-Hz- oder 100-Hz-Brummen) einfach und wirkungsvoll verlustleistungsarm unterdrückt werden, während langzeitige, die Funktion des TDA 1054 nicht störende Schwankungen akzeptiert werden.

Mikrofonverstärker mit Dynamikkompression

In Ela-Anlagen werden Mikrofonverstärker mit Dynamikkompression betrieben, um beispielsweise auch bei Änderung des Abstandes vom Redner zum Mikrofon eine Übersteuerung des Leistungsverstärkers und um größere Lautstärkeschwankungen zu vermeiden, die die Verständlichkeit erschweren.

Ein weiterer Anwendungsfall ist der Modulationsverstärker von Funkstationen. Hier wird häufig die Begrenzung der Ausgangsspannung auf einen bestimmten Wert durch Begrenzung der zu großen Signalspannung mit zwei antiparallel geschalteten Dioden im Nf-Verstärker vorgenommen. Das hat aber den Nachteil, daß bei der Begrenzung Oberwellen der Tonfrequenzen entstehen, die in den Nf-Übertragungsbereich fallen und daher sich ungünstig auf die Sprachverständlichkeit auswirken.

Da man beim Modulationsverstärker mit der IS TDA 1054 eine ALC-Regelung anwendet, die eine konstante Nf-Ausgangsspannung sicherstellt, treten auch bei großem Regelumfang keine unerwünschten Harmonischen auf. Bei Einsatz in Einseiten- und Zweiseitenbandsendern (AM) kann man daher stets mit hohem, konstant gehaltenen maximalen Modulationsgrad arbeiten und somit die zur Verfügung stehende Sendeleistung optimal ausnützen. Übersteuerungen der Senderendstufe und somit Störungen in den Nachbarkanälen treten nicht auf. Besonders wichtig ist jedoch die Dynamikkompression bei FM-Sendern, damit der vorgeschriebene Frequenzhub nicht überschritten wird.

Die Schaltung des Mikrofonverstärkers mit Dynamikkompression für Funkgeräte zeigt Bild 2. Die RC-Kombination R1/C1 und der Scheibenkondensator C9 dienen der Hf-Siebung bei Verwendung als Modulationsverstärker. Sie können bei anderen Anwendungen entfallen. Anstelle von R1 läßt sich auch eine Miniatur-Hf-Drossel einsetzen. Der Vorverstärker mit T1/T2 hebt den Pegel des Eingangssignals um etwa 34 dB an.

Die beiden Gegenkopplungen von Anschluß 6 nach 4 und von 7 nach 5 dienen der Linearisierung des Frequenzganges. Eine weitere Verstärkung des Signals um etwa 54 dB erfolgt im nachfolgenden Entzerrerverstärker. Die Gegenkopplung mit dem Kondensator C5 vom Emitter des Transistors T9 (Anschluß 13) zur Basis von T7 (Anschluß 12) ist bestimmend für den Frequenzverlauf bei den höchsten Tonfrequenzen. Die zweite Gegenkopplung vom Verstärkerausgang (Anschluß 13) mit dem Widerstand R13 zum Differenzverstärkereingang (Anschluß 10) und über den Widerstand R12 in Serie mit dem Kondensator C6 nach Masse bestimmt den Frequenzverlauf von den mittleren bis zu den tiefsten Frequenzen.

Die zur Steuerung des ALC-Verstärkers benötigte Nf-Spannung entnimmt man dem Verstärkerausgang (13). Sein Ausgang arbeitet als veränderlicher Parallelwiderstand auf die Nf-Eingangsspannung des Operationsverstärkers. Zur galvanischen Trennung von Vor-, Operations- und Regelverstärker dienen die Kondensatoren C3 und C4. Die Dimensionierung der RC-Kombination R14/C7 bestimmt die Zeit für den Einsatz der Regelung, die hier wenige ms beträgt. Die Entladezeitkonstante für das Aussetzen der Regelung wurde in den Werten von der RC-Kombination R16/C8 so gewählt, daß bei kurzer Sprachunterbrechung, z.B. Atemholen, der Verstärker nicht sofort aufgeregt wird, so daß sich Raum- und Hintergrundgeräusche nicht störend bemerkbar machen können. Das ist vor allem bei Benützung eines Funkgerätes im Kraftfahrzeug oder in lärmgefüllter Umgebung wichtig.

Bei der im Schaltbild angegebenen Dimensionierung der Gegenkopplungen wird ein Frequenzgang (Bild 3, Kurve 1) erzielt, der für gute Sprachverständlichkeit und für die bei Funkanlagen erforderliche schmale Modulationsbandbreite ausgelegt ist.

Soll der Mikrofonverstärker dagegen bei Ela-Anlagen zu Sprach- und Musikübertragungen eingesetzt werden, so ist ein linearer

und unbeschnittener Frequenzverlauf erforderlich. Für diesen Anwendungsfall sind die in der Schaltung angegebenen Werte wie folgt zu ändern: C5 auf 60 pF und C6 auf 22 μ F. Es ergibt sich dann ein Frequenzgang nach Bild 3, Kurve II. Der leichte Abfall bei den Tiefen um 3,5 dB bei 50 Hz ist für eine einwandfrei arbeitende ALC-Regelung erforderlich, wenn die Ela-Anlage für Sprachübertragung eingesetzt und eine kürzere Ausregelzeitkonstante gefordert wird.

Bei Anlagen zur Musikübertragung ist jedoch die Zeitdauer der Regelung durch Vergrößern des Widerstandswertes von R16 zu verlängern um ein Einestufen der Dynamik bei Musik zu vermeiden. Bei einem Widerstandswert von 8,2 M Ω von R16 liegt die Zeit für die Aufregelung bei etwa 3 min. Durch Vergrößern von C6 auf 100 μ F beträgt der Abfall bei 50 Hz nur 0,75 dB (Bild 3 Kurve III).

Die Verstärkungsregelung setzt bei einer Nf-Eingangsspannung von etwa 0,1 mV ein, dabei stellt sich am Verstärkerausgang (13) eine konstante Nf-Spannung von etwa 0,9 V_{eff} ein, die bei Erhöhung der Eingangsspannung langsam etwas ansteigt und bei 22 mV dann etwa 1,18 V_{eff} beträgt. Erst ab einer Eingangsspannung von 25 mV waren Verzerrungen auf dem Oszillografenbildschirm zu erkennen, so daß der Regelbereich bei dieser Schaltungsauslegung fast 50 dB beträgt. Da für den Nachbau des Mikrofonverstärkers mit Dynamikkompression (Bild 4) vor allem bei Funkamateuren großes Interesse bestehen dürfte, wurde eine Leiterplatte (Bild 5) entwickelt, deren Bestückungsplan das Bild 6 zeigt. Es sind Miniatur-Bauelemente zu verwenden: Widerstände 1/10 W Belastbarkeit, für die Kondensatoren C3 und C4 Wima MKS 63 V-, für C5 Styroflex- oder keramischer Scheibenkondensator. Bei einer Leiterplattengröße von nur 52,5 mm x 55 mm und bei 24 mm Bauelementehöhe dürfte sich

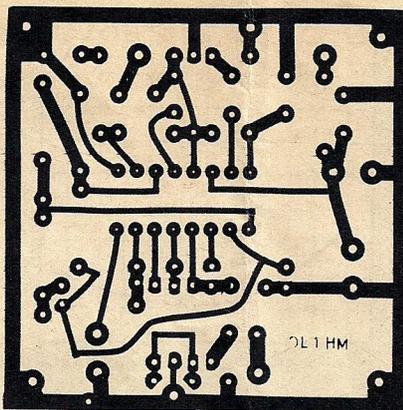


Bild 5. Leiterplatte für den Mikrofonverstärker

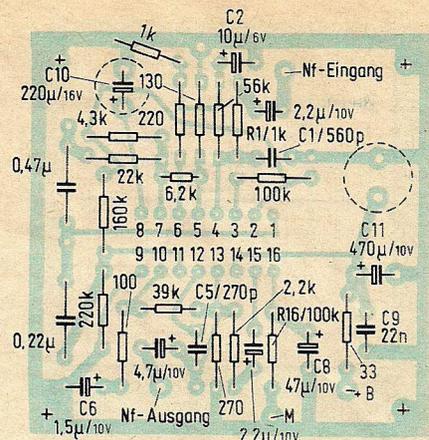


Bild 6. Bestückungsplan der Leiterplatte

der Baustein noch leicht nachträglich in vorhandene Kurzwellen- und UKW-FM-Sender einbauen lassen. Es bleibt dabei jedem überlassen evtl. die Dynamikkompression auch abschaltbar zu machen oder die Regelzeitkonstante seinen Wünschen entsprechend zu ändern.

Hi-Fi-Vorverstärker

Für die Industrie, aber auch für den Selbstbauer dürfte die wenig aufwendige Schaltung eines Hi-Fi-Vorverstärkers (Bild 7) von Interesse sein. Der Verstärkereingang ist umschaltbar auf Tuner, magnetisches oder keramisches Abtastsystem. Mit dem Programmwählschalter S1/S2 werden auch gleichzeitig die erforderlichen Entzerrungsglieder für die Frequenzgangkorrektur mit umgeschaltet. Natürlich kann man hier noch weitere Eingänge für andere Tonfrequenzquellen, z.B. Mikrofon, Tonbandgerät, vor-

sehen. Bei der Schaltung gelangt das Eingangssignal zuerst an den Operationsverstärker. Die Gegenkopplungen liegen auch hier für die Entzerrung der einzelnen Programmsignale zwischen Ausgang 13 und Eingang 10 des Differenzverstärkers. Es folgen, über Elkos galvanisch entkoppelt, die Regler für Höhen und Tiefen und dann der zweistufige Vorverstärker mit T1/T2. An seinem Ausgang liegt der Balanceregler zum Anschluß an den anderen Stereokanal und der übliche Lautstärkenregler. Die dort abgegriffene Tonfrequenzspannung wird dann einem integrierten Leistungsverstärker, z.B. TDA 2020 (SGS-Ates) mit 20 W Ausgangsleistung [1] zugeführt, so daß ein kompletter Hi-Fi-Stereoverstärker mit insgesamt nur vier integrierten Schaltungen bestückt ist.

Die Eingangsempfindlichkeiten des Hi-Fi-Vorverstärkers für 300 mV Ausgangsspannung betragen für keramische Tonabnehmersysteme 100 mV, für magnetische

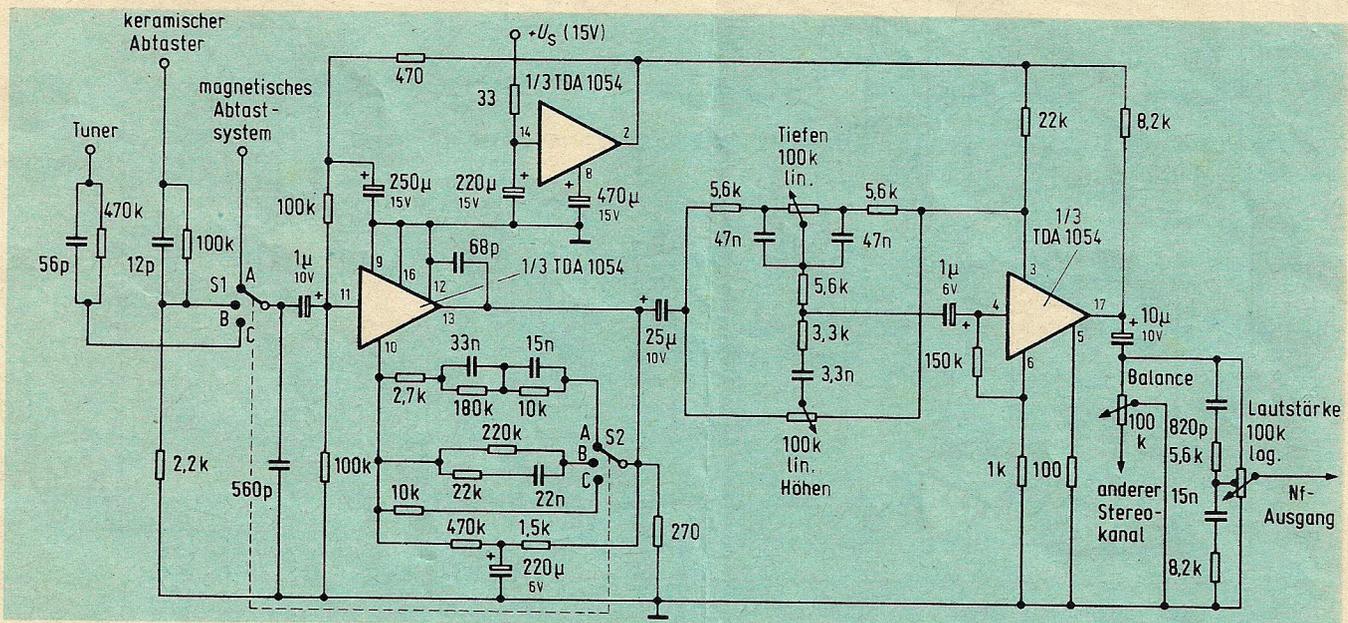


Bild 7. Schaltung eines Hi-Fi-Nf-Vorverstärkers mit der TDA 1054

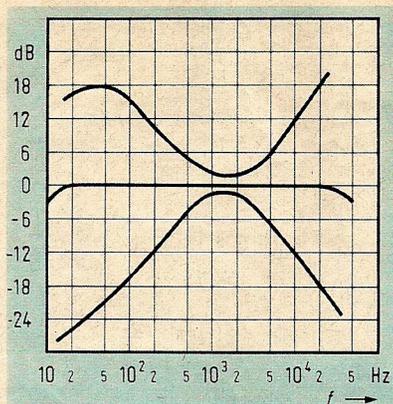


Bild 8. Frequenzgang des Hi-Fi-Vorverstärkers

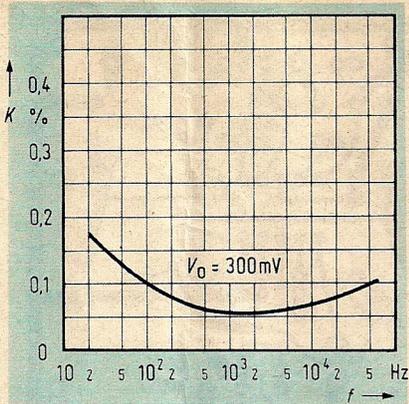


Bild 9. Klirrfaktor des Hi-Fi-Vorverstärkers

Systeme (Entzerrung nach RIAA) 2,5 mV. Der Störabstand bei Anschluß eines magnetischen Tonabnehmersystems beträgt 66 dB. Die Begrenzung setzt bei einer Ausgangsspannung von etwa 2,5 V_{eff} ein. Den Frequenzverlauf mit den Variationsbereichen des Höhen- und Tiefenreglers ist aus Bild 8, der Klirrfaktor im gesamten Übertragungsbereich bei 300 mV Ausgangsspannung aus Bild 9 zu ersehen.

Aufnahme- und Wiedergabeverstärker für Kassettenrecorder

Ein Haupteinsatzgebiet für die IS TDA 1054 ist die Verwendung als Aufnahme- und Wiedergabevor-Verstärker bei Kassettenre-

cordern und Diktiergeräten. Sie ermöglicht durch die weitgehende Integrierung aller Halbleiterbauelemente in den IS auch Geräte in Taschenformat zu bauen. Die komplette Schaltung eines Kassettenrecorders für Lautsprecherbetrieb mit elektronischer Motorregelung zeigt Bild 10. Der Vorverstärker mit T1/T2 dient hier wieder zur Verstärkung der Signale von aufzunehmenden Darbietungen (Mikrofon, Rundfunk) und bei Wiedergabe der vom Tonkopf gelieferten Nf-Spannung. Hier sind die ersten zwei bei Aufnahme und Wiedergabe wirkenden Gegenkopplungen mit R1, R3, R8 und C2 zu finden.

Beim nachfolgendem Operationsverstärker bzw. Entzerrerverstärker werden bei

Aufnahme und Wiedergabe die zwischen Anschluß 13 und 10 liegenden Gegenkopplungsglieder umgeschaltet um die erforderlichen Frequenzgänge zu bekommen, damit der Überallesfrequenzgang linear verläuft. Der ALC-Verstärker ist nur bei Aufnahme eingeschaltet und liegt in der schon oben beschriebenen Weise zwischen Aus- und Eingang des Operationsverstärkers. Durch den großen ALC-Bereich mit etwa 54 dB und entsprechend langer Regelzeitkonstante erübrigt sich ein Aussteuerungsregler für die Aufnahme. Bei der Wiedergabe gelangt das Ausgangssignal vom Operationsverstärker über einen Tonregler und den Lautstärkereger zur Nf-IS TBA 820 (SGS-Ates), die bei einer Betriebsspannung von 9 V eine Ausgangsleistung von etwa 1,6 W an 8 Ω an den Lautsprecher abgibt.

Die Endstufe dieser IS arbeitet bei Aufnahme als Hf-Generator mit einer Frequenz von etwa 80 kHz. Die Hf-Spannung für den Löschkopf wird mit dem Regelwiderstand P1 und der Hf-Aufprechstrom für den Tonkopf mit P3 eingestellt. Für eine auf 3,6 V stabilisierte Betriebsspannung für den Antriebmotor sorgt die IS TCA 900 von SGS. Der elektrische Teil des Kassettenrecorders ist mit nur drei integrierten Schaltungen bestückt. Sinngemäß läßt sich diese Schaltung auch für Diktiergeräte verwenden.

Literatur

- [1] Erdmeier U.: Integrierter 20-W-Verstärker mit Kurzschlußschutz FUNKSCHAU H.2/76, S.66

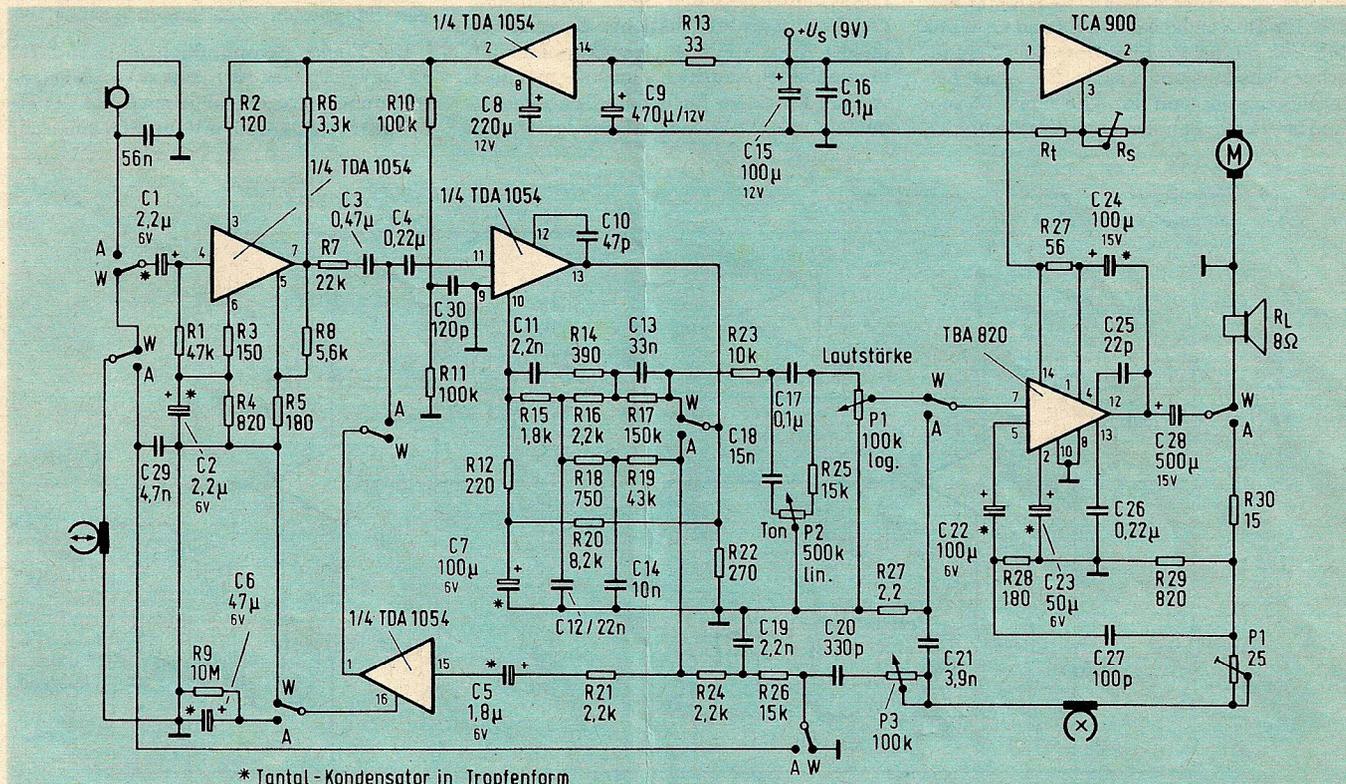


Bild 10. Schaltung eines Kassettenrecorders mit IS-Bestückung, u.a. mit TDA 1054