

NF-Vorverstärker mit A 202 D

Ing. PETER SALOMON

Der VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder) produziert seit einiger Zeit eine Reihe von analogen Schaltkreisen, die vorzugsweise für den Einsatz in NF-Schaltungen vorgesehen sind. Die Anwendungsbreite ist jedoch mit den propagierten Schaltungen bei weitem nicht erschöpft. Im folgenden Beitrag soll gezeigt werden, welche Ergebnisse erreicht werden können, wenn mit dem Aufnahme- und Wiedergabeverstärkerschaltkreis für Kassettentonbandgeräte A 202 D ein NF-Vorverstärker mit aktiver Klangregelung und Pegelkontrolle aufgebaut wird.

Die IS A 202 D beinhaltet drei verschiedene Funktionsgruppen [1], den Vorverstärker, den Aufnahmeverstärker und die automatische Aussteuerregelung. Bei der Konzipierung des NF-Vorverstärkers mit Klangregelung und Pegelkontrolle sollten möglichst alle Funktionsgruppen des A 202 D zum Einsatz kommen, damit die Außenbeschaltung so gering wie möglich gehalten werden kann.

Vorverstärker

Der Vorverstärker ist dreistufig galvanisch gekoppelt. Durch eine interne Spannungsstabilisierung wurde der Arbeitspunkt im Betriebsspannungsbereich optimiert. Vom Hersteller wurde der Eingangstristor besonders rauscharm ausgelegt. Durch eine integrierte Diodenkapazität wird der Verstärker intern frequenzkompensiert, so daß ohne besondere Maßnahmen Gegenkopplungsschaltungen realisiert werden können, die bei einer Leerlaufverstärkung von etwa 73 dB sehr geringe nichtlineare Verzerrungen erwarten lassen. Leider ist die Eingangssignalverträglichkeit in der vom Hersteller angegebenen Dimensionierung von R_{E1} nur sehr gering (< 100 mV), so daß mit der Meßschaltung im Bild 1 typische Abhängigkeiten des Aussteuerungsverhaltens von R_E und dem Klirrfaktor ermittelt werden mußten (Bild 2).

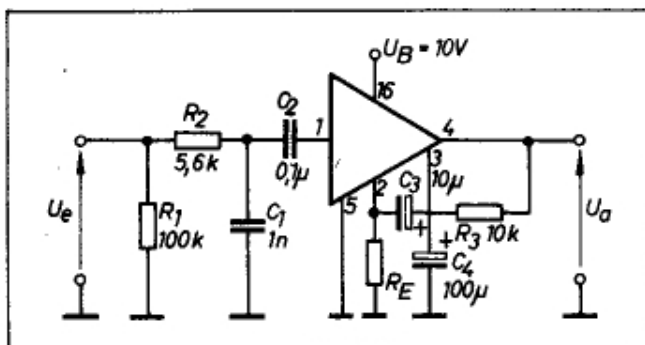


Bild 1 : Meßschaltung des Vorverstärkers vom A 202 D

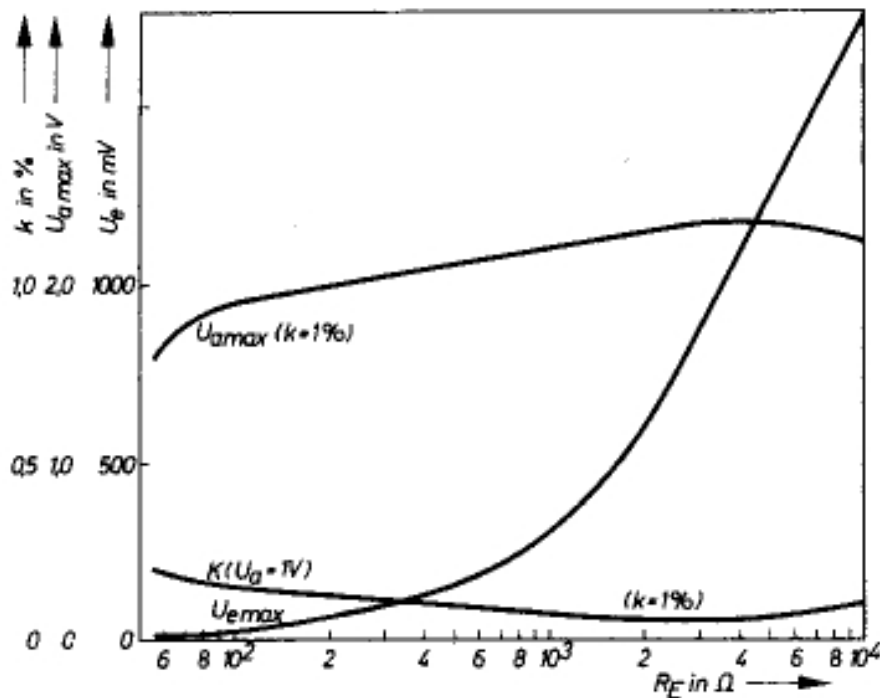


Bild 2: Abhängigkeit der Ausgangsspannung, der maximalen Eingangsspannung und des Klirrfaktors vom Emitterwiderstand R_E ,

Der Gegenkopplungswiderstand R_K kann nicht wesentlich kleiner als 10 k Ω gewählt werden, da dann wegen des relativ hohen Ausgangswiderstandes des Vorverstärkers (etwa 3 k Ω) die Aussteuerbarkeit vermindert wird. Da die Messung nur an drei Exemplaren durchgeführt wurde, können die ermittelten Werte nicht verallgemeinert werden.

Es zeigte sich, daß größere Eingangsspannungen erst erreicht werden, wenn $R_{E1} = 1$ k Ω ist. Außerdem ergab sich dann auch ein minimaler Klirrfaktor bei maximaler Ausgangsspannung.

Bei der hohen Leerlaufverstärkung kann die Verstärkung wie folgt bestimmt werden:

$$v = U_a / U_e = (R_{E1} + R_K) / R_{E1} \quad (1)$$

Bei der aufgebauten Schaltung wurde auf Grund der Spannungsteilung am Eingang eine geringere Verstärkung erreicht. Wird R_{E1} durch ein 5-k Ω -Potentiometer ersetzt, läßt sich die Verstärkung leicht einstellen. Bei Verstärkungen > 500 steigt jedoch der Klirrfaktor wegen des geringen Gegenkopplungsgrades stark an, so daß Anwendungen für lineare NF-Vorverstärker nicht mehr sinnvoll sind.

Allerdings läßt sich mit der Schaltung im Bild 1 die Verstärkung nicht auf $V = 0$ einstellen. Wird aber ein regelbarer Ausgangsspannungsteiler mit dem Gegenkopplungsregler kombiniert, kann auch die Verstärkung von Null an geregelt werden (Bild 3).

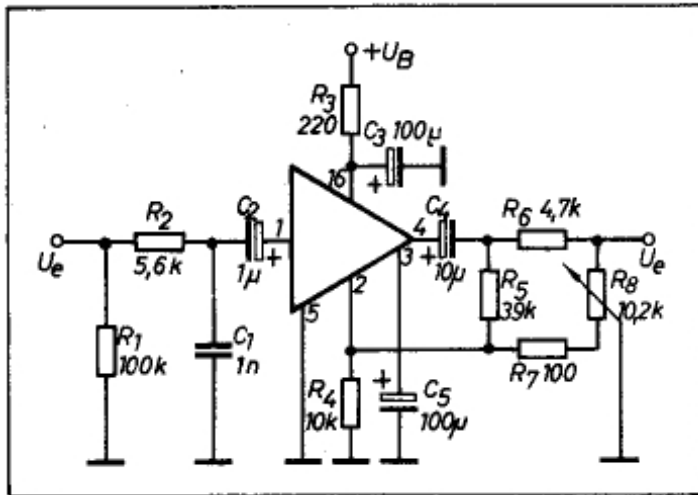


Bild 3: Vorverstärker mit Verstärkungsregelung im Gegenkopplungszweig

Leider vermindert der Ausgangsspannungsteiler auch bei voll eingestellter Verstärkung diese etwa um den halben Wert. Bei der Dimensionierung muß ein günstiger Kompromiß zwischen maximaler Ausgangsspannung, maximaler Verstärkung und maximaler Eingangsspannung bei Beachtung des zulässigen Klirrfaktors gefunden werden.

Mit der angegebenen Dimensionierung wurden folgende Werte erreicht:

$$V_{\max} = 200$$

$$U_{e\max} = 0,5 \text{ V}$$

$$U_{a\max} = 1 \text{ V}$$

$$K = 10\%$$

Aktiver Höhen- und Tiefenregler

Die zweite Baugruppe des A 202D, der Aufnahmeverstärker, wird so beschaltet, daß ein aktiver Höhen- und Tiefenregler entsteht. Der Aufnahmeverstärker ist ein einfacher modifizierter Operationsverstärker mit invertierendem und nichtinvertierendem Eingang. Die Ausgangsstufe ist eine einfache Emitter-Basisschaltung mit einem $R_A = 1,8 \text{ k}\Omega$. Da keine Maßnahmen zur Frequenzkompensation vorgesehen sind, bereitet die Realisierung der üblichen Schaltungen zur Höhen- und Tiefenregelung [2] erhebliche Schwierigkeiten. Soll $V = 1$ erreicht werden, ist ohne zusätzliche Maßnahmen die

Schwingneigung des Operationsverstärkers nicht zu beherrschen.

Kompensationsmöglichkeiten ergeben sich nur am Verstärkereingang und -ausgang. Die Ausgangskompensation hat den Nachteil, daß das Aussteuerverhalten des Operationsverstärkers bei hohen Frequenzen stark eingeschränkt wird. Eine Eingangskompensation vergrößert jedoch das Rauschen der Verstärkerstufe. Durch geschickte Kombination beider Kompensationsmöglichkeiten und einer Arbeitspunktverschiebung konnte ein günstiger Kompromiß gefunden werden. Es zeigte sich, daß bei dem vom Hersteller vorgeschlagenen Arbeitspunkt (Pin 9: $U_B/2$) der Verstärker mit der kapazitiven Last bei hohen Frequenzen nicht über 1 V aussteuerbar war. Erst bei einer Arbeitspunktverschiebung auf etwa $1/3 U_B$ konnte der Verstärker so angesteuert werden, daß eine beidseitige Begrenzung eintrat ($U_a \sim 2,5 \text{ V}$).

Die Höhen- und Tiefenregelung wird durch Verändern des Gegenkopplungsnetzwerkes durchgeführt. Die Wirkungsweise zeigt Bild 4.

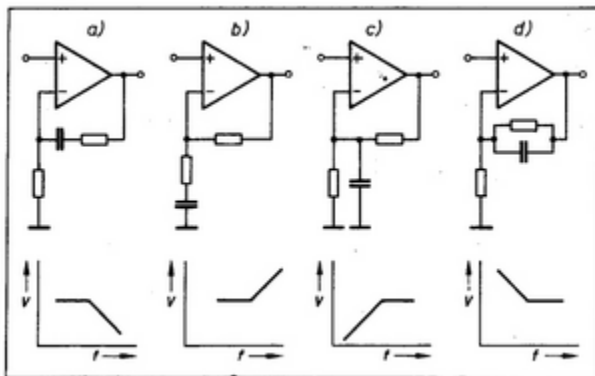


Bild 4: Wirkungsweise der Höhen-/Tiefen-Regler im Gegenkopplungsnetzwerk des Operationsverstärkers und deren Frequenzcharakteristik

Im Bild 5 wird der komplett dimensionierte aktive Höhen- und Tiefenregler dargestellt.

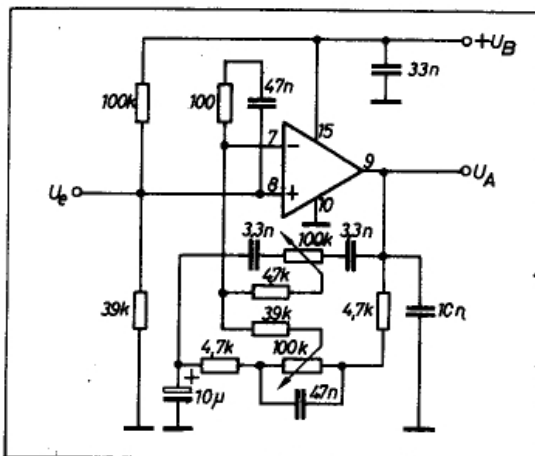


Bild 5: Dimensionierter Höhen-Tiefen-Regler

Pegelkontrolle

Die in der IS A 202 D weiterhin vorhandene automatische Aussteuerungskontrolle soll zur Realisierung einer einfachen Pegelkontrolle herangezogen werden. Diese soll folgende Aussteuerungszustände anzeigen:

- zu geringer Pegel oder kein Signal (keine Anzeige)
- optimaler Pegel (grüne Anzeige)
- zu großer Pegel, d. h. Übersteuerungsgefahr (rote Anzeige)

Die automatische Aussteuerungsregelung besteht im wesentlichen aus dem Pegeldetektor und dem Regeltransistor (Darlingtontransistor). Der Pegeldetektor wird zur Auswertung der Signalamplitude eingesetzt. Problematisch ist jedoch der vom Hersteller vorgesehene Schwellwert [2], so daß Signalamplituden unter 0,5 V nicht verarbeitet werden.

Wird der Darlingtontransistor als Stromsenke benutzt (Pin 6 über einen R_f , an U_R), so wird dieser in der empfohlenen Anwenderschaltung nach Erreichen des Schwellwertes schnell gesättigt, d. h. der Anzeigebereich wäre sehr klein. Durch das Nichtbeschalten des Integrations- und Speicherkondensators schaltet der Darlingtontransistor im Takt der anliegenden Signalamplitude. Erst bei großen Pegeln an Pin 13 wird der Arbeitspunkt so verschoben, daß der Darlingtontransistor ständig gesättigt bleibt. Leider erhöht sich dadurch auch der relative Schwellwert, d. h. ein merklicher Stromfluß im Darlingtontransistor kommt erst bei Signalamplituden $> 0,5$ V zustande. Durch eine kapazitive Mitkopplung von Pin 11 auf Pin 14 läßt sich jedoch die Empfindlichkeit steigern, ohne daß sich das oben beschriebene Schaltverhalten wesentlich verändert.

Das Prinzip der Pegelkontrolle wird im Bild 6 dargestellt.

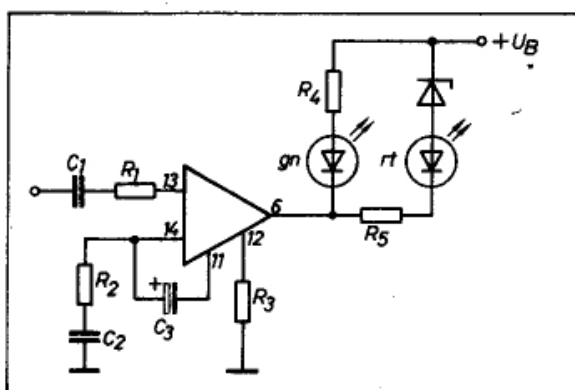


Bild 6: Prinzip der Pegelkontrolle

Da die Strombelastbarkeit des Darlingtontransistors nicht angegeben ist, integrierte Transistorkonfigurationen aber erfahrungsgemäß nur wenige mA vertragen, wird mit

einem diskreten pnp-Transistor ein I/U-Wandler nachgeschaltet. Die an R_L abfallende Spannung liegt unmittelbar am Emitter des pnp-Transistors an. Ist $U_B - U_{E\text{pnp}} > 2,5 \text{ V}$, beginnt die grüne LED im Takt der Signalspannung zu leuchten. Der Vorwiderstand dient wie üblich zur Strombegrenzung. Durch die Reihenschaltung der roten LED mit einer 9V-Z-Diode wird erreicht, daß erstere trotz geringerer Flußspannung (etwa 1,5 V) erst dann leuchtet, wenn der Darlingtontransistor voll in der Sättigung ist und somit der Emitter des pnp-Transistors Massepotential hat. Der Reihenwiderstand wirkt auch hier wieder als Strombegrenzung.

Zusammenfassung

Die vollständige Schaltung zeigt Bild 7.

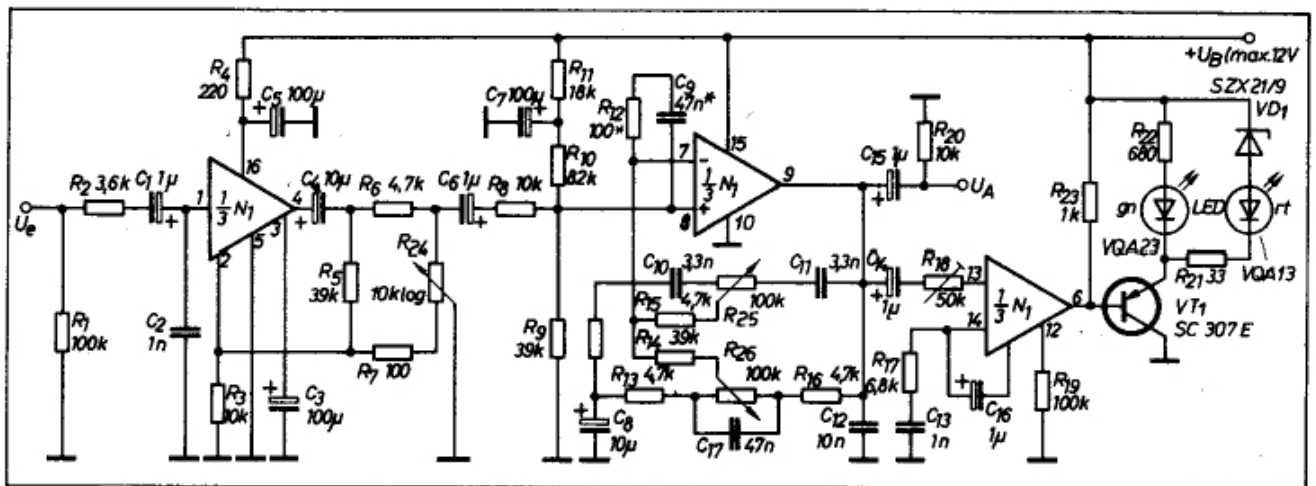


Bild 7: Vollständiges Schaltbild des NF-Vorverstärkers (mit Höhen-Tiefen-Regler und Pegelkontrolle)

Mit R_{18} läßt sich die Ansprechschwelle der Pegelkontrolle einstellen (etwa 1 V für die rote LED). Der Eingangstiefpaß ist so dimensioniert, daß alle Frequenzen $> 20 \text{ kHz}$ gesperrt werden. Das ist zum Abschirmen des Verstärkereingangs vor unerwünschten HF-Einstreuungen notwendig. Der Verstärkungsregler sollte eine logarithmische Kennlinie besitzen, damit eine gleichmäßigere Einstellung möglich ist.

An der kompletten Schaltung wurden die in der Tafel dargestellten Parameter ($U_B = 12 \text{ V}$, $I_{B0} = 18 \text{ mA}$) gemessen.

Parameter des NF-Vorverstärkers

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Verstärkung v | 0...200 | |
| maximale Eingangsspannung u_{max} | 500 mV ($v = 2$) | |
| Signal/Rausch-Abstand S/N | > 60 dB ($v = 200$) | |
| Klirrfaktor k | < 1 % ($U_a = 1$ V, $v = 1...200$) | |
| untere Grenzfrequenz f_u | 30 Hz (1 dB) | bei linearer Höhen- |
| obere Grenzfrequenz f_o | 18 kHz (1 dB) | Tiefen-Regelung |
| Eingangswiderstand R_e | 15 kOhm ($v = 50$) | |

Literatur

[1] Halbleiterinformation 162: Analoger Festkörperschaltkreis A 202 D. radio fernsehen elektronik, Berlin 29 (1980) 3, S. 167-170

[2] Information/Applikation Mikroelektronik Nr. 4: Integrierter Aufnahme- und Wiedergabeverstärker für Tonbandgeräte A 202 D. Druckschrift des VEB HFO 1980

© Copyright by Peter Salomon, Berlin, rescript aus rfe 1984/1; bearbeitet Juni 2013

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, Irrtum und Änderungen vorbehalten. Eine auch auszugsweise Vervielfältigung bedarf in jedem Fall der Genehmigung des Herausgebers.

Die hier wiedergegebenen Informationen, Dokumente, Schaltungen, Verfahren und Programmmaterialien wurden sorgfältig erarbeitet, sind jedoch ohne Rücksicht auf die Patentlage zu sehen, sowie mit keinerlei Verpflichtungen, noch juristischer Verantwortung oder Garantie in irgendeiner Art verbunden. Folglich ist jegliche Haftung ausgeschlossen, die in irgendeiner Art aus der Benutzung dieses Materials oder Teilen davon entstehen könnte.

Für Mitteilung eventueller Fehler ist der Autor jederzeit dankbar.

Es wird darauf hingewiesen, dass die erwähnten Firmen- und Markennamen, sowie Produktbezeichnungen in der Regel gesetzlichem Schutz unterliegen.