



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 017 678 A1** 2009.10.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 017 678.8**

(22) Anmeldetag: **08.04.2008**

(43) Offenlegungstag: **22.10.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H03F 3/02** (2006.01)

H03F 1/36 (2006.01)

H03F 1/28 (2006.01)

(71) Anmelder:

Blöthbaum, Frank, Dipl.-Ing., 79112 Freiburg, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 22 06 026 A

DE 11 05 923 B

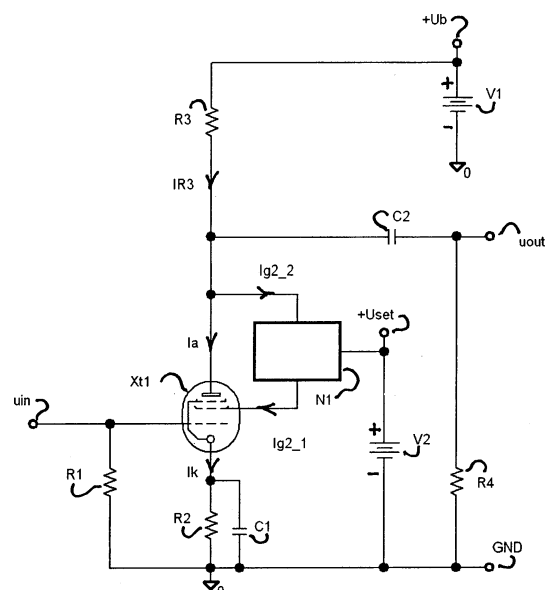
US 33 65 674 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Rauscharmer Pentodenverstärker**

(57) Zusammenfassung: Verstärker mit Mehrgitterröhre (Xt1), die neben Katode, Anode und Heizung mindestens noch ein Steuergitter und ein Schirmgitter aufweist, und einem mit dieser Mehrgitterröhre (Xt1) verschalteten Dreipol (N1), der über einen Stromeingang, einen Stromausgang und einen hochohmigen Steuereingang verfügt, wobei an das Schirmgitter der Mehrgitterröhre (Xt1) der Stromausgang des Dreipols (N1) angeschlossen ist, die Anode der Mehrgitterröhre (Xt1) an den Stromeingang des Dreipols (N1) angeschlossen ist und der Dreipol (N1) über einen hochohmigen Steuereingang verfügt, dessen Potential das Potential des mit dem Schirmgitter der Mehrgitterröhre (Xt1) verbundenen Stromausganges des Dreipols bestimmt. Die Schaltungsarchitektur des rauscharmen Pentodenverstärkers reduziert das sonst bei Pentodenschaltungen vorhandene Stromverteilungsrauschen weitgehend und ermöglicht Schaltungsauslegungen, die neben geringem Rauschen eine sehr hohe Spannungsverstärkung bei geringem Bauelementeaufwand ermöglichen.



Beschreibung

[0001] Sowohl für Instrumenten- und Mikrofon-Verstärker im professionellen Einsatz wie auch für qualitativ hochwertige Audioverstärker werden nach wie vor Röhren eingesetzt. Dominierend sind hierbei Trioden und Pentoden. Für rauscharme Vorverstärker ist es grundsätzlich vorteilhaft, wenn das verstärkende aktive Bauelement eine möglichst hohe Signalverstärkung bei gleichzeitig möglichst geringem Rauschen aufweist. Nach dem Stand der Technik sind mit RC-gekoppelten Trioden Spannungsverstärkungsfaktoren von höchstens 100fach erreichbar. In der Praxis wird dieser theoretische Wert durch die endlich großen Anodenwiderstände nicht erreicht. Als Beispiel kann für die ECC83 mit dem Spannungsverstärkungsfaktor $\mu = 100$ bei einer Betriebsspannung von 250 V und einem Anodenwiderstand von 220 kOhm mit einer realen Spannungsverstärkung $V_u = 66,5$ fach gerechnet werden. Siehe dazu auch: Klaus K. Streng: "abc der Niederfrequenztechnik", Deutscher Militärverlag, Berlin 1969, S. 62ff {1}. Die Rauschspannung von Trioden erreicht bei besonders rauscharmen Typen wie z. B. der ECC808 – einer rauscharmen Variante der ECC83 – einen Wert von 2 μ V am Gitter für den Frequenzbereich von 45 Hz–15 kHz, siehe auch Datenblatt der ECC808 von Telefunken {2}, S. 2.

[0002] Gegenüber Trioden kann mit Pentoden eine deutlich größere Spannungsverstärkung erzielt werden, z. B. mit der speziell für NF-Verstärkung ausgelegten EF804S bis zu 210fach, siehe dazu auch das Datenblatt der EF804S von Telefunken {3}, S. 332. Die Eingangsrauschspannung am Gitter ist allerdings höher als bei Trioden. In {3}, S. 333, werden 2 μ V am Gitter angegeben. Das gilt allerdings nur für einen Anodenwiderstand von 100 kOhm mit entsprechend auf ca. 120fach reduzierter Spannungsverstärkung und einer Bandbreite von 25 Hz–10 kHz, die oben drein noch nach CCIF-Norm bewertet wird. Weniger auf NF-Rauschminimum ausgelegte Pentoden wie z. B. eine EF80 haben gegenüber Trioden ein noch wesentlich ungünstigeres Signal-Rauschverhältnis. Der Grund hierfür ist das sogenannte Stromverteilungsrauschen, das durch die Aufteilung des Katodenstromes in Schirmgitter- und Anodenstrom auftritt. Durch konstruktive Maßnahmen, die der Reduzierung des Schirmgitterstromes dienen, wird der erhöhte Rauschterm minimiert. Siehe hierzu auch C. Kerger, „Warum eine Vorstufe im Superhet?“, Funkschau, 12. Jahrgang, Heft 1/1939, S. 5–7. Trotz allen konstruktiven Aufwandes sind nach dem bisher bekannten schaltungstechnischen Stand der Technik Trioden prinzipbedingt rauschärmer und haben sich deshalb für Anfangsstufen röhrenbestückter Geräte schon vor vielen Jahren durchgesetzt.

[0003] Den bisherigen Stand der Pentoden-Schaltungstechnik zeigt [Fig. 1](#). Das Steuergitter der Pent-

ode Xt1 wird über den Widerstand R1 auf GND-Potential = 0 V gelegt. Der Arbeitswiderstand R3 ist einerseits an die Spannungsquelle V1 und andererseits an die Anode der Pentode Xt1 geschaltet. Das Schirmgitter der Pentode Xt1 wird von der Spannungsquelle V2 versorgt. Die Spannung der Spannungsquelle V2 ist für die in der [Fig. 1](#) gezeigte NF-Vorstufenschaltung typischerweise kleiner als die Spannung der Spannungsquelle V1. Typische Werte für die Spannungsquellen sind $V_1 = 200 \text{ V} \dots 300 \text{ V}$ und $V_2 = 100 \text{ V} \dots 150 \text{ V}$. Die Katode der Pentode Xt1 wird über R2 an GND-Potential geschaltet. Der Kondensator C1 überbrückt den Katodenwiderstand R2. Der von der Spannungsquelle V1 durch R3 fließende Strom I_{R3} ist gleich dem Anodenstrom I_a . Der Schirmgitterstrom I_{g2} addiert sich zum Anodenstrom I_a , so dass für den Katodenstrom I_k gilt:

$$I_k = I_a + I_{g2} \quad [1]$$

und nach Umstellung entsprechend:

$$I_a = I_k - I_{g2} \quad [2]$$

[0004] Der vom Katodenstrom am Katodenwiderstand R2 hervorgerufene Spannungsabfall erzeugt die in Relation zum Katodenpotential negative Gittervorspannung.

[0005] Die Aufteilung des Katodenstromes I_k in I_a und I_{g2} bewirkt das für Mehrgitterröhren typische Stromverteilungsrauschen. Dieses Rauschen steigt proportional zum Anteil von I_{g2} an I_k .

[0006] Der Verstärkungsfaktor der Schaltung nach [Fig. 1](#) wird näherungsweise wie folgt berechnet:

$$V_u = S \cdot R_a \quad [3]$$

[0007] Wobei S die Steilheit in mA/V der verwendeten Pentode und R_a der Anoden-Arbeitswiderstand ist, in der [Fig. 1](#) entsprechend der Widerstand R3. Die Steilheit S definiert hierbei das Maß der Anodenstromänderung in Abhängigkeit von der Potentialänderung zwischen Gitter 1 (Steuergitter) und Katode der Pentode Xt1. Diese Potentialänderung zwischen Steuergitter und Katode beeinflusst allerdings nicht nur den Anodenstrom, sondern den gesamten Katodenstrom, also die Summe aus Anoden- und Schirmgitterstrom. Da der ebenfalls mit dem zu verstärkenden Eingangssignal am Steuergitter modulierte Schirmgitterstrom zur Spannungsquelle V2 fließt, die wechsellspannungsmäßig auf GND-Potential liegt, geht ein im Verhältnis Schirmgitterstrom/Anodenstrom stehender Signalwert für die Verstärkung verloren.

[0008] Aufgabe der vorstehenden Erfindung ist es, die prinzipiell höhere Spannungsverstärkung von Pentoden maximal auszunutzen und den Einfluss

des Stromverteilungsrauschens durch schaltungs-technische Maßnahmen weitgehend zu reduzieren, so dass bei gleichzeitig höherer Spannungsverstärkung der Signal-Rauschabstand von Trioden übertraffen wird.

[0009] Die Lösung der Aufgabe erfolgt nach den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass durch die vorgeschlagenen Verbesserungen ein hochverstärkender, rauscharmer Spannungsverstärker hoher Linearität, vorzugsweise für Audioverstärker der höchsten Qualitätskategorie, mit geringem schaltungstechnischen Aufwand realisiert werden kann.

[0012] Die Erfindung und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen werden nun anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert:

[0013] [Fig. 2](#) zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0014] [Fig. 3](#) zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel mit Bipolartransistor als Dreipol

[0015] [Fig. 4](#) zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel mit MOSFET als Dreipol

[0016] [Fig. 5](#) zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel mit Stromquelle als Arbeitswiderstand und automatischer Arbeitspunktregelung

[0017] [Fig. 2](#) zeigt schematisch das Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels eines rauscharmen Pentodenverstärkers nach der Erfindung. Das Steuergitter der Pentode Xt1 liegt über den hochohmigen Gitterwiderstand R1 gleichspannungsmäßig auf GND-Potential. Die Katode von Xt1 ist über die Katenkombination R2/C1 ebenfalls mit GND verbunden. Die Anode der Pentode Xt1 ist einerseits über R3 mit dem positiven Pol der Spannungsquelle V1 verbunden, andererseits an den Stromeingang des Dreipoles N1 angeschlossen. Der Stromausgang des Dreipoles N1 ist mit dem Schirmgitter g2 der Pentode Xt1 verbunden. Der hochohmige Steuereingang des Dreipoles N1 ist an den positiven Pol +Uset der Spannungsquelle V2 angeschlossen. Die am Signaleingang uin eingekoppelte Signalspannung wird verstärkt und über C2 und R4 am Signalausgang uout ausgekoppelt.

[0018] Der Dreipol N1 ist so ausgelegt, dass das Potential des hochohmigen Steuereinganges in einem vorbestimmten Verhältnis das Ausgangspotenti-

al des Stromausganges des Dreipoles, der mit dem Schirmgitter g2 der Pentode Xt1 verbunden ist, bestimmt. Der Strom IR3, der durch R3 fließt, teilt sich in die beiden Teilströme Ia = Anodenstrom von Xt1 und Ig2_2 = Eingangsstrom des Dreipoles N1 auf. Der am hochohmigen Eingang des Dreipoles abfließende parasitäre Strom ist vernachlässigbar klein, so dass der Ausgangsstrom Ig2_1 des Dreipoles N1 im wesentlichen dem Eingangsstrom Ig2_2 des Dreipoles N1 entspricht. Der Dreipol N1 wird so ausgelegt, dass die Bandbreite, mit der die Ströme Ig2_2 und Ig2_1 beaufschlagt werden, deutlich größer als die zu übertragende und zu verstärkende Signalbandbreite ist. In der Pentode Xt1 werden der Anodenstrom Ia und der Schirmgitterstrom Ig2_1 summiert und bilden so den Katodenstrom Ik. Es gilt also:

$$IR3 = Ia + Ig2_2 \quad [4]$$

$$Ik = Ia + Ig2_1 \quad [5]$$

$$Ig2_1 = Ig2_2 \quad [6]$$

[0019] Durch [6] gilt auch:

$$Ik = IR3 \quad [7]$$

[0020] Das bedeutet, dass einerseits der Schirmgitterstrom Ig2_1 im Gegensatz zum Stand der Technik über R3 voll zur Verstärkung des Eingangssignales, dass am Signaleingang uin angelegt wird, beiträgt, und andererseits durch die Wiedervereinigung des Schirmgitter- und Anodenstromes der Rauschterm, der durch das Stromverteilungsrauschen bedingt ist, entfällt.

[0021] Der Widerstand R3 und/oder die Spannung +Uset werden abhängig von der Kennlinie der Pentode Xt1 so dimensioniert, dass die Anodenspannung Ua der Pentode Xt1 positiver als die Schirmgitterspannung Ug2 der Pentode Xt1 ist.

[0022] Ein Ausführungsbeispiel mit Bipolartransistor als Dreipol zeigt die [Fig. 3](#). Der npn-Transistor Q1 fungiert als Dreipol mit einem hochohmigen Steuereingang (Basis), einem Stromeingang für den Strom Ig2_2 (Kollektor) und einem Stromausgang für den Schirmgitterstrom Ig2_1 (Emitter). Der Transistor Q1 wird so ausgewählt, dass er eine möglichst hohe Transitfrequenz f_T und eine möglichst hohe Stromverstärkung $h_{21e} = I_C/I_B$ hat. Die hohe Stromverstärkung stellt sicher, dass der Basisstrom I_B gegenüber den Strömen Ig2_1 und Ig2_2 vernachlässigbar klein ist. Das an die Basis von Q1 angelegte Spannungspotential +Uset wird mit einem Faktor von annähernd 1 an den Emitter, der gleichbedeutend mit dem Stromausgang des Dreipoles N1 der [Fig. 2](#) ist, übertragen, und bestimmt so die Schirmgitterspannung der Pentode Xt1. Unter der Annahme eines hohen Stromverstärkungsfaktors h_{21e} von Q1 gelten die Gleichun-

gen [4]–[7] in sehr guter Näherung.

[0023] Ein Ausführungsbeispiel mit MOSFET als Dreipol zeigt die [Fig. 4](#). Der n-Kanal MOSFET M1 fungiert als Dreipol mit einem hochohmigen Steuereingang (Gate), einem Stromeingang für den Strom Ig2 (Drain) und einem Stromausgang für den Schirmgitterstrom Ig2 (Source). Das Gate des MOSFET M1 ist hochisolierend ausgeführt, so dass der Strom Ig2 nicht von einem Gatestrom beeinflusst wird. Das an das Gate von M1 angelegte Spannungspotential +Uset wird mit einem Faktor von annähernd 1 an die Source, die gleichbedeutend mit dem Stromausgang des Dreipoles N1 der [Fig. 2](#) ist, übertragen, und bestimmt so die Schirmgitterspannung der Pentode Xt1. Es gelten die Gleichungen [4]–[7] in sehr guter Näherung.

[0024] Für den erfindungsgemäß mit der Pentode Xt1 verschalteten Dreipol N1 in der [Fig. 2](#) können die verschiedensten weiteren Bauelemente eingesetzt werden wie z. B. JFETs und Röhren oder Kombinationen von aktiven und/oder passiven Bauelementen.

[0025] Die Gleichung [3] lehrt, dass bei Einsatz eines sehr hochohmigen Anodenarbeitswiderstandes Ra, entsprechend R3 in den [Fig. 2–Fig. 4](#), eine sehr hohe Spannungsverstärkung erreicht werden kann. Um unpraktisch hohe Betriebsspannungen V1 zu vermeiden, ist es sinnvoll, R3 durch eine Stromquelle zu ersetzen. In der praktisch einsetzbaren Schaltungstechnik wirft das Probleme auf, da der hohe Innenwiderstand von Pentoden eine sehr kritische Arbeitspunkteinstellung über den Katodenwiderstand R2 ergibt, die keine langzeitstabile Arbeitsweise erwarten lässt. Das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel entsprechend [Fig. 5](#) löst dieses Dilemma zuverlässig:

Der Dreipol N1 ist erfindungsgemäß so mit der Pentode Xt1 verschaltet, dass das Spannungspotential des Knoten Uset das Potential des Schirmgitters der Pentode Xt1 bestimmt und gleichzeitig der Schirmgitterstrom Ig2 wieder mit dem Anodenstrom Ia vereinigt wird. Der Summenstrom bestehend aus Ia + Ig2 wird von der Stromquelle I1 festgelegt. Die Anode der Pentode Xt1 ist mit dem hochohmigen Steuereingang des Dreipoles N2 verbunden. Der Dreipol N2 besitzt zusätzlich einen Stromeingang, der mit dem positiven Pol der Betriebsspannungsquelle V1 verbunden ist (Knoten +Ub), sowie einen Stromausgang, der einerseits mit dem positiven Pol der Stromquelle I1 und andererseits mit dem ersten Vergleichseingang des Blockes N3 verbunden ist (Knoten Uiq). Der Potentialversatz zwischen der Spannung am Steuereingang des Dreipoles N2 = Anodenpotential der Pentode Xt1 und der Spannung am Knoten Uiq beträgt typischerweise einige Volt und wird so gewählt, dass ein zuverlässiges Arbeiten der Stromquelle I1 gewährleistet wird. Dieser Potentialversatz wird durch die Dimensionierung des Dreipoles N2 de-

finiert. Der Block N3 verfügt über zwei Signaleingänge, die jeweils die Spannung der Knoten Uiq und Uref1 erfassen, sowie über einen Signalausgang, der mit dem hochohmigen Steuereingang des Dreipoles N1 verbunden und als Knoten Uset gekennzeichnet ist. Aus den beiden Spannungen Uiq und Uref1 wird im Block N3 die Differenz Udiff gebildet:

$$Udiff = Uiq - Uref1 \quad [8]$$

[0026] Die Differenz Udiff wird im Block N3 tiefpassfiltert. Die tiefpassgefilterte Differenz von Uiq und Uref1 wird im Block N3 mit einem Verstärkungsfaktor von ≥ 1 verstärkt und als Knotenspannung Uset vom Block N3 ausgegeben. Die Knotenspannung Uset bestimmt wiederum mit dem definierten Übertragungsfaktor des Dreipoles N1 von dessen hochohmigen Steuereingang zu dessen Stromausgang die Schirmgitterspannung der Pentode Xt1. Damit ist die Gleichspannungsregelschleife zur Festlegung und Stabilisierung des Arbeitspunktes der Pentode Xt1 geschlossen. Ihre Funktionsweise ist wie folgt: Im eingeregelter Zustand gilt $Uiq = Uref1$. Sinkt z. B. infolge Röhrenalterung und damit nachlassender Katodenemissionsfähigkeit der Katodenstrom und damit auch die Summe Anodenstrom Ia plus Schirmgitterstrom Ig2, so steigt die Anodenspannung und damit steigt proportional über N2 das Potential Uiq, das heißt, dass $Uiq > Uref1$ wird. Da Uref1 von V3 bestimmt wird und konstant ist, wird die tiefpassgefilterte Differenz Udiff positiv und die Spannung Uset steigt. Dadurch steigt auch die Schirmgitterspannung Ug2, die wiederum eine Katodenstromerhöhung bewirkt, die so dem alterungsbedingten Absinken des Katodenstromes und damit ebenfalls der Summe aus Anodenstrom und Schirmgitterstrom von Xt1 entsprechend entgegenwirkt. Die erfindungsgemäße Regelschleife bewirkt somit eine konstante Überwachung und Ausregelung des Spannungspotentials Uiq und damit über den Dreipol N2 eine automatische Regelung der Anodengleichspannung der Pentode Xt1. Der Tiefpass im Block N3 wird so dimensioniert, dass dessen Eckfrequenz geringer als die unterste zu verstärkende Signalfrequenz ist.

[0027] Über den Katodenstrom $I_k = Ia + Ig2$ wird am Katodenwiderstand R2 ein Spannungsabfall UR2 erzeugt, der das negative Gitter-Katodenpotential definiert, da über das Steuergitter g1 von Xt1 und den Widerstand R1 kein Strom fließt und folglich das Steuergitter g1 auf GND-Potential liegt. Die negative Steuergittervorspannung, in der [Fig. 5](#) beispielhaft erzeugt durch den Katodenwiderstand R2, wird so dimensioniert, dass sich in Verbindung mit der durch Uref1 und der Kennlinie von N2 festgelegten Anodenspannung und mit den Betriebsdaten der Pentode Xt1, die durch die Kennlinien

- Ia + Ig2 in Abhängigkeit von der Steuergitterspannung Ug1 sowie
- Ia + Ig2 in Abhängigkeit von der Schirmgitter-

spannung U_{g2} bestimmt sind,

ein ausreichend großer Regelbereich für die Schirmgitterspannung U_{g2} der Pentode Xt1 ergibt, wobei gilt, dass die Anodenspannung größer als die Schirmgitterspannung ist.

[0028] In der [Fig. 5](#) wird das zu verstärkende Signal am Knoten u_{in} eingekoppelt und über den Auskoppelkondensator C2 und R4 am Knoten u_{out} ausgekoppelt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Klaus K. Streng: "abc der Niederfrequenztechnik", Deutscher Militärverlag, Berlin 1969, S. 62ff

[\[0001\]](#)

- C. Kerger, „Warum eine Vorstufe im Superhet?“, Funkschau, 12. Jahrgang, Heft 1/1939, S. 5–7

[\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Verstärker mit Mehrgitterröhre (Xt1), die neben Katode, Anode und Heizung mindestens noch ein Steuergitter und ein Schirmgitter aufweist, und einem mit dieser Mehrgitterröhre (Xt1) verschalteten Dreipol (N1), gekennzeichnet dadurch, dass das Schirmgitter der Mehrgitterröhre (Xt1) an den Stromausgang des Dreipols (N1) angeschlossen ist, die Anode der Mehrgitterröhre (Xt1) an den Stromeingang des Dreipoles (N1) angeschlossen ist und der Dreipol (N1) über einen hochohmigen Steuereingang verfügt, dessen Potential das Potential des mit dem Schirmgitter der Mehrgitterröhre (Xt1) verbundenen Stromausganges des Dreipoles bestimmt.

2. Verstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag des Stromes am Stromausgang des Dreipoles (N1) im wesentlichen gleich dem Betrag des Stromes am Stromeingang des Dreipoles (N1) ist.

3. Verstärker nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Dreipol (N1) mittels einem aktiven Bauelement wie z. B. Bipolartransistor, MOSFET, JFET, IGBT oder Röhre realisiert wird.

4. Verstärker nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Dreipol (N1) mittels einer Kombination von aktiven und passiven Bauelementen realisiert wird.

5. Verstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stromquelle (I1) den Summenstrom bestehend aus Anodenstrom der Mehrgitterröhre plus Strom des Stromeinganges des Dreipoles (N1) bestimmt.

6. Verstärker nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodenpotential der Mehrgitterröhre (Xt1) von einer Vergleichsschaltung erfasst wird, die dieses Anodenpotential mit einer Referenzspannung vergleicht, das Ergebnis dieses Vergleiches tiefpassgefiltert und als Steuerspannung an den hochohmigen Steuereingang des ersten Dreipoles (N1) angelegt wird, so dass über die Nachregelung des Schirmgitterpotentials der Mehrgitterröhre (Xt1) einer thermischen oder alterungsbedingten Drift des Arbeitspunktes der Mehrgitterröhre (Xt1) entgegengewirkt wird.

7. Verstärker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Dreipol (N2) mit einem Stromeingang, einem Stromausgang und einem hochohmigen Steuereingang vorhanden ist, wobei die Stromquelle (I1) mit ihrem ersten Pol an die Anode der Mehrgitterröhre (Xt1) sowie den hochohmigen Steuereingang des zweiten Dreipoles (N2) und mit ihrem zweiten Pol an den Stromausgang des zweiten Dreipoles (N2) angeschlossen ist und der zweite

Dreipol so dimensioniert ist, dass das Potential am hochohmigen Steuereingang das Potential am Stromausgang proportional bestimmt.

8. Verstärker nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Dreipol (N2) so dimensioniert wird, dass zwischen seinem hochohmigen Steuereingang und seinem Stromausgang eine Potentialdifferenz realisiert wird.

9. Verstärker nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Potential des Stromausganges des zweiten Dreipoles (N2) von einer Vergleichsschaltung erfasst wird, die dieses Potential mit einer Referenzspannung vergleicht, das Ergebnis dieses Vergleiches tiefpassgefiltert und als Steuerspannung an den hochohmigen Steuereingang des ersten Dreipoles (N1) angelegt wird, so dass über die Nachregelung des Schirmgitterpotentials der Mehrgitterröhre (Xt1) einer thermischen oder alterungsbedingten Drift des Arbeitspunktes der Mehrgitterröhre (Xt1) entgegengewirkt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

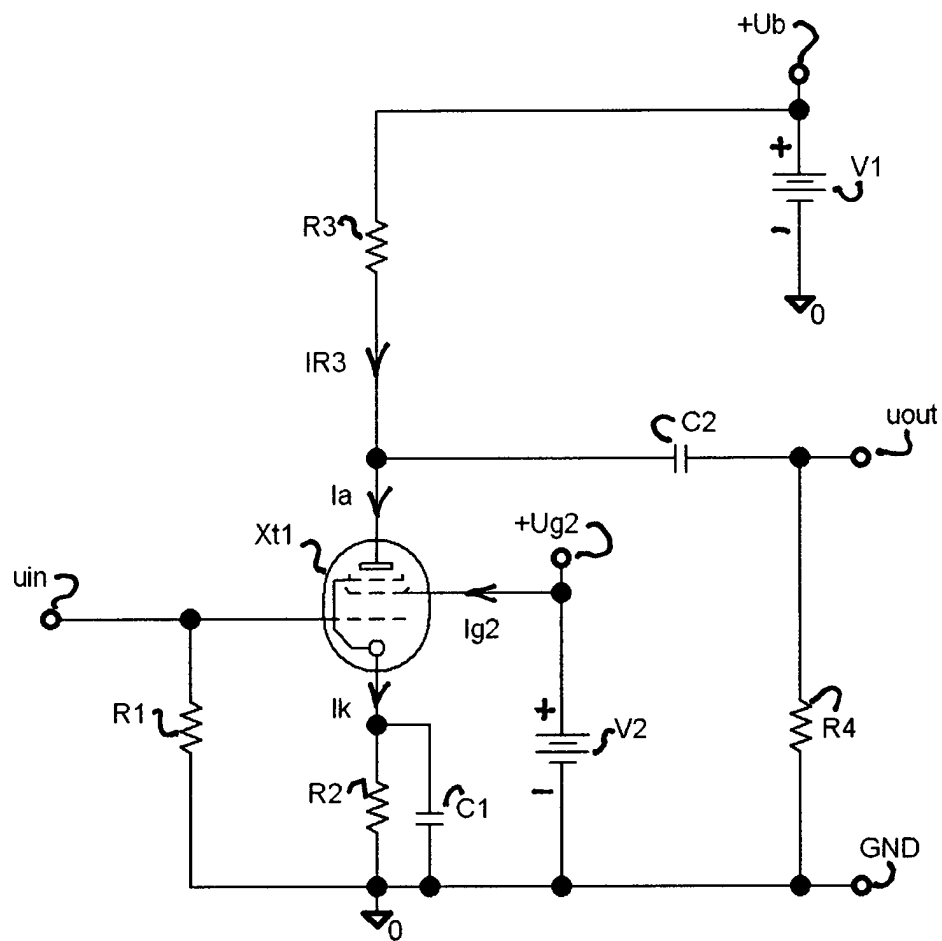


Fig. 1 Stand der Technik

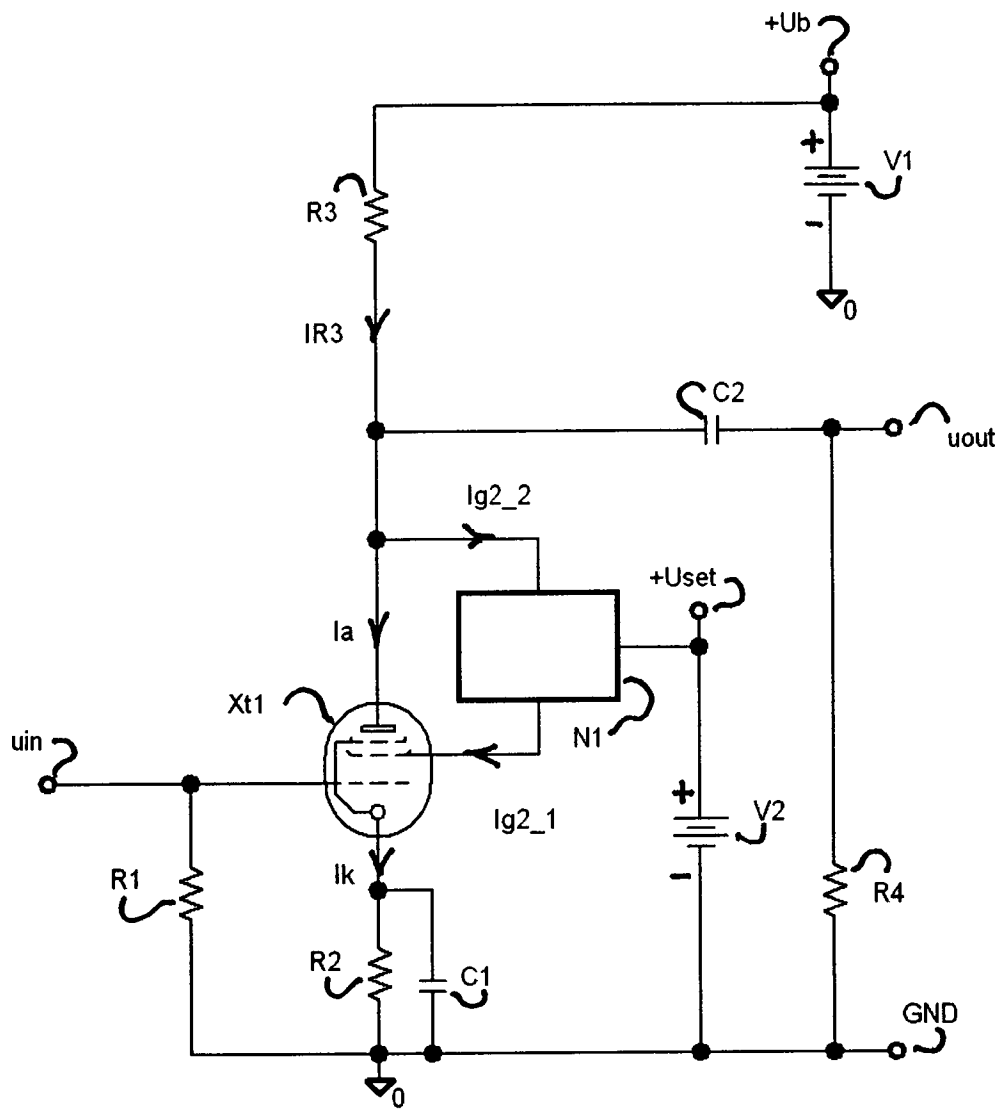


Fig. 2

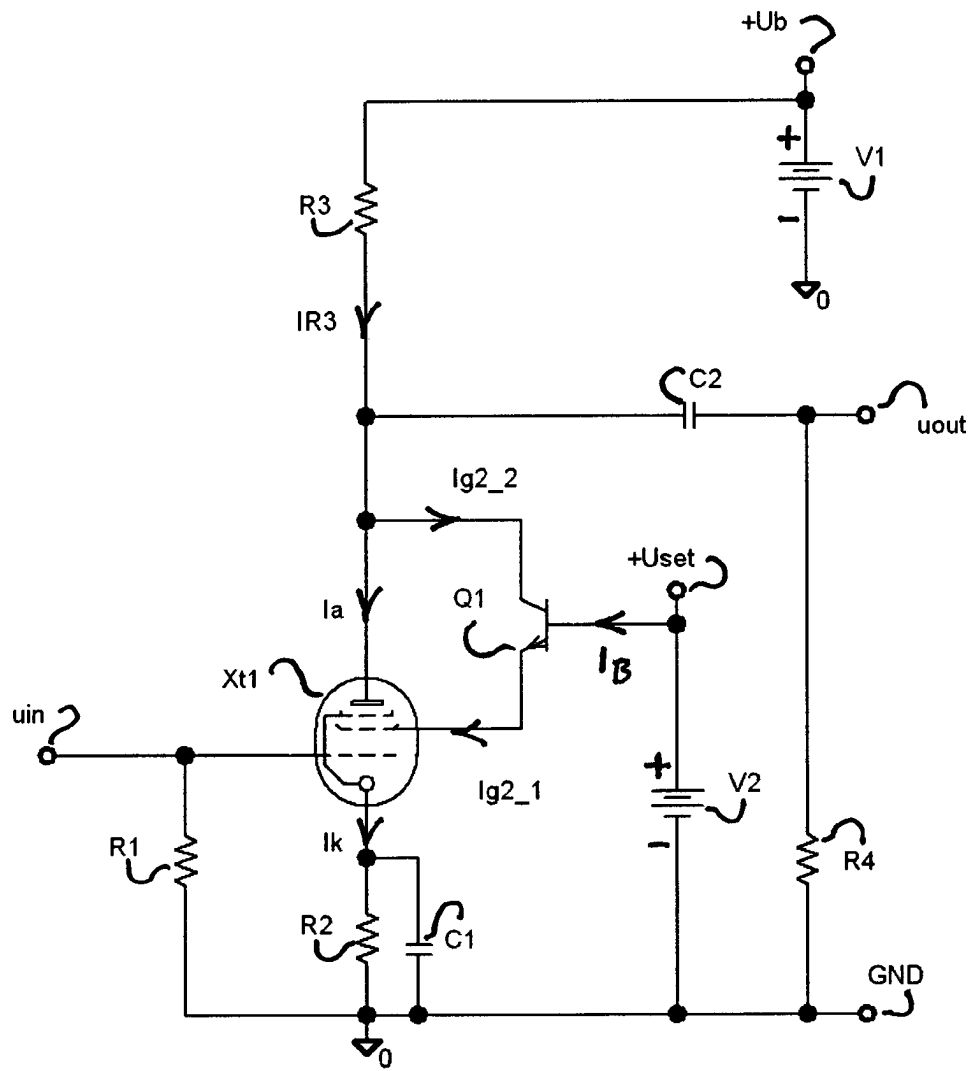


Fig. 3

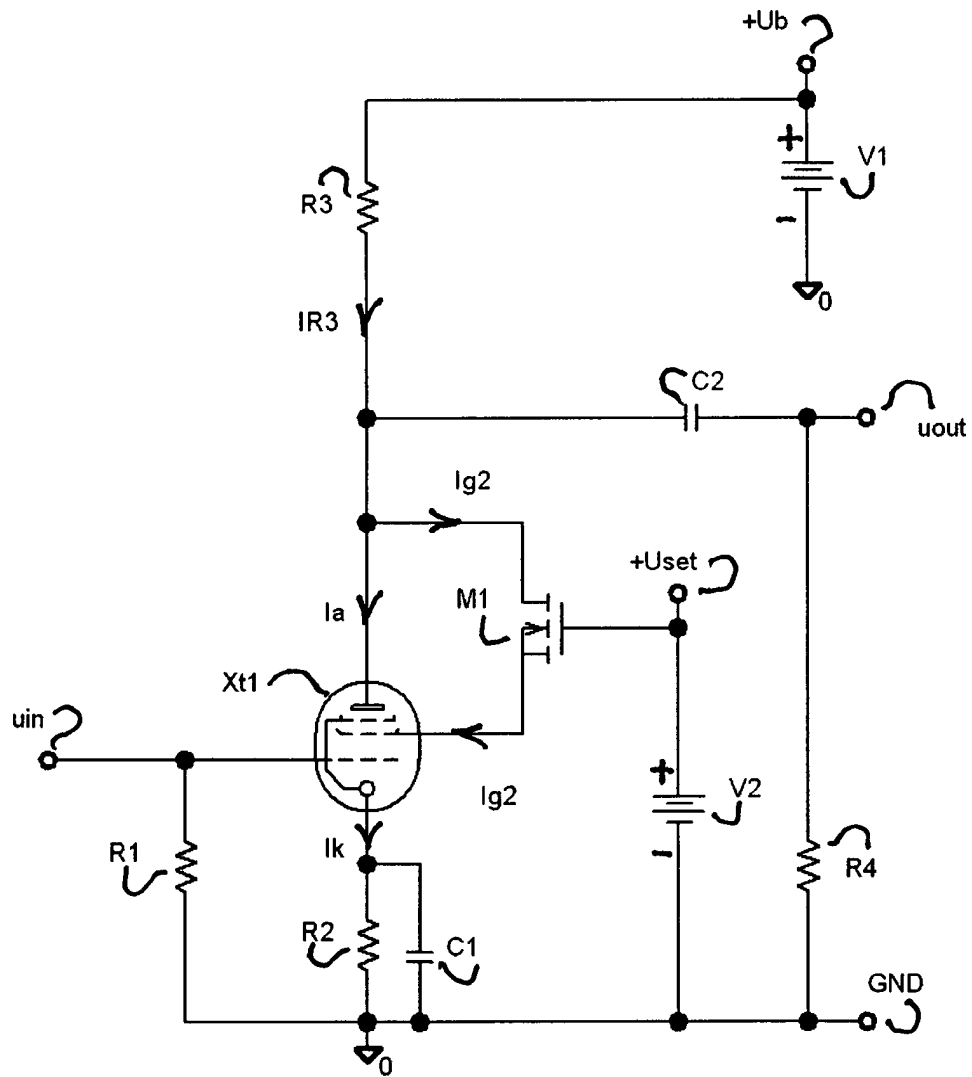


Fig. 4

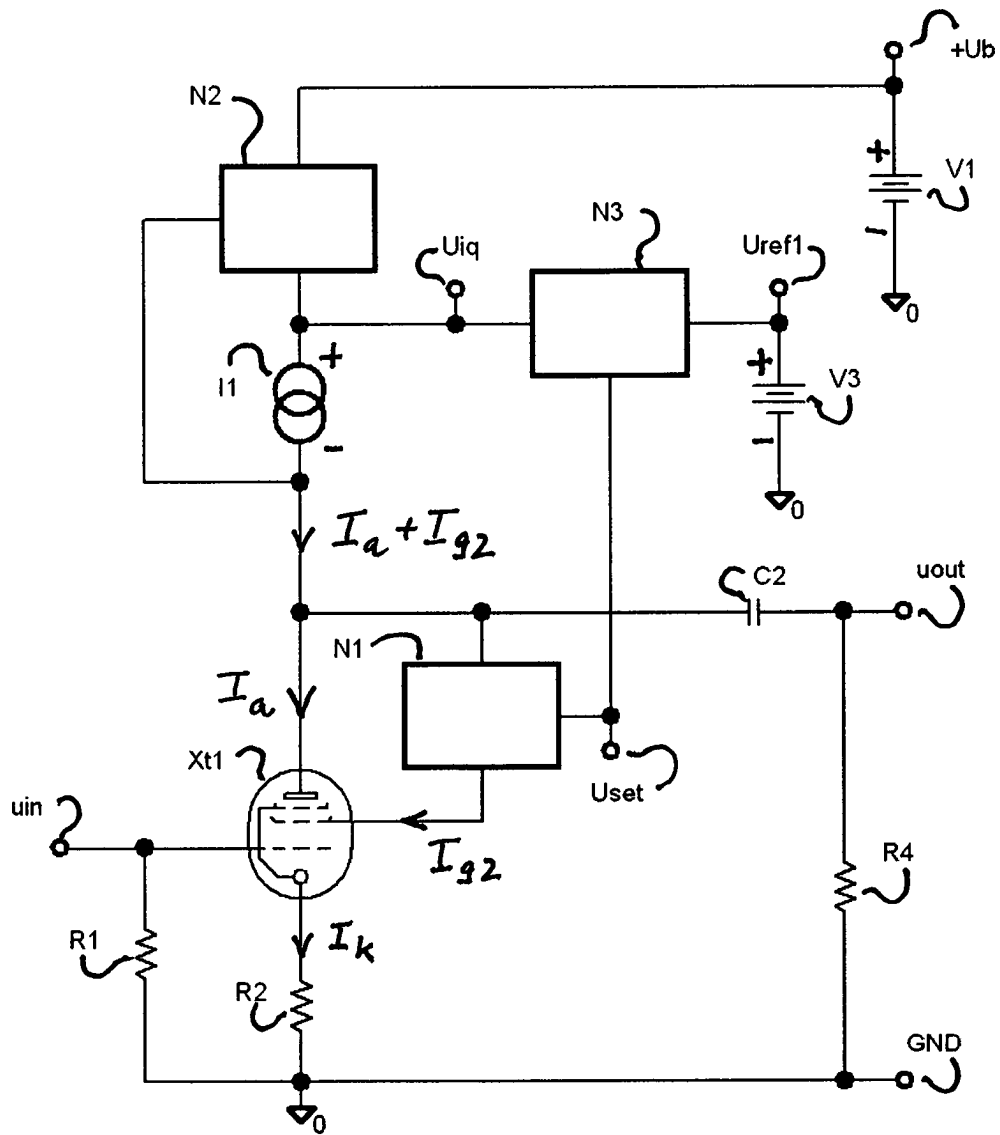


Fig. 5