

2) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21) Anmeldenummer: 88121488.6

51) Int. Cl. 4: G06G 7/163

22) Anmeldetag: 22.12.88

30) Priorität: 23.12.87 AT 3422/87

71) Anmelder: **Küng, Martin Karl**
Judavollastrasse 24
A-6706 Bürs(AT)

43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 26.07.89 Patentblatt 89/30

72) Erfinder: **Küng, Martin Karl**
Judavollastrasse 24
A-6706 Bürs(AT)

84) Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

54) **Linearitätskompensierter Steilheitsmultiplizierer.**

57) Eine elektronische Multiplizierschaltung, bei der ein erster Differenzverstärker in die Gegenkopplung eines Eingangsverstärkers eingebracht ist, ein Eingang des ersten Differenzverstärkers mit einem Eingang eines zweiten Differenzverstärkers verbunden ist und die Kollektoren des zweiten Differenzverstärkers mit einem Ausgangsverstärker verbunden sind, weist theoretisch beste Voraussetzungen für eine ideale Multiplizierfunktion auf. Daß dem nicht ganz so ist, hat den bei realen Transistoren vorhandenen, sogenannten Emitterbahnwiderstand als Ursache. Dieser bewirkt eine von der Größe der Steuerströme abhängige Gegenkopplung in den beiden Differenzverstärkern. Daher decken sich die Übertragungskennlinien nur dann, wenn die Steuerströme für die beiden Differenzverstärker gleich groß sind und nur dann arbeitet die Schaltung ideal.

Die vorliegende Erfindung schafft hier Abhilfe, indem wie in Fig 1 ersichtlich, ein Teil der Ausgangsspannung (uA) auf den zweiten Eingang (D) des zweiten Differenzverstärkers (D2) und ein Teil der Eingangsspannung (uE) auf den zweiten Eingang (B) des ersten Differenzverstärkers (D1) gekoppelt wird und somit eine ideale Multiplizierschaltung geschaffen ist.

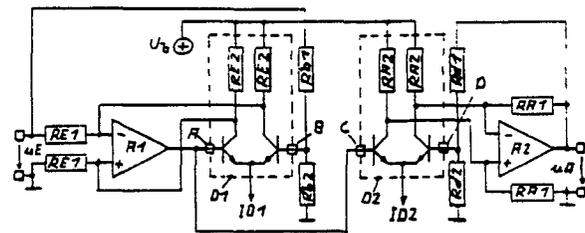


FIG 1

EP 0 324 967 A2

Linearitätskompensierter Steilheitsmultiplizierer:

Ein großer Teil der heute verwendeten elektronischen Multipliziererschaltungen basieren im Prinzip auf der Funktion eines Differenzverstärkers mit zwei Transistoren, dessen Größe der Verstärkung theoretisch proportional der Summe der Kollektorströme ist (siehe TIETZE und SCHENK: HALBLEITERSCHALTUNGSTECHNIK, Springer Verlag 6, Auflage Abb 4.41 "1"). Der offensichtlichste Nachteil dieser Schaltung ist die Nichtlinearität der Übertragungskennlinie (Abb. 4.44 in "1"). Diese Fehlerquelle kann behoben werden, wenn ein in die Gegenkopplung eines Verstärkers eingebrachter Differenzverstärker dazu verwendet wird, die Übertragungskennlinie eines zweiten, gleichartigen Differenzverstärkers zu kompensieren, indem der Eingang jenes zweiten Differenzverstärkers mit dem Eingang des ersten Differenzverstärkers parallelgeschaltet ist und das an den Kollektoren des zweiten Differenzverstärkers anliegende Signal mittels eines Ausgangsverstärkers aufbereitet wird. Diese Lösung wurde z.B. im LINEAR DATABOOK 1982 von NATIONAL SEMICONDUCTOR auf Seite 3 170, unten ("2") veröffentlicht. Bei einer nach "2" ausgeführten Schaltung kann der Einfluß der Nichtlinearität tatsächlich sehr klein gehalten werden, allerdings nur, wenn entweder die Steuerströme für die beiden Differenzverstärker sehr klein gehalten werden oder die Steuerströme gleich groß sind (Als Steuerströme sind hier die jeweils durch die gemeinsam men Emitteranschlüsse abfließenden und damit die Verstärkung bestimmen den Ströme bezeichnet). Bei größer werdender Abweichung steigt bei höheren Werten für die Steuerströme die Nichtlinearität auf ein Vielfaches an.

Die Ursache für diesen störenden Effekt ist der bei realen Transistoren auftretende innere Widerstand im Emitter, der sogenannte Emitterbahnwiderstand (in der englischsprachigen Literatur als Emitter Bulk Resistance bezeichnet). Dieser Widerstand (R-Eb) wirkt im Prinzip wie ein Emitterwiderstand und bewirkt eine vom Produkt aus Steuerstrom mal R-Eb abhängige Gegenkopplung innerhalb der beiden Differenzverstärker aus "2" und damit davon abhängige Übertragungskennlinien. Dies bedeutet, daß sich die Übertragungskennlinien nur dann kompensieren, wenn das Produkt aus Steuerstrom mal R-Eb für beide Differenzverstärker aus "2" gleich groß ist. Andernfalls entsteht eine, von der Größe der Abweichung abhängige Nichtlinearität, die bei Wechselspannungen als Eingangssignal die Entstehung kubischer Verzerrungen bewirkt.

Nun geschieht die Kompensation einer unerwünschten Gegenkopplung logischerweise durch eine Mitkopplung mit gleicher Größe, womit das

Wesentliche der vorliegenden Erfindung bereits angesprochen wäre.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen:

Fig 1: Kompensation des Emitterbahnwiderstands für eine Multipliziererschaltung nach "2" für niedrige Steuerströme, nichtinvertierende Beschaltung.

Fig 2: Gleich wie Fig 1, jedoch für größere Steuerströme bzw für fix eingestellten Steuerstrom des ersten Differenzverstärkers.

Fig 3: Kompensation des Emitterbahnwiderstandes für einfache Multipliziererschaltungen nach Abb 12.37 aus "1".

Eine der möglichen Ausführungen für die Beseitigung der durch die Emitterbahnwiderstände verursachten Nichtlinearität bei Multipliziererschaltungen, bei denen Eingangssignal auf einen Eingangverstärker gegeben wird, in dessen Gegenkopplung ein erster Differenzverstärker angeordnet ist und ein Eingang des ersten ersten Differenzverstärkers mit einem Eingang des zweiten Differenzverstärkers verbunden ist, weiters die Kollektoren des zweiten Differenzverstärkers mit den Eingängen eines Ausgangsverstärkers verbunden sind und die Multiplikation des Eingangssignals mit einem Faktor durch Steuerung des Stromes in den Emmitterzweigen erfolgt, wird nun anhand der Fig 1 näher erläutert. Es wird dort also mittels zweier Spannungsteiler, Rb1, Rb2 und Rd1, Rd2, ein proportionaler Anteil des Eingangssignals (uE) auf den zweiten Eingang (B) des ersten Differenzverstärkers (D1) und ein proportionaler Anteil des Ausgangssignals (uA) auf den zweiten Eingang (D) des zweiten Differenzverstärkers (D2) gegeben. Beim zweiten Differenzverstärker erfolgt die Mitkopplung abhängig von der Größe des Ausgangssignals und damit vom Steuerstrom ID2 über A2, den zweiten Spannungsteiler Rd1, Rd2 und den Eingang D des Transistors T4. Etwas anders sind die Verhältnisse beim ersten Differenzverstärker (D1): Dort steigt mit größer werdendem Steuerstrom ID1 die Gegenkopplung über den Eingangverstärker (A1) an, so daß die Ausgangsspannung von A1 bei gleichbleibendem Eingangssignal (uE) sinkt, das am Eingang B des Transistors T2 anliegende Signal jedoch gleich bleibt und somit steigt auch beim D1 das Signal am zweiten Eingang (B) relativ zum am Eingang A anliegenden Signal an, wenn ID1 vergrößert wird. Es ist also für beide Differenzverstärker gewährleistet, daß die Größe der Kompensationsspannungen vom jeweiligen Steuerstrom ID1 bzw ID2 abhängt. Da man auch annehmen kann, daß die Emitterbahnwiderstände weitgehend unabhängig von den Steuerströmen sind, kann bei rich-

tiger Einstellung der beiden Spannungsteiler Rb1, Rb2 und Rd1, Rd2, die durch den R-Eb verursachte schädliche Gegenkopplung praktisch kompensiert werden.

Folgende Ursache ist dafür verantwortlich, daß die Kompensation des R-Eb nach Fig 1 nicht 100%ig ist: Die störende Gegenkopplung wirkt nicht nur für die an den jeweils ersten Eingängen (A, C) der beiden Differenzverstärker anliegenden Signale, sondern auch gleichermaßen für die an den jeweils zweiten Eingängen (B, D) anliegenden Kompensationssignale und daher bleibt ein Restverstärkungsfehler $\Delta V-R$ übrig. Die Auswirkung des $\Delta V-R$ hängt von den jeweiligen Steuerströmen ab, bei denen die beiden Spannungsteiler (Rb1, Rb2 und Rd1, Rd2) auf die niedrigste Nichtlinearität eingestellt werden und steigt bei größeren maximalen Werten für die beiden Steuerströme. Aus dem genannten Grund ist dann die in Fig 2 gezeigte Kompensation des R-Eb im Vorteil gegenüber der in Fig 1 gezeigten, wenn ID1 einen nicht veränderbaren, festen Wert hat. Dann ist nämlich der $\Delta V-R$ für den ersten Differenzverstärker konstant und wenn wie in Fig 2 der Ausgangsverstärker gegenüber Fig 1 invertierend beschalten ist, kann der proportionale Anteil von uA am Eingang B mit dem proportionalen Anteil von uE summiert werden. Somit wirkt bei konstantem ID1 für beide Kompensationsspannungen ein gleich großer und konstanter $\Delta V-R$ und dieser kann bei der Einstellung von Rb1 und Rb3 mitberücksichtigt werden, womit die Kompensation des R-Eb nun zu 100% erfolgen kann.

Als willkommener zusätzlicher Effekt vermindern bzw beseitigen die in Fig. 1 und Fig 2 abgebildeten Emitterbahnwiderstands-Kompensationen auch noch die Nichtlinearität der Steuerstrom-Gesamtverstärkungskennlinie, die ihre Ursache ebenfalls in der, bei steigenden Steuerströmen steigen den Gegenkopplung in den beiden Differenzverstärkern hat.

Es gibt Anwendungen, bei denen nicht eine Reduktion, sondern eine gezielte Anhebung der kubischen Verzerrungen erwünscht ist. Bei Musikverstärkern wird dies zur Erzielung eines besseren Klanges sehr oft angewandt. Wenn nun ein proportionaler Anteil von uE auf den Eingang D gegeben wird, so kann bei dementsprechendem Anteil von uE der kubische Verzerrungsgrad so eingestellt werden, daß das "weiche" Übersteuerungsverhalten von Röhrenverstärkern nachgebildet werden kann. Zusätzlich zur Anwendung der Schaltung zur Beeinflussung des Dynamikverhaltens der verschiedensten Signalquellen kann mit demselben Baustein auch das kubische Klirrvverhalten beliebig beeinflusst werden.

Schließlich ist aus Fig 3 ersichtlich, wie auch die Eigenschaften von einfachen Multiplizierer-

schaltungen nach Abb 12.37 aus "1" durch die Kompensation des R-Eb verbessert werden können: Gleich wie beim zweiten Differenzverstärker (D2) in Fig 1 wird in Fig 3 die schädliche Gegenkopplung durch eine Mitkopplung über den Spannungsteiler Rd1, Rd2 kompensiert und damit die Steuerstrom-Gesamtverstärkungskennlinie linearisiert.

Bauteilewerte (Beispiel) zu Fig 1:

RE1 = RE2 = RA1 = RA2 = 1 kOhm
Rb2 = Rd2 = 10 Ohm
Rb1 = Rd1 = ca 40 kOhm (R-Eb von T1-4 = ca 0.5 Ohm)

15 Ansprüche

1.: Elektronische Multiplizierschaltung, bei der ein Eingangssignal an einen Eingangsverstärker gelegt wird, in dessen Gegenkopplungsweigen ein erster Differenzverstärker angeordnet ist und ein Eingang des ersten Differenzverstärkers mit einem Eingang eines zweiten Differenzverstärkers verbunden ist, die Kollektoren des ersten Differenzverstärkers mit den Eingängen des Eingangsverstärkers und die Kollektoren des zweiten Differenzverstärkers mit den Eingängen eines Ausgangsverstärkers verbunden sind, an dessen Ausgang ein Ausgangssignal abgenommen wird und die Multiplikation des Eingangssignals mit einem Faktor durch Steuerung des Stromes in den Emitterzweigen vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Eingangsverstärkers (A1) mit den ersten Eingängen (A, C) des ersten und des zweiten Differenzverstärkers (D1, D2) verbunden ist, daß ein proportionaler Anteil des Eingangssignals (uE) am zweiten Eingang (B) des ersten Differenzverstärkers (D1) und/oder am zweiten Eingang (D) des zweiten Differenzverstärkers (D2) anliegt und/oder ein proportionaler Anteil des Ausgangssignals (uA) am zweiten Eingang (B) des ersten Differenzverstärkers (D1) und/oder am zweiten Eingang (D) des zweiten Differenzverstärkers (D2) angelegt ist.

2.: Elektronische Multiplizierschaltung, bei der ein Eingangssignal auf den Eingang eines Differenzverstärkers gelegt wird, die Kollektoren des Differenzverstärkers mit den Eingängen eines Ausgangsverstärkers verbunden sind und die Multiplikation des Eingangssignals mit einem Faktor durch Steuerung des Stromes im Emitterzweig des Differenzverstärkers vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingangssignal an den ersten Eingang (C) des Differenzverstärkers (D2) gelegt wird und ein proportionaler Anteil des Ausgangssignals (uA) am zweiten Eingang (D) des Differenzverstärkers (D2) anliegt.

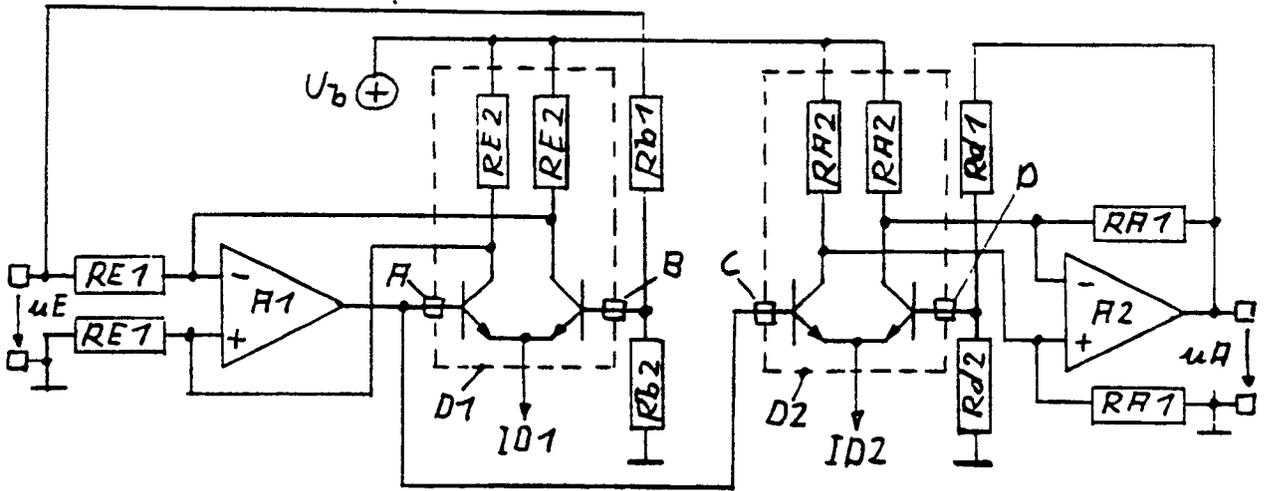


FIG 1

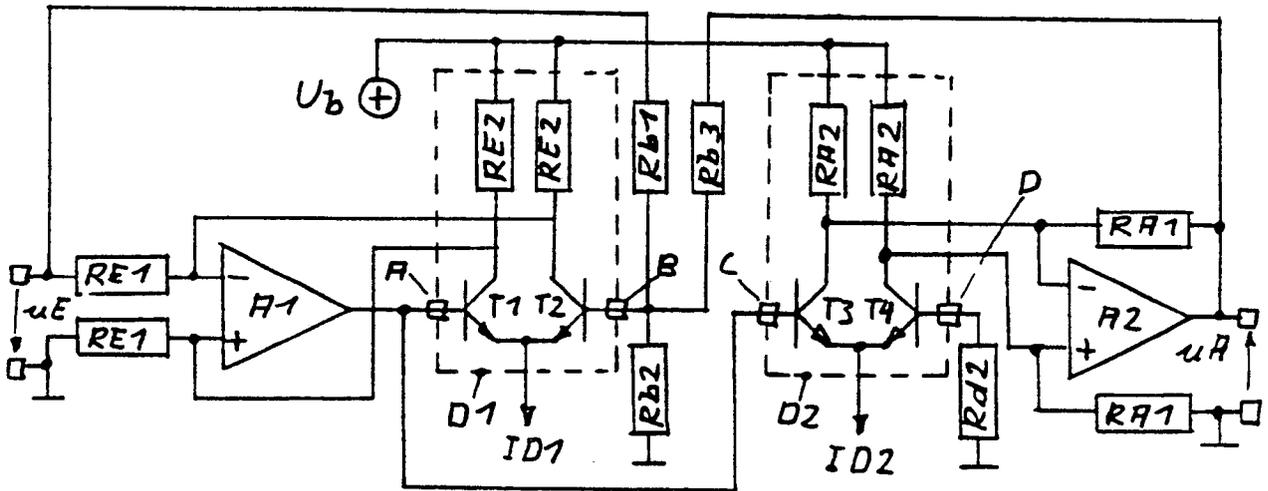


FIG 2

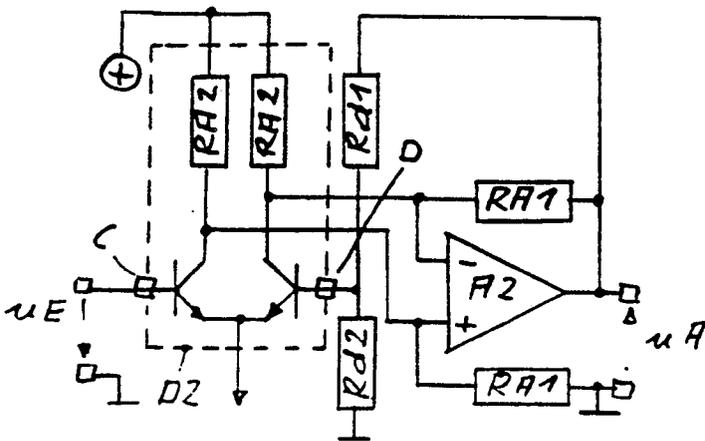


FIG 3