

(19)



**Europäisches Patentamt**  
**European Patent Office**  
**Office européen des brevets**

(11)

Veröffentlichungsnummer: **0 011 704**  
**B1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45)

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **13.07.83**

(51)

Int. Cl.<sup>3</sup>: **G 05 F 3/20**

(21)

Anmeldenummer: **79104039.7**

(22)

Anmeldetag: **18.10.79**

(54)

Referenzspannungsquelle, insbesondere für Verstärkerschaltungen.

(30)

Priorität: **23.11.78 DE 2850826**

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**11.06.80 Patentblatt 80/12**

(45)

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**13.07.83 Patentblatt 83/28**

(84)

Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

(56)

Entgegenhaltungen:  
**FR - A 2 280 248**  
**FR - A - 2 345 761**  
**US - A - 3 629 691**  
**US - A - 4 085 359**

(73)

Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**Berlin und München Wittelsbacherplatz 2**  
**D-8000 München 2 (DE)**

(72)

Erfinder: **Krämer, Horst, Dipl.-Ing.**  
**Tucholskystrasse 16**  
**D-8000 München 83 (DE)**

**EP 0 011 704 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Es sind bereits verschiedene Varianten von Referenzspannungsquellen bekannt. Meistens wird dabei als Normal der Spannungsabfall an Diodenstrecken ausgenutzt, wofür auch die Basismitterstrecken von Transistoren infrage kommen (siehe DE—C—17 62 924, DE—B—17 63 016). Anstelle von Dioden werden Transistoren benutzt, deren Basiskollektorstrecke kurzgeschlossen ist (siehe "Regelungstechnik", Heft 1, 1969, Seite 13; Siemens-Datenbuch 1974/75, Band 2, "Lineare Schaltungen", Seiten 213 bis 215). Alle diese Referenzspannungsquellen können z.B. zur Stabilisierung der Arbeitspunkte von Verstärkerschaltungen benutzt werden. Dabei kommen vor allem Verstärkerschaltungen infrage, welche mit Hilfe von Differenzverstärkern aufgebaut sind. Weiterhin ist eine Referenzspannungsquelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt (US—A—4 085 359), bei der der Kollektorstrom des einen Transistors der Referenzspannungsquelle auf den Kollektorstrom des anderen Transistors gespiegelt wird und wobei die Emitterflächen der Transistoren und die Widerstandswerte so festgelegt sind, daß die Referenzspannung von der Temperatur weitgehend unabhängig ist.

Die Erfindung geht nun von der Aufgabe aus, die Ausnutzbarkeit solcher Referenzspannungsquellen zu verbessern. Die Verbesserung betrifft insbesondere Maßnahmen, die sicherstellen, daß die Referenzspannung unabhängig von der Belastung ihre vorgesehene Größe beibehält. Bei der Erfindung wird dabei von einer Referenzspannungsquelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgegangen, bei der die Referenzspannung an den miteinander verbundenen Basen zweier Transistoren ansteht, von denen einer als Diode geschaltet ist, während der andere normal betrieben ist.

Gemäß der Erfindung ist eine derartige Referenzspannungsquelle dadurch gekennzeichnet, daß zu der Stromspiegelschaltung eine weiterer in Stromspiegelschaltung angeschlossener Transistor gehört, der in Reihe mit einem an Bezugspotential gelegten entsprechenden Transistor geschaltet ist, dessen Basis mit dem Emitter des als Diode geschalteten Transistors verbunden ist und daß die Referenzspannung am Verbindungspunkt zwischen Kollektor und Emitter der in Reihe geschalteten Transistoren für eine damit zu beliefernde Schaltung abgenommen wird. Hierbei kommen Stromspiegelschaltungen infrage, wie sie an sich bekannt sind (siehe DE—A—24 40 023, 26 42 874; Philips Technische Rundschau 1971/72, Nr. 1, Seiten 4 bis 8; Regelungstechnik, Heft 1, 1969, Seite 13). Dadurch, daß die Referenzspannung an einem Abgriff der Reihenschaltung der beiden betreffenden Transistoren abgenommen wird, wird eine Belastung des inneren Referenzschaltungspunktes der Referenzspan-

nungsquelle vermieden, auch wenn der Abgriff als Stromquelle bzw. Stromsenke für die Stabilisierung des Arbeitspunktes der belieferten Schaltung ausgenutzt wird. Damit ist eine besonders große Konstanz der Referenzspannung sichergestellt. Vorteilhaft ist auch, daß der Spannungsbedarf für die Referenzspannungsquelle sehr klein ist. Ihre minimale Betriebsspannung liegt nur um die Sättigungsspannung des Transistors T6 über des an der Basis des Transistors T2 anliegenden Referenzspannung.

Eine zweckmäßige weitere Ausgestaltung der Referenzspannungsquelle ergibt sich, wenn zur Stromspiegelschaltung eine zusätzlicher Transistor gehört, der eine weitere Stromspiegelschaltung speist, welche Transistoren hat, die in Stromkreise der mit der Referenzspannung belieferten Schaltung eingeschleift sind. Dadurch werden in bequemer Weise Konstantstromeffekte für die belieferte Schaltung zustande gebracht.

Die vorstehend angegebenen Effekte werden nun noch an einem Beispiel für eine Referenzspannungsquelle und eine damit belieferte Schaltung anhand der Figur näher erläutert. In dieser Figur ist die Referenzspannungsquelle RG und die Verstärkerschaltung VS gezeigt. Der Eingang der Verstärkerschaltung VS liegt bei den Klemmen E1 und E2. Der Ausgang liegt bei den Quellen A3 und A4. Bei dieser Verstärkerschaltung handelt es sich um einen Mikrofonverstärker. Der akustisch-elektrische Wandler, insbesondere eine Piezoelektrische Keramik, ist bei den Eingangsklemmen E1 und E2 angeschlossen. Über die Ausgangsklemmen A3 und A4 wird die Betriebsspannung +/0 zugeführt, der dann das Ausgangssignal überlagert ist. An die Eingangsklemme E1 ist nun noch die von der Referenzspannungsquelle RG gelieferte Referenzspannung angelegt. Mit Ihrer Hilfe wird der Arbeitspunkt des Differenzverstärkers mit den Transistoren T13 und T14, der zur Verstärkerschaltung gehört, stabilisiert.

Zur Referenzspannungsquelle selber gehören zunächst der als Diode geschaltete Transistor T2 und der normal betriebene Transistor T1. Die Basen dieser beiden Transistoren sind verbunden und ergeben den inneren Referenzspannungspunkt. In die Kollektorstromkreise der Transistoren T1 und T2 ist die Stromspiegelschaltung mit den Transistoren T4 und T5 sowie den Widerständen R1 und R2 eingeschleift. Es gehört noch der Transistor T6 mit dem Widerstand R3 dazu, der in Reihe zu dem Transistor T8 geschaltet ist, der noch an Bezugspotential 0 gelegt ist. Die Basis des Transistors T8 ist mit dem Emitter des Transistors T2 und mit dem Abgriff der Reihenschaltung aus den Emitterwiderständen R6 und R7 verbunden, die als Emitterwiderstände für die Transistoren T1 und T2 dienen. Der Verbindungspunkt zwischen dem Kollektor des Transistors T6 und dem

Emitter des Transistors T8 ist mit der Eingangs-  
klemme E1 verbunden. Hier wird also die Referenzspannung für die damit belieferte Schaltung VS abgenommen. Die Höhe der Referenzspannung selber wird zwar durch die am inneren Referenzspannungspunkt, nämlich den verbundenen Basen der Transistoren T1 und T2, liegenden Spannung bestimmt. Mit Hilfe der durch die Transistoren T8 und T6 gebildeten Ausgangsschaltung wird jedoch verhindert, daß dieser innere Referenzspannungspunkt durch das Abnehmen der Referenzspannung belastet wird. Bei der Lieferung der Referenzspannung können hier die zur Ausgangsschaltung gehörenden Transistoren T6 und T8 als Stromquelle bzw. Stromsenke wirken. Eine Belastung des inneren Referenzspannungspunktes ist während des Betriebes vermieden.

Die Referenzspannungsquelle RG ist noch durch die Anlaßschaltung aus der Reihenschaltung des Transistors T3 und seines Emitterwiderstandes R5 ergänzt. An diese Anlaßschaltung ist die Betriebsspannung  $+V_0$  angelegt. Die Basis des Transistors T3 ist mit dem Kollektor des Transistors T1 verbunden. Hierdurch ist sichergestellt, daß beim Anlegen der Betriebsspannung sich am inneren Referenzspannungspunkt die vorgesehene Referenzspannung einstellt.

Bei der Referenzspannungsquelle RG ist die Fläche des Emitters des als Diode geschalteten Transistors T2 ein Bruchteil der Fläche des Emitters des anderen zugehörigen Transistors T1. Hierdurch und durch die weiteren vorgesehenen Schaltungsmaßnahmen ergibt sich eine Temperaturkompensation insofern, als dadurch die erzielte Referenzspannung weitgehend unabhängig von der Temperatur ist (siehe auch Regelungstechnik, Heft 1, 1969, Seite 13; DE—B—19 440 28, Spalte 1). Bei dem in der Figur gezeigten Schaltungsbeispiel ist die Fläche des Emitters des Transistors T1 fünfmal so groß wie die Fläche des Emitters des Transistors T2. Dies ist dort auch durch die eingeschriebenen Ziffern 5 und 1 angedeutet. Bei den verschiedenen zur Schaltung gehörenden Widerständen ist auch jeweils die Ohmzahl angeschrieben. Für die Temperaturkompensation ist auch das Verhältnis der Widerstandswerte der Emitterwiderstände R6 und R7 von Bedeutung. Anhand der für die Darstellung der Transistoren gewählten Symbole ist auch erkennbar, ob es sich jeweils um einen pnp-Transistor oder um einen npn-Transistor handelt.

Wie bereits erwähnt, gehört zur Stromspiegelschaltung noch ein zusätzlicher Transistor, und zwar der Transistor T7 mit einem Emitterwiderstand R4, der eine weitere Stromspiegelschaltung speist. Dabei handelt es sich um die Stromspiegelschaltung mit den Transistoren T9, T10, T11, T12 und T19. Die letzten drei angeführten Transistoren sind in Stromkreise der mit der Referenzspannung belieferten Verstärkerschaltung VS eingeschleift. So ist der Transistor T11 in den Emitterstromkreis des

Differenzverstärkers mit den Transistoren T13 und T14, den Emitterwiderständen R12 und R13 sowie den Kollektorwiderständen R8 und R9 eingeschleift. Der Transistor T12 ist in den Hauptstromkreis des Transistors T20 eingeschleift, der zu einem Zwischenverstärker der Verstärkerschaltung VS gehört. Der Transistor T19 ist in einen Stromzweig einer zur Verstärkerschaltung gehörenden Stromspiegelschaltung eingeschleift, zu der u.a. die Transistoren T17, T18 und T22 sowie die Widerstände R20 und R22 gehören. Durch diese Schaltungstechnik wird eine bestimmte Stromeinprägung für die Verstärkerschaltung erzielt, wozu Schaltmittel verwendet sind, die sich bequem an die zur Referenzspannungsquelle gehörenden Schaltmittel anfügen lassen. Auch bei den hierfür in Betracht kommenden Transistoren ist jeweils die Größe der zugehörigen Emitterflächen durch angeschriebene Ziffern angedeutet. So ist, bei den Transistoren T7, T10 und T19 die Ziffer 1 angeschrieben, während bei den Transistoren T11 und T12 die Ziffer 2 angeschrieben ist. Dementsprechend führen die beiden zuletzt genannten Transistoren einen doppelt so großen Hauptstrom als die in diesem Zusammenhang genannten anderen drei Transistoren. Es ist übrigens auch bei den übrigen zur Stromspiegelschaltung des Referenzspannungsgebers RG gehörenden Transistoren T4, T5 und T6 die Größe der Emitterflächen durch angeschriebene Ziffern angegeben. Demnach hat der Transistor T6 eine dreimal so große Emitterfläche als die Transistoren T1 und T5. Die Stärke der über die Hauptstromstrecken der genannten Transistoren fließenden Ströme ist entsprechend der Größe ihrer Emitterflächen gestuft. Dementsprechend ist auch die Stärke der in denjenigen Stromkreisen fließenden Ströme gestuft, in welche diese Transistoren eingeschleift sind.

Zu der Verstärkerschaltung VS gehören außer dem bereits erwähnten Differenzverstärker mit den Transistoren T13 und T14 und der ebenfalls bereits erwähnten Stromspiegelschaltung mit den Transistoren T17, T18 und T22 noch die symmetrisch geschaltete Transistorkoppelstufe mit den Transistoren T15 und T16, über die der Differenzverstärker mit einem zweistufigen Zwischenverstärker verbunden ist, zu dem die Transistoren T20 und T21 gehören, an denen dann als Ausgangsstufe ein Darlington-Verstärker mit den Transistoren T23 und T24 angeschlossen ist. Die Transistoren T15 und T16 der Transistorkoppelstufe gehören auch zur Stromspiegelschaltung mit den Transistoren T17 und T18. Dadurch und mit Hilfe der zusätzlichen Stromspiegelschaltung mit den Transistoren T25 und T26 und den Widerständen R24 und R25 sowie der bereits erwähnten Stromspiegelschaltung mit den Transistoren T9, T10, T11, T12 und T19, sind die Koppelstufe und die Eingangsstufe stromsymmetrisch eingestellt. Dadurch wird eine besonders stabile Arbeitsweise der Verstärker-

schaltung erzielt. Es zeigt sich auch, daß dadurch die Verstärkereigenschaften wenig von den Speisebedingungen der Schaltung abhängig sind. Wegen des sehr geringen Spannungsbedarfes der Verstärkerschaltung und der übrigen günstigen Eigenschaften ergibt sich auch eine sehr große Aussteuerfähigkeit der Verstärkerschaltung. Zwischen dem Ausgang und dem Eingang ist noch das Spannungsgegenkopplungsnetzwerk mit den Widerständen R19, R18, R15, R17, R16, R14, R11 und R10 eingefügt. Mit seiner Hilfe wird unter anderem der Verstärkungsfaktor der Verstärkerschaltung festgelegt (siehe auch Siemens-Datenbuch 1974/75, Bad 2, "Lineare Schaltungen", Seiten 213 bis 215). Bei der Stabilisierung wirkt dann noch der Gegenkopplungskondensator C1 mit. Die Transistoren T23 und T24 der Ausgangsstufe haben jeweils eigene Kollektorwiderstände, nämlich die Kollektorwiderstände R21 und RL. Hierdurch ergibt sich eine besonders große Aussteuerfähigkeit der Ausgangsstufe und eine niedrige Sättigungsspannung des Transistors T24. In der Figur sind schließlich noch mit "IK" bzw. mit "2IK" bezeichnete Pfeile eingezeichnet, welche die Richtung und die Größe der in den betreffenden Stromzweigen fließenden Ströme angeben. Diese Ströme ergeben sich vor allem dadurch, daß die beschriebenen Stromspiegelschaltungen vorgesehen sind.

Der vorstehend beschriebene Mikrofonverstärker ist auch derart schaltungstechnisch ausgestaltet, daß er sich bequem innerhalb einer integrierten Schaltung realisieren läßt. Seine vorteilhaften Eigenschaften bleiben dabei erhalten.

### Patentansprüche

1. Referenzspannungsquelle, insbesondere für Verstärkerschaltungen, bei der die Referenzspannung an den miteinander verbundenen Basen zweier Transistoren (T1, T2) ansteht, von denen einer (T2) als Diode geschaltet ist und der andere (T1) normal betrieben wird und wobei der Emitter des als Diode geschalteten Transistors (T2) an den Abgriff der Reihenschaltung zweier Emitterwiderstände (R6, R4) des normal betriebenen Transistors (T1) angeschlossen ist, wobei weiterhin eine Stromspiegelschaltung (T4, T5, R1, R2) so in die Kollektorstromkreise dieser Transistoren eingeschleift ist, daß der Kollektorstrom des normal betriebenen Transistors (T1) auf den Kollektorstrom des als Diode geschalteten Transistors (T2) gespiegelt wird und wobei weiterhin die Emitterflächen der Transistoren und die Widerstandswerte der Emitterwiderstände so festgelegt sind, daß die Referenzspannung weitgehend unabhängig von der Temperatur ist, dadurch gekennzeichnet, daß zu der Stromspiegelschaltung (T4, T5, R1, R2) ein weiterer in Stromspiegelschaltung angeschlossener Transistor (T6) gehört, der in Reihe mit einem Be-

zugspotential (0) gelegten entsprechenden Transistor (T8) geschaltet ist, dessen Basis mit dem Emitter des als Diode geschalteten Transistors (T2) verbunden ist und daß die Referenzspannung am Verbindungspunkt zwischen Kollektor und Emitter der in Reihe geschalteten Transistoren (T6, T8) für eine damit zu beliefernde Schaltung (VS) abgenommen wird.

2. Referenzspannungsquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anlaßschaltung aus der Reihenschaltung eines Transistors (T3) und seines Emitterwiderstandes (R5) vorgesehen ist, an welche die Betriebsspannung (+/0) angelegt ist, und daß die Basis des zugehörigen Transistors (T3) mit dem Kollektor des erwähnten normal betriebenen Transistors (T1) verbunden ist.

3. Referenzspannungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Stromspiegelschaltung ein zusätzlicher Transistor (T7) gehört, der eine weitere Stromspiegelschaltung (T9, T10, T11, T12, T19) speist, welche Transistoren (T11, T12, T19) hat, die in Stromkreise der mit der Referenzspannung belieferten Schaltung (VS) eingeschleift sind.

4. Referenzspannungsquelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stärke der in den erwähnten Stromkreisen fließenden Ströme entsprechend der Größe der Emitterflächen der in diese Stromkreise eingeschleiften Transistoren (T11, T12, T19) der weiteren Stromspiegelschaltung gestuft sind.

### Revendications

1. Source de tension de référence, en particulier pour des circuits amplificateurs, dans laquelle la tension de référence est présente aux bases, reliées entre elles, de deux transistors (T1, T2) dont l'un (T2) est monté en diode et dont l'autre (T1) est opéré normalement, l'émetteur du transistor (T2) monté en diode étant relié à la prise d'un circuit série de deux résistances d'émetteur (R6, R7) d'un transistor (T1) opéré normalement, alors qu'un circuit dit à courants en rapport géométrique (T4, T5, R1, R2) est introduit de telle manière dans le circuit de courant de collecteur de ces transistors que le courant de collecteur du transistor (T1) opéré normalement se reflète sur le courant de collecteur du transistor (T2) monté en diode, et qu'en outre les surfaces d'émetteur des transistors et les valeurs ohmiques des résistances d'émetteur sont déterminées de telle façon que la tension de référence est très largement indépendante de la température, caractérisée par le fait qu'au circuit à courants en rapport géométrique (T4, T5, R1, R2) appartient un transistor supplémentaire (T6) branché en circuit à courants en rapport géométrique et qui est relié en série avec un transistor correspondant (T8) porté au potentiel de référence (0) et dont la base est reliée à l'émetteur du transistor (T2) monté en diode, et que la tension de

référence est prélevée au point de liaison entre le collecteur et l'émetteur des transistors (T6, T8), montés en série, pour l'alimentation d'un montage (VS).

2. Source de tension de référence selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'il est prévu un circuit d'attaque constitué par un montage série d'un transistor (T3) et de sa résistance d'émetteur (R5), auquel est appliquée la tension de service (+/0), et que la base du transistor associé (T3) est reliée au collecteur dudit transistor (T1), opéré normalement.

3. Source de tension de référence selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait qu'au circuit à courants en rapport géométrique appartient un transistor additionnel (T7) qui alimente un circuit supplémentaire à courants en rapport géométrique (T9, T10, T11, T12, T19) ayant des transistors (T11, T12, T19) qui sont montés dans des circuits du montage (VS) alimenté avec la tension de référence.

4. Source de tension de référence selon la revendication 4, caractérisée par le fait que les intensités des courants passant dans lesdits circuits sont étagées en fonction de la dimension des surfaces des émetteurs des transistors (T11, T12, T19) dudit circuit supplémentaire à courants en rapport géométrique, et qui sont montés dans ces circuits.

## Claims

1. A reference voltage source, in particular for amplifier circuits, wherein the reference voltage is applied to the mutually connected base electrodes of two transistors (T1, T2), one (T2) of which is connected as a diode and the other one (T1) of which is normally connected, and where the emitter electrode of the transistor (T2) which is connected as a diode is connected to a tapping formed by the junction of two series connected resistors (R6, R7) in the emitter path of the normally operated transistor (T1), and wherein furthermore a current reflec-

tor circuit (T4, T5, R1, R2) is so looped into the collector circuits of these transistors that the collector current of the normally operated transistor (T1) is reflected onto the collector current of the transistor (T2) which is connected as a diode, and wherein furthermore the emitter surfaces of the transistors and the resistance values of the emitter resistors are so determined that the reference voltage is largely independent of temperature, characterised in that the current reflector circuit (T4, T5, R1, R2) is assigned a further transistor (T6) in a current reflector circuit connected to the reference potential (0) in series with a corresponding transistor (T8) whose base electrode is connected to the emitter electrode of the transistor (T2) which is connected as a diode, and that the connection point between the collector and emitter electrodes of the series-connected transistors (T6, T8) provides the reference voltage tapping for a circuit (VS) which is to be supplied therewith.

2. A reference voltage source as claimed in Claim 1, characterised in that there is provided a starting-up circuit composed of the series connection of a transistor (T3) and its emitter resistor (R5), to which starting-up circuit is connected the operating voltage (+/0), and that the base electrode of the assigned transistor (T3) is connected to the collector electrode of said normally operated transistor (T1).

3. A reference voltage source as claimed in one of the preceding Claims, characterised in that the current reflector circuit is assigned an additional transistor (T7) which feeds a further current reflector circuit (T9, T10, T11, T12, T19) which has transistors (T11, T12, T19) looped into circuit paths of the circuit (VS) which is supplied with the reference voltage.

4. A reference voltage source as claimed in Claim 4, characterised in that the intensity of the currents flowing in said circuit paths are graded in accordance with the size of the emitter surfaces of the transistors (T11, T12, T19) of the further current reflector circuit which are looped into these circuit paths.

50

55

60

65

5

