

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 479 377 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **91202505.3**

(51) Int. Cl.⁵: **G05F 3/26**

(22) Date de dépôt: **26.09.91**

(30) Priorité: **05.10.90 FR 9012307**

(43) Date de publication de la demande:
08.04.92 Bulletin 92/15

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IT

(71) Demandeur: **PHILIPS COMPOSANTS**
117, quai du Président Roosevelt
F-92130 Issy les Moulineaux(FR)
(84) **FR**

(71) Demandeur: **N.V. Philips'**
Gloeilampenfabrieken

Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)
(84) **DE GB IT**

(72) Inventeur: **Perraud, Jean-Claude**
Société Civile S.P.I.D., 156, Boulevard
Hausmann
F-75008 Paris(FR)

(74) Mandataire: **Charpail, François et al**
Société Civile S.P.I.D. 156, Boulevard
Hausmann
F-75008 Paris(FR)

(54) **Source de courant à rapport donné entre courant de sortie et d'entrée.**

(57) L'invention concerne une source de courant présentant un rapport donné (G) entre un courant de sortie (I) et un courant d'entrée (i). Une première branche série comporte une première résistance (R₁) en série avec le trajet de courant principal d'un premier transistor (T₁). Une deuxième branche série comporte une deuxième résistance (R₃) en série avec le trajet de courant principal d'un deuxième transistor (T₂). Le premier (T₁) et le deuxième (T₂) transistors forment un miroir de courant. Un compensateur de courant est disposé de manière à produire une chute de tension de compensation dans la première branche série, égale à :

$$V_T \log \frac{I}{i} \frac{i_{s1}}{i_{s2}}$$

i_{s1} et i_{s2} désignant les constantes de courant caractéristiques des premier (T₁) et deuxième (T₂) transistors.

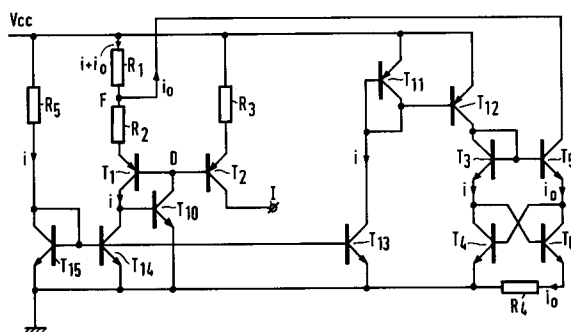


FIG.2

La présente invention a pour objet une source de courant présentant un rapport donné entre un courant de sortie I et un courant d'entrée i et comprenant une première branche série comportant une première résistance en série avec le trajet de courant principal d'un premier transistor, de manière à être traversée par le courant d'entrée, et une deuxième branche série comportant une deuxième résistance en série avec le trajet de courant principal d'un deuxième transistor pour délivrer le courant de sortie, le premier et le deuxième transistors étant agencés de manière à former un premier miroir de courant.

De telles sources de courant sont en général utilisées pour des rapports G peu élevés (jusqu'à 10 environ) entre le courant de sortie et le courant d'entrée. Pour ces applications, le deuxième transistor présente une surface d'émetteur G fois plus grande que le premier transistor (ou il est constitué par G transistors individuels identiques au premier transistor et disposés en parallèle), de manière à obtenir la même chute de tension base-émetteur dans les premier et deuxième transistors, et éviter les dérives thermiques du rapport G .

Pour des rapports G plus élevés, par exemple allant jusqu'à 100, une telle solution conduirait à des dimensions prohibitives pour le deuxième transistor, et on utilise alors des montages mettant en oeuvre un amplificateur opérationnel. De telles solutions sont par exemple mises en oeuvre par MATRA COMMUNICATION (demande de brevet français 88 01645 du 11 février 1988, en particulier figure 5), SGS-THOMSON (notice du circuit TEA 7063 - Telephone Speech and Peripherals Line Control) et MOTOROLA (Product preview du circuit TCA 3385 - Telephone Ring Signal Converter).

Ces modes de réalisation présentent l'inconvénient d'exiger la présence d'un amplificateur opérationnel qui consomme une surface relativement élevée de circuit intégré, et qui en outre peut présenter des problèmes de stabilité, surtout si le circuit fait partie d'un montage complexe présentant des étages en cascade.

La présente invention a pour objet une source de courant permettant d'obtenir en particulier, mais non exclusivement, des rapports élevés entre un courant de sortie et un courant d'entrée, sans dérive thermique appréciable du rapport G , et en mettant en oeuvre un circuit beaucoup plus simple qu'un amplificateur opérationnel et ne posant en outre pas de problème de stabilité.

Une source de courant selon l'invention est ainsi définie dans la partie caractérisante de la revendication 1.

Le circuit de compensation, facilement réalisable selon la technique des sources de courant, permet de compenser l'écart entre la tension émetteur-base des deux transistors, qui n'ont de ce fait plus besoin d'être de dimensions différentes, et on évite la complication et la consommation de surface de cristal de circuit intégré, qu'impose la mise en oeuvre d'un amplificateur opérationnel, d'où réduction du coût.

Le circuit de compensation peut comporter une troisième branche série comportant les trajets de courant principal d'un troisième transistor monté en diode et d'un quatrième transistor, ainsi qu'une quatrième branche série comportant le trajet de courant principal d'un cinquième transistor dont la base est connectée à celle du troisième transistor, et une troisième résistance. Selon un premier mode de réalisation, permettant d'obtenir une compensation approchée, le quatrième transistor est monté en diode. Selon un deuxième mode de réalisation préféré, permettant une compensation précise, la quatrième branche série comporte, entre le trajet de courant principal du cinquième transistor et la troisième résistance, le trajet de courant principal d'un sixième transistor dont la base est connectée au collecteur du quatrième transistor, dont le collecteur est connecté à la base du quatrième transistor, et dont l'émetteur a une surface supérieure à celle de l'émetteur du quatrième transistor.

La troisième branche série peut être agencée pour être traversée par un courant sensiblement égal au courant d'entrée. Ceci permet d'alimenter le circuit de compensation sans avoir à produire spécifiquement une valeur de courant. Comme il est facile de choisir un courant de compensation inférieur au courant d'entrée, une alimentation du circuit de compensation à partir d'un courant égal au courant d'entrée est toujours suffisante.

La première branche série peut comporter une quatrième résistance en série avec la première résistance, le compensateur de courant présentant alors une entrée connectée à un point commun à la première et à la quatrième résistance. Ceci permet de disposer d'un paramètre supplémentaire pour déterminer la compensation.

La source de courant peut présenter une branche d'entrée présentant une résistance d'entrée et formant un deuxième miroir de courant avec la première branche série. On peut ainsi réaliser un interface tampon ayant une impédance d'entrée fixe ou programmable et empêchant les interférences de la sortie vers l'entrée de l'interface.

L'invention concerne également un amplificateur de puissance, la résistance d'entrée étant constituée par un pont diviseur dont le point milieu constitue l'entrée de l'amplificateur.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple

non limitatif, en liaison avec les dessins qui représentent :

- la figure 1, une source de courant à rapport élevé entre courant de sortie et courant d'entrée et mettant en oeuvre un amplificateur opérationnel,
- la figure 2, une source de courant selon un mode préféré de réalisation de l'invention,
- la figure 3, une variante simplifiée du circuit de compensation de la figure 2,
- la figure 4, un amplificateur de puissance comprenant une source de courant selon l'invention.

Selon la figure 1, un amplificateur opérationnel AP présente à son entrée non inverseuse une résistance R et une résistance R' à sa sortie B (émetteur d'un transistor T monté en émetteur-suiveur), connectée à l'entrée inverseuse de l'amplificateur AP. Un courant d'entrée i est injecté à l'entrée A et traverse la résistance R. L'amplificateur AP maintenant égales les tensions en A et en B, on a :

$$G = \frac{I}{i} = \frac{R}{R'}$$

Le rapport G est défini avec une bonne précision, mais par contre un amplificateur opérationnel nécessite de nombreux composants et pose des problèmes de stabilité et de réponse en fréquence.

Selon la figure 2, un transistor T₁ de type pnp a son émetteur relié à une source de tension d'alimentation V_{cc} à travers deux résistances en série R₁ et R₂, et sa base (point D) à celle d'un transistor T₂ de type pnp dont l'émetteur est relié à la source de tension V_{cc} à travers une résistance R₃ et dont le collecteur fournit un courant de sortie I. Un transistor npn T₁₀ a sa base connectée au collecteur du transistor T₁, son collecteur à la base des transistors T₁ et T₂ et son émetteur au pôle de mode commun (masse). Les transistors T₁ et T₂ forment un miroir de courant dans le rapport G entre les courants I et i, mais avec une dépendance thermique importante si les deux transistors ne sont pas dans des rapports de dimension correspondant au rapport G, c'est-à-dire que l'émetteur du transistor T₂ a une surface efficace égale à G fois celle de l'émetteur du transistor T₁.

Un miroir de courant d'entrée comporte en série entre la source de tension V_{cc} et le pôle de mode commun une résistance R₅ et le trajet de courant principal d'un transistor npn T₁₅ monté en diode par court-circuit base-collecteur. La base du transistor T₁₅ est connectée à celle d'un transistor npn T₁₄ dont le trajet de courant principal est en série entre le collecteur du transistor T₁ et la masse. Pour des transistors T₁₄ et T₁₅ identiques, le même courant d'entrée i traverse leurs trajets de courant principal.

L'idée de base de l'invention est de faire passer dans la branche d'entrée un courant de compensation i₀ propre à corriger la dépendance thermique du rapport G. Il n'est alors plus nécessaire d'utiliser des transistors T₁ et T₂ de dimensions différentes. Pour le calcul on a choisi la configuration suivante :

- le courant i₀ traverse la résistance R₁,
- les transistors T₁ et T₂ ont pour constantes de courant caractéristiques respectivement i_{s1} et i_{s2}, c'est-à-dire i_{s1} = i_{s2} si T₁ et T₂ sont nominalement identiques.

Les transistors T₁ et T₂ ayant leur trajet de courant principal traversé respectivement par les courants i et I, leurs tensions base-émetteur respectivement V_{BET1} et V_{BET2} ont pour valeur :

$$V_{BET1} = V_T \log \frac{i}{i_{s1}}$$

$$V_{BET2} = V_T \log \frac{I}{i_{s2}}$$

$$V_T = \frac{kT}{q}$$

k = constante de Boltzmann

q = charge de l'électron

T = température absolue

En écrivant l'égalité des tensions au point D, on a alors :

$$R_1(i+i_0) + R_2i + V_T \log \frac{i}{i_{s1}} = R_3I + V_T \log \frac{I}{i_{s2}}$$

soit :

$$(R_1 + R_2)i - R_3 I = V_T \log \frac{I}{i} \frac{i_{s1}}{i_{s2}} - R_1 i_0$$

On aura compensation pour :

$$R_1 i_0 = V_T \log \frac{I}{i} \frac{i_{s1}}{i_{s2}}$$

et donc

$$G = \frac{I}{i} = \frac{R_1 + R_2}{R_3} \quad (1)$$

Pour réaliser le compensateur, le point commun F aux résistances R_1 et R_2 est connecté au collecteur d'un transistor npn T_5 dont le trajet de courant principal est en série avec celui d'un transistor T_6 de même type et une résistance R_4 dont une borne est à la masse. La base du transistor T_5 est connectée à celle d'un transistor npn T_3 monté en diode et dont le trajet de courant principal est en série avec celui d'un transistor T_4 dont l'émetteur est à la masse. La base du transistor T_4 est connectée au collecteur du transistor T_6 et le collecteur du transistor T_4 est connecté à la base du transistor T_6 . La branche série constituée par les transistors T_3 et T_4 est alimentée par une source de courant d'intensité arbitraire, ici choisie égale au courant d'entrée i pour simplifier le circuit. Il suffit en effet d'un transistor T_{13} de type npn dont la base est connectée à celle du transistor T_{14} (et du transistor T_{15}), dont l'émetteur est à la masse et dont le collecteur est connecté à celui d'un transistor pnp T_{11} dont l'émetteur est connecté à la source de tension V_{cc} et qui est monté en diode par interconnexion base-collecteur. En connectant ce point d'interconnexion base-collecteur du transistor T_{11} à la base d'un transistor pnp T_{12} dont le trajet de courant principal est en série avec celui du transistor T_3 , et dont l'émetteur est connecté à la source de tension V_{cc} , on obtient un miroir de courant faisant circuler le courant i dans la branche série T_3, T_4 .
Le courant i_0 a pour valeur :

$$R_4 i_0 = V_T \log \frac{i_{s6}}{i_{s4}}$$

i_{s4} et i_{s6} étant les constantes de courant caractéristiques des transistors respectivement T_4 et T_6 . Le rapport i_{s4}/i_{s6} est égal au rapport des surfaces efficaces des émetteurs respectivement de T_6 et de T_4 .

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{\log \frac{I}{i} \frac{i_{s1}}{i_{s2}}}{\log \frac{i_{s6}}{i_{s4}}} \quad (2)$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} G &= 100 & i_{s1} &= i_{s2} & i_{s6} &= 2i_{s4} \\ R_1 + R_2 &= 100 R_3 & R_1 &= 6,64 R_4 \end{aligned}$$

Selon la figure 3, la compensation par le courant i_0 est obtenue par un circuit plus simple que précédemment, en ce que le transistor T_6 est omis et que le transistor T_4 est monté en diode. La

compensation n'est qu'approchée et une condition est que i_0 soit très voisin de i . On a alors :

$$i_0 = \frac{V_T}{R_4} \log \frac{i}{i_{s4}}$$

La figure 4 présente un amplificateur de puissance mettant en oeuvre une source de courant telle que définie ci-dessus. La résistance R_5 est remplacée par deux résistances en série R'_5 et R''_5 dont le point milieu constitue l'entrée E de l'amplificateur. On obtient donc un gain en tension égal à $R_1 + R_2/R''_5$, et un gain en courant égal à G.

Exemple :

$$\begin{aligned} R'_5 &= 1 \text{ M}\Omega & R''_5 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_1 + R_2 &= 100 \text{ k}\Omega & R_3 &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

On remarque que dans la description précédente, le courant i_0 était introduit au point F commun aux résistances R_1 et R_2 de la branche d'entrée. Comme la compensation est réalisée par introduction d'une chute de tension additionnelle dans la branche d'entrée, celle-ci peut s'effectuer en tout point de celle-ci. En particulier, il pourrait n'y avoir qu'une résistance R_1 ($R_2 = 0$). La présence de la résistance R_2 permet de faciliter le choix des valeurs.

Revendications

1. Source de courant présentant un rapport donné entre un courant de sortie I et un courant d'entrée i et comprenant une première branche série comportant une première résistance en série avec le trajet de courant principal d'un premier transistor, de manière à être traversée par le courant d'entrée i , et une deuxième branche série comportant une deuxième résistance en série avec le trajet de courant principal d'un deuxième transistor pour délivrer le courant de sortie I , le premier et le deuxième transistors étant agencés de manière à former un premier miroir de courant, caractérisée en ce qu'elle comporte un circuit de compensation disposé de manière à faire passer, au moins dans une partie de la première branche série, un courant de compensation (i_0) dépendant linéairement de la température, de manière à produire dans la première branche série une chute de tension, de compensation à peu près proportionnelle au logarithme du produit des rapports des courants de sortie (I) et d'entrée (i) par le rapport des constantes de courant caractéristiques respectivement du premier (T_1) et du deuxième (T_2) transistor, avec un facteur de proportionnalité égal au voltage thermique (V_T).
2. Source de courant selon la revendication 1, caractérisée en ce que le circuit de compensation comporte une troisième branche série comportant les trajets de courant principal d'un troisième transistor (T_3) monté en diode et d'un quatrième transistor (T_4) ainsi qu'une quatrième branche série comportant le trajet de courant principal d'un cinquième transistor (T_5) dont la base est connectée à celle du troisième transistor (T_3) et une troisième résistance (R_4).
3. Source de courant selon la revendication 2, caractérisée en ce que le quatrième transistor (T_4) est monté en diode.
4. Source de courant selon la revendication 3, caractérisée en ce que la quatrième branche série comporte, entre le trajet de courant principal du cinquième transistor (T_5) et la troisième résistance (R_4), le trajet de courant principal d'un sixième transistor (T_6) dont la base est connectée au collecteur du quatrième transistor (T_4), dont le collecteur est connecté à la base du quatrième transistor (T_4), et dont l'émetteur a une surface supérieure à celle de l'émetteur du quatrième transistor (T_4).
5. Source de courant selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisée en ce que la troisième branche série est agencée pour être traversée par un courant sensiblement égal au courant d'entrée (i).

6. Source de courant selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la première branche série comporte une quatrième résistance (R_2) en série avec la première résistance (R_1) et en ce que le compensateur de courant comporte une entrée connectée à un point commun à la première (R_1) et la quatrième (R_2) résistance.

5

7. Source de courant selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte une branche d'entrée présentant une résistance d'entrée (R_5) et formant un deuxième miroir de courant avec la première branche série.

- 10 8. Amplificateur de puissance, caractérisé en ce qu'il comporte une source de courant selon la revendication 7 la résistance d'entrée étant constituée par un pont diviseur (R'_5 , R''_5) dont le point milieu constitue l'entrée (E) de l'amplificateur.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

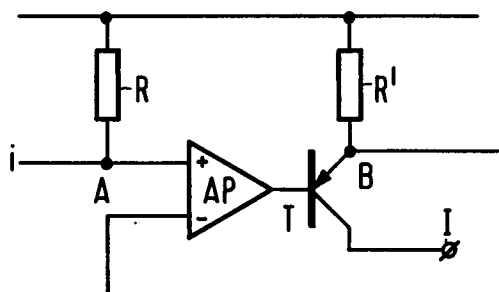


FIG. 1

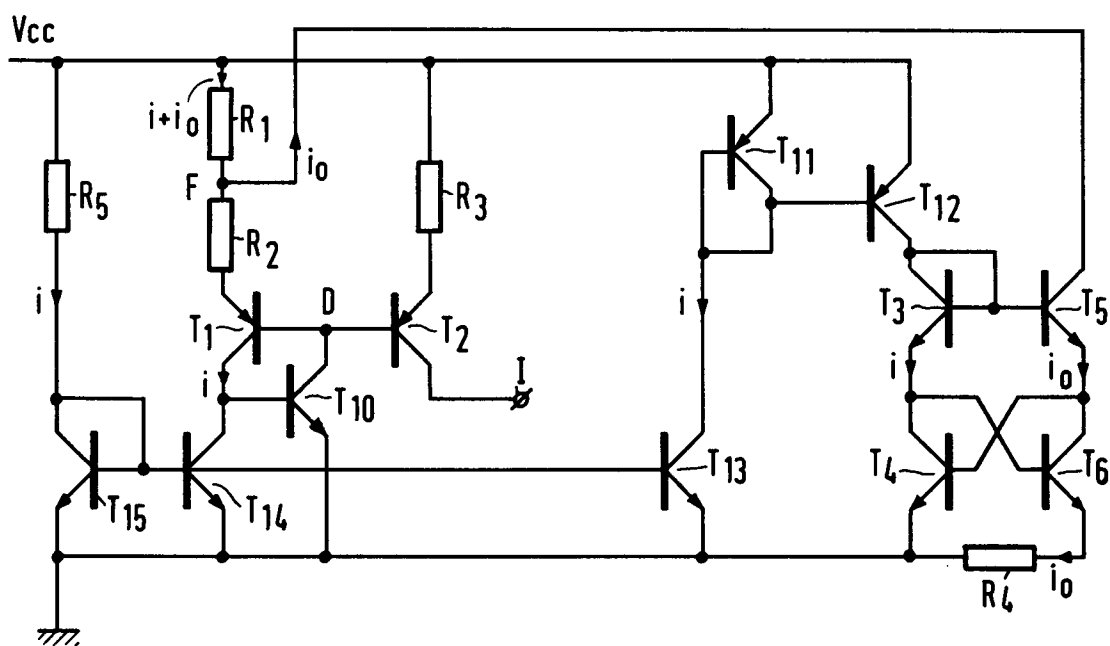


FIG. 2

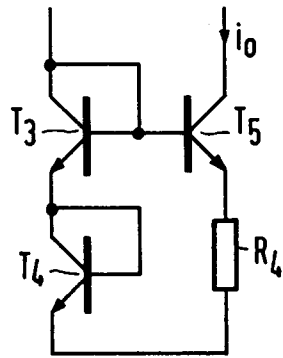


FIG. 3

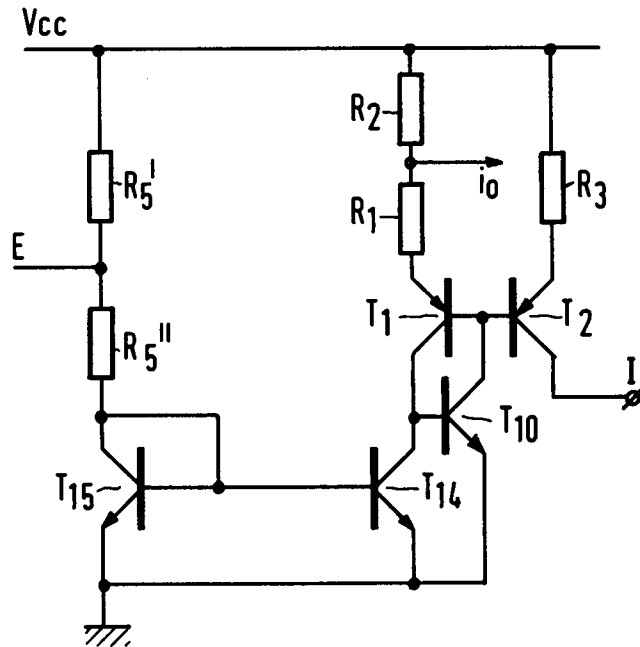


FIG. 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 20 2505

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	FR-A-239 719 (RCA CORPORATION) * page 8, ligne 9 - page 11, ligne 24; figure 2 * ---	1,2,8	G05F3/26
A	FR-A-2 325 979 (SGS-ATES COMPONENTI ELETTRONICI) * page 3, ligne 18 - page 6, ligne 6; figures 3-5 * ---	1,8	
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 26, no. 3B, Août 1983, NEW YORK US pages 1374 - 1376; D. D. MYRON ET AL.: 'Beta Compensated Current Mirror Circuit' * le document en entier * ---	1,8	
A	US-A-4 354 122 (EMBREE ET AL.) * colonne 1, ligne 36 - ligne 58 * * colonne 3, ligne 52 - colonne 4, ligne 56; figure 4 * -----	8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G05F H03F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 DECEMBRE 1991	Examineur SAAN L. J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	