

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 486 677

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 13514

(54) Circuit de référence de tension comportant une compensation de température.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 05 F 1/58; H 03 K 13/02.

(22) Date de dépôt..... 9 juillet 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 14 juillet 1980, n° 168,788.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 2 du 15-1-1982.

(71) Déposant : Société dite : RAYTHEON COMPANY, résidant aux EUA.

(72) Invention de : James C. Schmooch.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Lavoix,
2, place d'Estienne-d'Orves, 75441 Paris Cedex 09.

La présente invention concerne de façon générale les sources de référence de tension comportant une compensation de température, et elle porte plus particulièrement sur les sources de référence de tension comportant une compensation
5 de température qui comprennent des diodes zener.

On sait que les sources de référence de tension sont utilisées dans des circuits électroniques très divers, comme par exemple les circuits convertisseurs analogique-numérique et les circuits convertisseurs tension-fréquence.

10 Un type de source de référence de tension comprend une diode zener dont la jonction manifestant le claquage est formée sous la surface d'une couche semiconductrice qui constitue une partie d'un circuit intégré. Une diode zener de ce type est envisagée dans un article intitulé "I²L puts
15 it all together for 10-bit a-d converter chip" par Paul Brokaw, publié dans Electronics, 13 avril 1978, pages 99-105. La diode dite "diode zener enterrée de Kelvin" constitue un type spécial d'une telle diode zener enterrée et elle est caractérisée par le fait qu'elle comporte une borne d'anode
20 de détection et une borne d'anode principale, en plus de son électrode de cathode. Comme il est indiqué dans un article intitulé "Circuit Techniques For Achieving High-Speed Resolution A/D Conversion" par Peter Holloway et Michael Timko, 1979 IEEE International Solid State Circuits
25 Conference, Digest of Technical Papers, pages 136-137, on a constaté qu'une telle diode zener enterrée de Kelvin présente un coefficient de température qui varie en fonction du traitement de fabrication, d'une manière corrélée avec la variation de sa tension de claquage zener. On a utilisé
30 cette relation pour réaliser une source de référence de tension à diode zener enterrée, avec compensation de température. En particulier, comme l'indique le second article précité, on a représenté la variation de la tension de claquage zener en fonction de la température pour un
35 certain nombre de diodes zener et on a déterminé que toutes les courbes se coupent en un même point ou une même "température", T_K . On a conçu un réseau de compensation

pour additionner une tension V_{COMP} à la tension de claquage zener V_Z de telle manière que la tension de sortie résultante V_0 ait un coefficient de température nul. On a effectué ceci en établissant une famille de courbes de V_{COMP} en

5 fonction de la température, obtenue par ajustage d'une paire de résistances dans le circuit, de façon que les courbes de compensation aient un point d'intersection commun coïncidant avec le point où la "température" T_K qui correspond au point d'intersection commun des diodes

10 zener mentionné ci-dessus. Le circuit résultant utilise un amplificateur différentiel dont une première entrée est attaquée par l'électrode de détection d'une diode zener enterrée de Kelvin (c'est-à-dire la tension V_Z) et dont une seconde entrée est attaquée par le réseau de compensation

15 (c'est-à-dire la tension V_{COMP}).

Bien que le circuit décrit dans le second article précité assure une compensation de température pour la diode zener enterrée, ce circuit est relativement complexe du fait qu'il utilise un amplificateur différentiel et

20 il est en outre limité en ce qui concerne la plage des tensions de référence qu'il est possible d'obtenir.

Conformément à l'invention, un circuit de référence de tension comporte un premier circuit qui est destiné à produire une tension de sortie sur une borne de sortie, et

25 ce circuit comprend un dispositif générateur de tension de référence qui est connecté entre un potentiel prédéterminé et la borne de sortie, ce dispositif générateur de tension de référence produisant une tension de référence qui varie en fonction de la température sur une plage de température

30 prédéterminée. Il existe un circuit de compensation de température qui, sous l'effet d'un courant de compensation, produit une tension de compensation, en série avec la tension de référence et la tension de sortie, cette tension de compensation variant en fonction inverse de la

35 variation de la tension de référence, sur la plage de température prédéterminée, et le courant de compensation circule en série dans le dispositif générateur de tension de référence et dans les moyens qui produisent la tension

de compensation. Une telle configuration permet d'obtenir un circuit de référence de tension avec compensation de température, relativement simple, qui est capable de produire une tension de sortie dont la valeur est relativement
5 proche de celle de la tension produite par le dispositif générateur de tension de référence.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, un tel circuit de référence de tension comporte une source de courant qui est branchée à une première borne de façon
10 à appliquer à cette première borne un niveau de courant prédéterminé. Un élément de génération de tension de sortie, branché entre la première borne et une borne de sortie, produit une tension de sortie qui est liée au niveau du courant qui circule de la première borne vers l'élément de
15 génération de tension de sortie. Un circuit de régulation de courant est branché entre la borne de sortie et la première borne afin de commander le niveau du courant qui circule de la première borne vers l'élément de génération de tension de sortie, conformément à la tension de sortie
20 qui est produite sur la borne de sortie. Le circuit de régulation de courant comprend le circuit générateur de tension de référence branché en série entre la borne de sortie et un potentiel prédéterminé. La tension de sortie est liée à la tension de référence que produit le dispositif
25 générateur de tension de référence. La tension de référence varie en fonction de la température sur une plage de température prédéterminée. Il existe un circuit de compensation de température qui est branché à la borne de sortie et au dispositif générateur de tension de référence
30 afin de produire une tension de compensation, en série avec la tension de référence produite par le dispositif générateur de tension de référence. La tension de compensation ainsi produite varie en fonction de la température, sur la
35 plage prédéterminée, selon une variation inverse de la variation en fonction de la température du dispositif générateur de tension de référence. La tension de compensation est produite sous l'effet d'un courant de compensation qui circule en série dans le circuit de compensation de

température et dans le dispositif générateur de tension de référence.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif générateur de tension de référence est une

5 diode zener enterrée de Kelvin et cette diode zener comporte une cathode et une électrode d'anode de détection branchées en série entre la borne de sortie et un transistor. Le transistor comporte une électrode de base, une électrode d'émetteur et une électrode de collecteur. L'électrode de

10 base et l'une des électrodes d'émetteur et de collecteur sont branchées en série avec l'anode de détection et la cathode de la diode zener. Le circuit de compensation de température comprend : une première résistance qui est branchée en série entre la borne de sortie et une électrode

15 d'anode principale de la diode zener ; un second transistor dont les électrodes de collecteur et d'émetteur sont connectées en série à la première résistance et à l'électrode d'anode de détection de la diode zener, elles mêmes connectées en série ; et une seconde résistance connectée en série aux

20 électrodes de collecteur et d'émetteur, elles mêmes branchées en série, du second transistor. Ces première et seconde résistances sont choisies conformément au coefficient de température de la diode zener. Le circuit de compensation de température comporte un circuit diviseur de tension qui

25 est branché entre la borne de sortie et l'électrode de base du second transistor, ce circuit diviseur de tension comportant un élément résistif qui est choisi de façon à établir une tension de référence pratiquement constante sur la borne de sortie, à une température choisie à l'avance,

30 indépendamment des valeurs des première et seconde résistances.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 représente le schéma d'un circuit de

35 référence de tension correspondant à l'invention, et

La figure 2 représente la tension zener en fonction de la température pour plusieurs diodes zener.

On va maintenant considérer la figure 1 sur laquelle

on voit un circuit de source de tension avec compensation de température, 10, qui comprend une source de courant 12 branchée entre une source de tension $+V_{CC}$ (ici + 15 V) et une première borne 14, pour faire circuler un courant
5 prédéterminé vers la première borne 14. Un circuit générateur de tension 15, consistant ici en une paire de transistors 16, 18, branchés en paire Darlington, est branché entre la première borne 14 et une borne de sortie 20, comme il est représenté. Le circuit générateur de
10 tension 15 produit sur la borne de sortie 20 une tension V_R qui est liée au courant I_1 qui circule de la première borne 14 vers l'électrode de base du transistor 16. Un circuit de régulation de tension 22 comprenant un transistor 26 et une diode zener enterrée de Kelvin, 28, est branché
15 entre la borne de sortie 20 et la première borne 14, pour commander la valeur du courant qui circule de la première borne 14 vers le circuit de régulation de tension 22, c'est-à-dire le courant I_2 , conformément à la tension V_R qui est produite sur la borne de sortie 20. Du fait que
20 le courant I_1 qui circule vers le circuit générateur de tension 15 est égal à $I_0 - I_2$, le circuit de régulation de tension 22 maintient la tension V_R à un niveau constant prédéterminé. Plus particulièrement, si la tension de référence V_R tend à diminuer du fait des exigences d'une
25 charge (non représentée) qui est connectée à la borne de sortie 20, le courant I_2 qui est dirigé vers l'électrode de collecteur du transistor 26 diminue. Ainsi, du fait que $I_1 = I_0 - I_2$, le courant I_2 augmente ce qui rend plus positive la tension sur l'électrode de base du transistor
30 16, ceci ayant pour effet d'augmenter la tension sur la borne de sortie 20 et de maintenir la tension V_R à un niveau prédéterminé constant. Si au contraire la tension V_R tend à augmenter, le courant I_2 augmente et le courant I_1 diminue, ce qui tend à rendre plus négative la tension
35 sur l'électrode de base du transistor 16 et tend donc à diminuer la tension de sortie V_R , ce qui a pour effet de maintenir la tension V_R au niveau constant prédéterminé. La tension sur la borne V_R est liée à une tension de

référence ou de claquage V_Z que produit la diode zener 28 entre ses électrodes d'anode de détection (A) et de cathode (C). Du fait que cette tension de claquage V_Z varie en fonction de la température T, sur une plage de

5 température prédéterminée, il existe un circuit de compensation de température 30 qui est destiné à produire une tension de compensation V_C aux bornes d'une résistance R_C , branchée en série par rapport à la tension V_R . Cette tension de compensation V_C varie en fonction de la température, sur la

10 plage de température, d'une manière inverse de la variation en fonction de la température de la tension de claquage zener V_Z . Outre la résistance R_C , le circuit de compensation de température 30 comprend un circuit diviseur de tension et ce circuit diviseur de tension comprend une résistance

15 R_A , un transistor 36, un transistor 38 et deux résistances R_B et R_D , comme il est représenté.

On va maintenant considérer brièvement la figure 2 qui montre la variation de la tension de claquage V_Z en fonction de la température, pour plusieurs diodes zener

20 $28_1 - 28_4$. On notera que chacune des diodes $28_1 - 28_4$ a pratiquement la même "tension de claquage" $V_Z(T_K)$ en un point ou "température" T_K qui est pratiquement commun. On notera que le point ou "température" commun T_K est imaginaire et résulte des prolongements (représentés en

25 pointillés) des courbes de tension zener en fonction de la température (représentées en trait continu). Chaque diode a un coefficient de température S_Z différent (désigné ici par $S_{Z1} - S_{Z4}$), si bien que la tension de chacune des diodes zener $28_1 - 28_4$ peut s'exprimer en fonction de la

30 température T sous la forme suivante :

$$V_Z(T) = V_Z(T_K) + S_Z(T - T_K) \quad (1)$$

avec $T > 0^\circ K$

Dans la relation ci-dessus, on a : $V_Z(T_K) = 4,8$ volts et $T_K = -250^\circ K$ et les coefficients de température S_Z sont les

35 suivants :

$S_{Z1} = 1,753 \text{ mV}/^\circ K$; $S_{Z2} = 1,461 \text{ mV}/^\circ K$; $S_{Z3} = 1,292 \text{ mV}/^\circ K$;
 $S_{Z4} = 1,223 \text{ mV}/^\circ K$ pour les diodes respectives $28_1 - 28_4$.

En se reportant à nouveau à la figure 1, on note que la tension de sortie V_R peut s'exprimer en fonction de la température (T) sous la forme suivante :

$$V_R(T) = V_C(T) + V_1(T) + V_Z(T) \quad (2)$$

5 dans laquelle :

$V_1(T)$ = tension aux bornes de la jonction base - émetteur du transistor 26, en fonction de la température T ; et

$V_C(T)$ = tension développée aux bornes de la résistance R_C en fonction de la température T.

10 Du fait que les transistors 16, 18, 26, 36 et 38 sont appariés, puisqu'ils sont formés sur le même substrat monocristallin qui est ici un substrat de silicium (non représenté), en utilisant les techniques classiques des circuits intégrés, les tensions des jonctions base-émetteur
15 des transistors 18 et 36 sont mutuellement égales, ce qui fait que la tension sur l'électrode de base du transistor 38 est approximativement égale à $V_R(R_B/R_A)$, en désignant par R_A la valeur de la résistance R_A qui est connectée entre l'émetteur du transistor 36, dont l'électrode de
20 base est mise à la masse, et la base du transistor 38, et par R_B la valeur d'une résistance R_B qui est connectée entre une alimentation $-V_{CC}$ (soit ici - 15 V) et les électrodes de base et de collecteur des transistors 38, 36, comme il est représenté. Il s'ensuit que la tension qui
25 est développée aux bornes de la résistance R_D (c'est-à-dire la résistance qui est connectée entre l'électrode d'émetteur du transistor 38 et l'alimentation $-V_{CC}$) peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$V_D = [V_R (R_B/R_A) - V_2(T)] \quad (3)$$

30 dans laquelle $V_2(T)$ est la tension qui est produite aux bornes de la jonction base-émetteur du transistor 38, en fonction de la température.

Il s'ensuit donc que le courant qui circule dans la résistance R_D (qui est pratiquement égal au courant
35 de compensation circulant dans l'électrode de collecteur, soit ici I_C , du fait que le courant de base du transistor 38 est pratiquement nul), peut être représenté sous la forme :

$$I_C = V_D/R_D = [V_R(R_B/R_A) - V_2(T)] / R_D \quad (4)$$

En outre, du fait que le courant qui entre dans l'électrode de base du transistor 26 est pratiquement nul, la quasi-totalité du courant I_C circule en série dans la
 5 résistance R_C et la diode zener 28 (c'est-à-dire entre l'électrode de cathode et l'électrode d'anode principale (F)), ce qui fait qu'on peut exprimer la tension V_C sous la forme :

$$V_C = I_C R_C = R_C [V_R(R_B/R_A) - V_2(T)] / R_D \quad (5)$$

10 En outre, du fait que les transistors 26 et 38 sont appariés :

$$V_1(T) = V_2(T) = V_1(T_K) + S_T (T - T_K) \quad (6)$$

en désignant par $V_1(T_K)$ la tension aux bornes de la jonction base-émetteur de chacun des transistors 26 et 38, et par
 15 S_T le coefficient de température de cette jonction base-émetteur.

En reportant les équations (1), (5) et (6) dans l'équation (2), on peut récrire cette dernière sous la forme :

$$20 \quad V_R = R_C [(R_B/R_A) V_R - V_1(T_K) - S_T (T - T_K)] / R_D + V_1(T_K) + S_T (T - T_K) + V_Z(T_K) + S_Z (T - T_K) \quad (7)$$

L'équation (7) conduit à la condition suivante pour que V_R soit invariant vis-à-vis de la température :

$$-R_C S_T / R_D + S_T = -S_Z \quad (8)$$

25 soit, en récrivant l'équation (8) :

$$R_C / R_D = [S_T + S_Z] / S_T \quad (9)$$

Ainsi, d'après l'équation (8), du fait que le coefficient de température S_T a une valeur pratiquement constante indépendante du traitement de fabrication, soit

30 $S_T = -2,0 \text{ mV}/^\circ\text{K}$, une fois qu'on a mesuré le coefficient de température S_Z , on choisit le rapport des résistances R_C/R_D de façon à satisfaire l'équation (9).

La condition suivante consiste à faire en sorte que le circuit 10 produise la même tension de référence
 35 choisie à l'avance V_R , indépendamment du coefficient de

température S_Z de la diode zener 28. Par conséquent, si le rapport R_C/R_D est choisi conformément à l'équation (9), la tension de référence V_R , telle que l'exprime l'équation (7), est invariante vis-à-vis de la température, et on peut donc récrire l'équation (7) sous la forme suivante :

$$V_R = (R_C R_B V_R / R_D R_A) - (R_C V_1(T_K) / R_D) + V_1(T_K) + V_Z(T_K) \quad (10)$$

L'équation (10) permet de voir que V_R est fonction de R_B/R_A et R_C/R_D . On désire cependant choisir le rapport R_B/R_A de façon que la tension de référence V_R soit indépendante du rapport R_C/R_D . De cette manière, on peut régler la résistance R_C , comme par exemple avec les techniques classiques d'ajustage par laser, de façon que pour un rapport R_B/R_A donné (et pour une valeur R_D fixe), on puisse changer la valeur de cette résistance sans affecter la tension de référence V_R . On choisit donc la valeur de R_C en fonction seulement du coefficient de température de la diode zener, c'est-à-dire S_Z , de la manière décrite en relation avec l'équation (9).

Par conséquent, en récrivant l'équation (10) en fonction de R_B/R_A , on obtient :

$$R_B/R_A = [V_R + (R_C/R_D) V_Z(T_K) - V_1(T_K) - V_Z] / (R_C/R_D) V_R \quad (11)$$

L'équation (11) permet de voir que si :

$$V_R - V_1(T_K) - V_Z(T_K) = 0, \text{ on a alors :}$$

$$R_B/R_A = V_Z(T_K) / V_R \quad (12)$$

et ce rapport R_B/R_A est indépendant de la valeur de la résistance R_C . Ainsi, si $R_B/R_A = V_Z(T_K) / V_R$, la tension de référence V_R est indépendante de la valeur de la résistance R_C . Par conséquent, lorsque le circuit 10 représenté sur la figure 1 est fabriqué sous la forme d'un circuit intégré, on mesure le coefficient de température de la diode zener S_Z et on ajuste de façon correspondante la valeur de la résistance R_C , en employant par exemple les techniques classiques d'ajustage par laser, pour satisfaire l'équation (9). Plus précisément, lorsque par exemple $V_R = 7,0 \text{ V}$, alors que la valeur déterminée pour $V_Z(T_K)$ est de $1,75 \text{ V}$, le rapport R_B/R_A donné par l'équation (12) est : $R_B/R_A = 0,25$.

On prend donc ici $R_A = 36,5 \text{ k}\Omega$ et $R_B = 9,5 \text{ k}\Omega$. En outre, R_D est égal ici à $2,0 \text{ k}\Omega$, si bien que, conformément à l'équation (9) :

$$R_C = 2 \text{ k}\Omega [-2,0 \text{ mV}/^\circ\text{K} + S_Z]/(-2,0 \text{ mV}/^\circ\text{K})$$

- 5 Dans l'expression ci-dessus, S_Z est déterminé à partir des courbes représentées sur la figure 2 et la valeur R_C est ajustée au coefficient de température S_Z de la diode zener qui est fabriquée dans le circuit 10.

- On notera que le circuit décrit ci-dessus présente
- 10 une structure relativement simple du fait qu'il n'utilise qu'un seul transistor 26 entre la diode zener 28 et la première borne 14 pour commander ou réguler le niveau de la tension de sortie sur la borne de sortie 20. En outre, du fait que le courant de compensation I_C circule à la fois
- 15 dans la résistance de compensation R_C et dans la diode zener 28, la configuration du circuit 10 permet de produire une tension de sortie de valeur relativement proche de la tension de claquage zener.

- Il va de soi que de nombreuses modifications
- 20 peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Circuit de référence de tension comportant une compensation de température, caractérisé en ce qu'il comprend : (a) des moyens (15) destinés à produire une tension de sortie sur une borne de sortie (20) comprenant un dispositif générateur de tension de référence (28) branché entre un potentiel prédéterminé et la borne de sortie, ce dispositif générateur de tension de référence produisant une tension de référence qui varie en fonction de la température sur une plage de température prédéterminée ; et (b) des moyens (30) qui réagissent à un courant de compensation (I_C) en produisant une tension de compensation, en série avec la tension de référence et la tension de sortie, cette tension de compensation variant à l'inverse de la variation de la tension de référence sur la plage de température prédéterminée, et le courant de compensation circulant en série dans le dispositif générateur de tension de référence et les moyens de génération d'une tension de compensation.
2. Circuit de référence de tension comportant une compensation de température, caractérisé en ce qu'il comprend : (a) une source de courant (12) branchée à une première borne (14) afin de faire circuler un courant prédéterminé vers cette première borne ; (b) des moyens de génération de tension de sortie (15) branchés entre la première borne et une borne de sortie (20), de façon à produire une tension de sortie liée à la valeur du courant qui circule de la première borne vers les moyens de génération de tension de sortie ; (c) un circuit de régulation de courant (22), branché entre la borne de sortie et la première borne, dans le but de commander la valeur du courant qui circule de la première borne vers les moyens de génération de tension de sortie, conformément à la tension de sortie qui est produite sur la borne de sortie, ce circuit de régulation de courant comprenant un dispositif générateur de tension de référence (28) branché en série entre la borne de sortie et un potentiel prédéterminé, la tension de sortie étant liée à la tension de référence

que produit le dispositif générateur de tension de référence et la tension de référence variant en fonction de la température sur une plage de température prédéterminée ; et (d) un circuit de compensation de température (30) branché à la borne de sortie et au dispositif générateur de tension de référence, comprenant des moyens destinés à produire une tension de compensation, en série avec la tension de référence que produit le dispositif générateur de tension de référence, sous l'effet d'un courant de compensation, cette tension de compensation produite variant en fonction de la température sur la plage prédéterminée d'une manière inverse de la variation de la tension de référence en fonction de la température, et le courant de compensation circulant en série dans les moyens de génération de tension de compensation et dans le dispositif générateur de tension de référence.

3. Circuit de référence de tension comportant une compensation de température, selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif générateur de tension de référence comprend une diode zener (28).

4. Circuit selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de génération de tension de compensation comprennent des moyens résistifs.

5. Circuit de référence de tension comportant une compensation de température, caractérisé en ce qu'il comprend : (a) une source de courant (12) branchée à une première borne (14), de façon à faire circuler un courant prédéterminé vers cette première borne ; (b) des moyens de génération de tension de sortie (15), branchés entre la première borne et une borne de sortie (20), de façon à produire une tension de sortie liée à la valeur du courant qui circule de la première borne vers les moyens de génération de tension de sortie ; (c) une première résistance (R_C) connectée à la borne de sortie ; (d) un dispositif générateur de tension de référence (28) branché en série à la résistance ; (e) un premier transistor (26) qui comporte une électrode de base connectée au dispositif générateur de tension de référence, une électrode d'émetteur connectée

de façon à recevoir un potentiel prédéterminé et une électrode de collecteur connectée à la première borne ;
(f) un second transistor (36) qui comporte une électrode d'émetteur connectée aux moyens de génération de tension
5 de sortie, une électrode de base connectée de façon à recevoir le potentiel prédéterminé et une électrode de collecteur connectée à une seconde borne ; (g) un troisième transistor (38) qui comporte une électrode de base connectée à la seconde borne et une électrode de collecteur connectée
10 au dispositif générateur de tension de référence (28) ;
(h) une seconde résistance (R_B) connectée entre la seconde borne et un second potentiel prédéterminé; et (i) une troisième résistance (R_D) connectée entre une électrode d'émetteur du troisième transistor et le second potentiel
15 prédéterminé.

6. Circuit de référence de tension avec compensation de température selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif générateur de tension de référence est une diode zener (28) qui comporte : des électrodes d'anode de
20 détection (A) et de cathode (C) connectées en série entre l'électrode de base du premier transistor et la première résistance ; et une électrode d'anode principale (F) connectée à l'électrode de collecteur du troisième transistor.

7. Circuit de référence de tension comportant une
25 compensation de température selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de génération de tension de sortie (15) comprennent un quatrième transistor (16) et un cinquième transistor (18) qui comportent des électrodes de collecteur qui sont connectées à un troisième potentiel
30 prédéterminé ; le quatrième transistor comporte une électrode d'émetteur connectée à la fois à une électrode de base du cinquième transistor et à l'électrode d'émetteur du second transistor, et une électrode d'émetteur du cinquième transistor est connectée à la borne de sortie.

35 8. Circuit selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend une quatrième résistance (R_A) qui est connectée entre l'électrode d'émetteur du quatrième transistor et l'électrode d'émetteur du second transistor.

FIG. 1

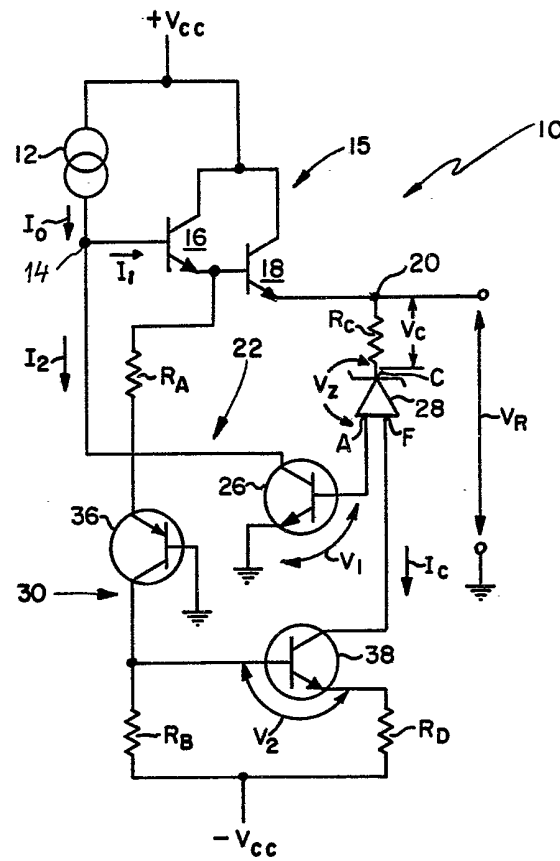


FIG. 2

