



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.05.2003 Bulletin 2003/22

(51) Int Cl.7: **G05F 3/26**

(21) Numéro de dépôt: **01204556.3**

(22) Date de dépôt: **26.11.2001**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeur: **Descombes, Arthur**
3210 Kerzers (CH)

(74) Mandataire: **Ravenel, Thierry Gérard Louis et al**
I C B,
Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
7, rue des Sors
2074 Marin (CH)

(71) Demandeur: **EM Microelectronic-Marin SA**
2074 Marin (CH)

(54) **Circuit de génération de courant pour applications haute-tension**

(57) Il est décrit un circuit générateur de courant (20) comprenant des moyens de génération (200, 202, 203) d'un courant de référence (I_{REF}) et un miroir de courant (210) relié à un premier potentiel d'alimentation (V_{HV}) et comportant une branche de référence (211) dans laquelle est appliqué le courant de référence et une branche de sortie (212) délivrant, à une sortie (B) dudit circuit générateur de courant, un courant de sortie (I_{OUT}) à l'image dudit courant de référence et dans un

rapport déterminé par rapport au dit courant de référence. Les moyens de génération du courant de référence comportent notamment un transistor MOSFET haute-tension (202) connecté en série par ses terminaux de drain et de source dans la branche de référence du miroir de courant. Le circuit générateur de courant comporte en outre des moyens de limitation (400) permettant de limiter à une valeur extrême le niveau de potentiel de la sortie (B) du circuit générateur de courant.

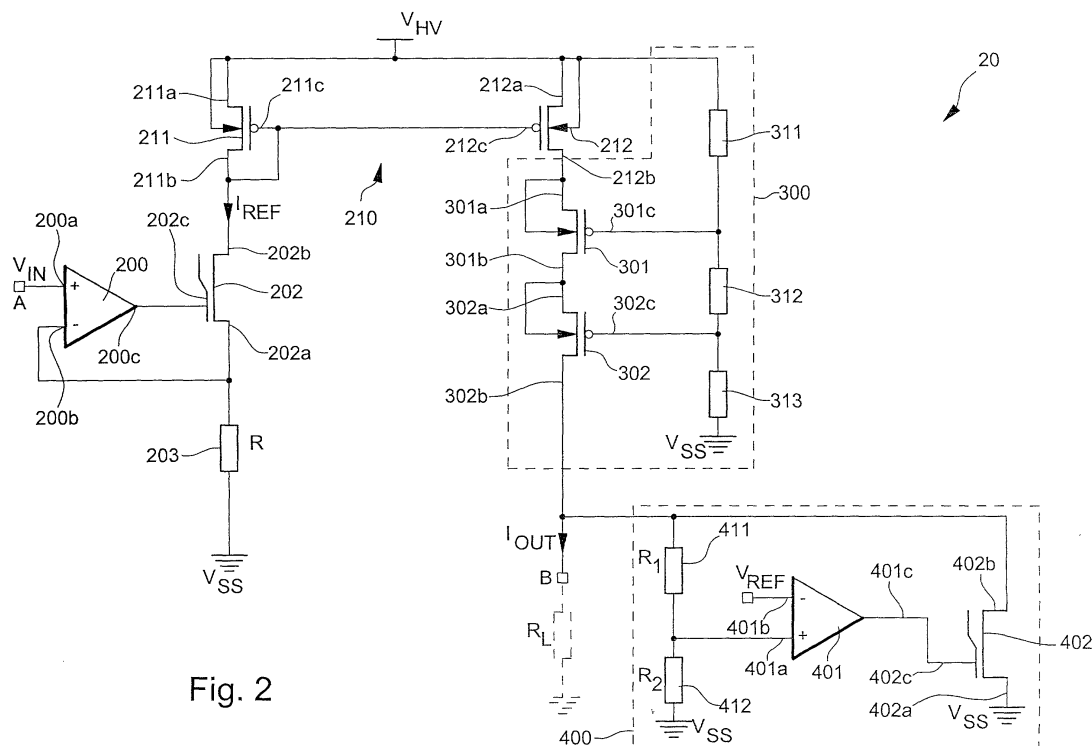


Fig. 2

Description

[0001] La présente invention concerne généralement le domaine des circuits générateurs de courant. Plus particulièrement, la présente invention se rapporte à circuit générateur de courant alimenté par une haute tension d'alimentation (de l'ordre d'une dizaine à quelques dizaines de Volts).

[0002] Les circuits générateurs de courant, communément connus sous les appellations « sources de courant » (« current sources ») ou « récepteurs de courant » (« current sinks ») sont des éléments importants dans la conception de nombreux circuits électriques et électroniques. La figure 1 montre un exemple d'un circuit générateur de courant typique repéré globalement par la référence numérique 10. Ce circuit générateur de courant 10 constitue un circuit générateur de courant commandé en tension.

[0003] Le circuit générateur de courant 10 comprend typiquement un moyen d'amplification formé d'un amplificateur opérationnel ou amplificateur différentiel 100, un transistor 102 et un élément résistif 103. L'amplificateur différentiel 100 comporte une borne d'entrée positive (entrée non inverseuse) 100a sur laquelle est appliquée une tension d'entrée désignée V_{IN} , une borne d'entrée négative (entrée inverseuse) 100b et une sortie 100c. On notera que la borne 100a de l'amplificateur différentiel 100 forme une borne d'entrée ou de commande A du circuit générateur de courant. Ce moyen d'amplification 100 fournit une tension à sa sortie 100c en réponse à la différence entre les tensions appliquées respectivement à ses première et seconde bornes d'entrée 100a et 100b.

[0004] Le transistor 102 est formé dans cet exemple d'un transistor n-MOS à effet de champ (n-MOSFET) dont la grille 102c est connectée à la sortie 100c de l'amplificateur différentiel 100. La source 102a du transistor 102 est connectée à l'entrée négative 100b de l'amplificateur différentiel 100 ainsi qu'à une première borne de l'élément résistif 103. L'autre borne de l'élément résistif 103 est connectée à un potentiel d'alimentation V_{SS} formant ici masse.

[0005] Selon le circuit générateur de la figure 1, la branche drain-source 102a-102b du transistor 102 est traversée par un courant désigné I_{REF} . On comprendra que l'amplificateur différentiel 100 modifie la tension à sa sortie 100c de sorte que la tension présente à son entrée négative 100b soit sensiblement égale à la tension présente à son entrée positive 100a, c'est-à-dire sensiblement égale à la tension d'entrée V_{IN} . La tension aux bornes de l'élément résistif 103 est ainsi sensiblement égale à la tension d'entrée V_{IN} , de sorte que le courant I_{REF} traversant la branche drain-source du transistor 102 est donné par $I_{REF} = V_{IN}/R$, où R est la valeur de résistance de l'élément résistif 103. Le courant I_{REF} généré est ainsi proportionnel à la tension d'entrée V_{IN} appliquée sur l'entrée positive 100a de l'amplificateur différentiel.

[0006] Le circuit générateur de la figure 1 comporte en outre un miroir de courant, désigné globalement par la référence 110, comprenant une branche de référence reliée à la source 102b du transistor 102 et au moins une branche de sortie délivrant un courant de sortie I_{OUT} à l'image du courant I_{REF} traversant la branche de référence. La branche de référence du miroir de courant 110 comporte typiquement un premier transistor p-MOSFET 111 dont la source 111a est reliée à un second potentiel d'alimentation, désigné V_{DD} , la grille 111c et le drain 111b de ce transistor étant tous deux connectés au terminal de drain 102b du transistor 102. La branche de sortie du miroir de courant 110 comporte quant à elle un second transistor p-MOSFET 112 dont la source 112a est reliée au potentiel V_{DD} , la grille 112c de ce transistor 112 étant reliée à la grille 111c du transistor 111 de la branche de référence. Le terminal de drain 112b du transistor 112 forme la borne de sortie B du circuit générateur de courant 10. Le courant I_{OUT} délivré sur cette sortie B est l'image du courant I_{REF} dans la branche de référence du miroir de courant dans un rapport déterminé par le dimensionnement des transistors 111 et 112.

[0007] Un inconvénient de la solution de la figure 1 réside dans le fait qu'elle n'est pas adaptée pour une utilisation dans des applications faisant appel à des tensions d'alimentation hautes. En particulier, pour des applications à haute-tension, les transistors 102 et 112 du circuit générateur de tensions pourraient être soumis à des tensions drain-source trop élevées qui entraîneraient le claquage de ces composants. Un autre inconvénient de cette solution pour des applications à haute-tension d'alimentation réside dans le fait que la borne de sortie B du circuit générateur pourrait être amenée à des niveaux de tension trop élevés pouvant potentiellement endommager les circuits connectés au circuit générateur de courant.

[0008] Un but de la présente invention est ainsi de proposer un circuit générateur de courant qui pallie notamment aux inconvénients susmentionnés. Un autre but de la présente invention est également de proposer une solution qui soit simple et relativement peu coûteuse à fabriquer.

[0009] La présente invention a ainsi pour objet un circuit générateur de courant dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 1.

[0010] Des modes de réalisations avantageux de la présente invention font l'objet des revendications dépendantes.

[0011] Selon l'invention, le courant de référence du circuit générateur de courant est ainsi avantageusement généré au moyen d'un transistor MOSFET haute-tension spécifique susceptible de voir à ses bornes une tension drain-source de l'ordre de quelques dizaines de Volts. De la sorte, les contraintes imposées sur le circuit du fait de la haute tension d'alimentation sont mieux tolérées. Le transistor MOSFET haute-tension utilisé est préférentiellement et avantageusement un transistor MOSFET à canal n (ou à canal p), comprenant un oxyde

de grille présentant une épaisseur plus importante du côté drain que du côté source et une zone tampon du côté drain constituée d'un caisson de type n (ou p).

[0012] Selon l'invention, le circuit générateur de courant comporte en outre avantageusement un circuit additionnel permettant de limiter le niveau de potentiel de la sortie (par rapport à un potentiel de référence) à un niveau maximal, afin d'éviter de causer des dégâts éventuels aux circuits reliés sur cette sortie, notamment lorsque aucune charge n'est connectée sur cette dernière.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels :

- la figure 1, déjà présentée, montre un diagramme schématique d'un circuit de génération de courant typique alimenté par une basse tension d'alimentation ;
- la figure 2 montre un mode de réalisation d'un circuit générateur de courant selon la présente invention ; et
- les figures 3a et 3b sont des vues en coupe schématiques de transistors MOSFET haute tension, respectivement à canal n et à canal p, réalisés selon un technologie CMOS standard.

[0014] La figure 2 montre un mode de réalisation d'un circuit générateur de courant selon la présente invention, désigné globalement par la référence numérique 20. A l'image du circuit de la figure 1, le circuit générateur de courant 20 comporte un amplificateur différentiel 200, un transistor 202, un élément résistif 203 et un miroir de courant 210 comportant des premier et second transistors p-MOSFET 211, 212 connectés à la manière des éléments 100, 102, 103, 111 et 112 de la figure 1. A la différence du circuit précédent, le transistor 202 est un transistor MOSFET haute-tension spécifique. Ce transistor MOSFET haute-tension 202, ici du type à canal n, est déjà connu de l'homme du métier. La particularité de ce transistor haute-tension 202 réside notamment dans la structure spécifique de l'oxyde de grille qui présente une épaisseur plus importante du côté drain que du côté source ainsi que dans la présence d'une zone tampon du côté drain constituée d'un caisson de type n (ou p pour un transistor MOSFET haute-tension à canal p).

[0015] Les figures 3a et 3b montrent respectivement les schémas d'un transistor MOSFET à canal n haute tension, ou HVNMOS, et d'un transistor MOSFET à canal p haute-tension, ou HVPMOS. Les transistors HVNMOS présentent notamment l'avantage d'une tension de claquage élevée typiquement supérieure à 30 Volts. Un autre avantage de ce type de transistor réside dans le fait que leur fabrication est parfaitement compatible avec la technologie CMOS standard.

[0016] Pour de plus amples détails concernant ce type de transistors haute-tension, on pourra notamment se référer à l'article de MM. C. Bassin, H. Ballan et M. Declercq intitulé « High-Voltage Devices for 0.5- μ m Standard CMOS Technology », IEEE Electron Device Letters, vol. 21, No. 1, Janvier 2000, relatif à la fabrication de tels transistors haute-tension en technologie 0.5 microns. A titre d'exemple, il ressort de la Table 1 de ce document qu'un transistor MOSFET haute-tension à canal n ayant une tension de claquage de l'ordre de 30 Volts peut être réalisé en technologie CMOS standard sans que cela ne nécessite de masques ou d'implants additionnels.

[0017] En se référant à nouveau à la figure 2, le transistor MOSFET haute-tension 202 est ainsi connecté par son terminal de drain 202b au terminal de drain 211b du transistor p-MOS 211 du miroir de courant 210 et par son terminal de source 202 à l'élément résistif 203.

[0018] L'alimentation du circuit générateur de courant de la figure 2 est assurée par une haute-tension d'alimentation $V_{HV} - V_{SS}$ de l'ordre d'une dizaine à quelques dizaines de Volts. A titre d'exemple non limitatif, c'est tension d'alimentation est de l'ordre de 15 Volts. Cette tension d'alimentation peut par exemple être délivré au moyen d'un circuit régulateur haute-tension. Un tel régulateur haute-tension comprenant un dispositif externe de régulation est par exemple décrit dans la demande de brevet européen No. 01202429.5 déposée le 25 juin 2001, également au nom du présent Déposant.

[0019] Selon l'invention, on comprendra que l'utilisation du transistor MOSFET haute-tension 202 dans la branche de référence du miroir de courant 210 permet de prévenir un claquage éventuel des composants dans cette branche de référence. Par ailleurs, en raison de la tension de claquage élevée du transistor 202 (de l'ordre de 30 Volts), le circuit présente une grande flexibilité d'utilisation vis-à-vis de la tension d'alimentation $V_{HV} - V_{SS}$.

[0020] Selon l'invention, le circuit générateur de courant 20 comporte en outre des moyens, repérés globalement par la référence numérique 400, permettant de limiter le niveau de potentiel de la sortie B du circuit sur laquelle est délivré le courant de sortie I_{OUT} à un niveau de potentiel extrême déterminé, notamment dans le cas où la sortie n'est connectée à aucun circuit (circuit ouvert - résistance de charge R_L infinie). Dans l'exemple illustré, ces moyens 400 sont agencés pour limiter le niveau de potentiel de la sortie B à une valeur maximale, désignée $V_{OUT,MAX}$, fixée à titre d'exemple purement illustratif à 10 Volts.

[0021] Les moyens 400 comportent ainsi un circuit diviseur de tension formé dans cet exemple d'un diviseur résistif comprenant des premier et second éléments résistifs 411 et 412, de valeur R_1 et R_2 , connectés entre la borne de sortie B et un troisième potentiel de référence, choisi égal au potentiel d'alimentation V_{SS} formant masse. Le noeud de connexion entre les éléments résistifs 411 et 412 est relié à une borne d'entrée positive

(borne non inverseuse) 401a d'un second amplificateur différentiel 401, une tension de référence V_{REF} étant appliquée sur la borne d'entrée négative (borne inverseuse) 401b de cet amplificateur différentiel 401. On notera que la tension de référence V_{REF} (au même titre que la tension d'entrée V_{IN} du circuit générateur de courant) peut par exemple être une référence de tension stable en température de type « bandgap » bien connue de l'homme du métier (la tension dite de bandgap est une tension de l'ordre de 1,2 Volts).

[0022] La borne de sortie 401c de l'amplificateur différentiel 401 est reliée à la grille 402c d'un second transistor MOSFET haute-tension, également de type à canal n, dont le drain est reliée à la sortie B du circuit générateur de courant 20 et la source est reliée au potentiel d'alimentation V_{SS} . Les valeurs R_1 et R_2 des éléments résistifs 411 et 412 sont choisies de manière à fixer le niveau de potentiel de la sortie B à la valeur extrême (ici maximale) $V_{OUT,MAX}$ désignée plus haut. Les valeurs R_1 et R_2 des éléments résistifs 411, 412 sont en outre choisies de manière à limiter le courant circulant dans cette branche. A titre d'exemple numérique purement illustratif, le dimensionnement des composants du circuit générateur de courant peut être choisi de sorte que le courant de sortie I_{OUT} délivré soit de l'ordre de 10 mA. Pour une tension de référence V_{REF} de l'ordre de 1,2 Volts appliquée sur l'entrée négative de l'amplificateur différentiel 401, des valeurs de résistances R_1 et R_2 respectivement égale à 88 k Ω et 12 k Ω permet de fixer le niveau de potentiel maximal de la sortie B à 10 Volts, tout en ne prélevant qu'un courant maximal de l'ordre de 0,1 mA dans la branche du circuit diviseur de tension résistif.

[0023] Les moyens 400 assure ainsi que le niveau de potentiel de la sortie B du circuit générateur de courant ne dépasse pas la valeur $V_{OUT,MAX}$ définie à 10 Volts dans ce cas de figure. En effet, dès lors que le niveau de potentiel de la sortie dépasse le seuil fixé, la sortie de l'amplificateur différentiel commande l'activation du transistor MOSFET haute-tension 402 pour contrebalancer cette augmentation et maintenir la sortie B au niveau de potentiel maximum défini.

[0024] Outre les moyens 400, le circuit générateur de courant 20 comporte en outre préféablement des moyens de protection 300 pour éviter le claquage notamment du transistor 212 de la branche de sortie du miroir de courant 210, par exemple dans l'éventualité d'un court-circuit à la masse de la sortie B du circuit générateur de courant. Ces moyens de protection 300 peuvent par exemple comprendre un montage cascode d'un ou plusieurs transistors connectés dans la branche de sortie du miroir de courant 210. Dans cet exemple, pour une tension d'alimentation $V_{HV} - V_{SS}$ de l'ordre de 15 Volts, deux transistors additionnels 301 et 302 connectés en série avec le transistor 212 suffisent. Un circuit diviseur résistif 311, 312, 313 permet de fixer les potentiels de grille des transistors 301 et 302 à des niveaux adéquats, par exemple de 10 et 5 Volts respec-

tivement.

[0025] On comprendra que les moyens de protection 300 permettent de distribuer la tension de la branche de sortie et d'éviter que les tensions grille-source, grille-drain et drain-source des transistors de cette branche ne dépassent une valeur maximum, dans le cas le plus défavorable où une charge nulle (court-circuit - $R_L = 0$) est connectée sur la sortie B du circuit générateur.

[0026] On comprendra par ailleurs que les moyens 400 empêchent que le potentiel de la sortie B puisse monter vers V_{HV} (dans le cas d'une résistance de charge R_L infinie), ce qui aurait pour conséquence, par exemple, que la tension grille-drain du transistor 302 puisse dépasser une valeur critique.

[0027] Les moyens 300 et 400 agissent ainsi de manière complémentaire afin d'assurer l'intégrité de composants du circuit générateur de courant selon la présente invention.

[0028] Alternativement, les moyens de protection 300 pourraient parfaitement comprendre un troisième transistor MOSFET haute-tension du type des transistors 202 et 402 connecté en série par ses terminaux de drain et de source dans la branche de sortie du miroir de courant 210.

[0029] On comprendra que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour l'homme du métier peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits dans la présente description sans sortir du cadre de l'invention défini par les revendications annexées.

[0030] A titre d'amélioration, on pourra par exemple améliorer la stabilité du courant de sortie en fonction de la température au moyen du procédé et du dispositif décrits dans la demande de brevet européen No. 00202059.2 du 13.06.2000, intitulée « Procédé de génération d'un courant sensiblement indépendant de la température et dispositif permettant de mettre en oeuvre ce procédé », également au nom du présent Déposant.

Revendications

1. Circuit générateur de courant (20) comprenant des moyens de génération (200, 202, 203) d'un courant de référence (I_{REF}) et un miroir de courant (210) relié à un premier potentiel d'alimentation (V_{HV}) et comportant une branche de référence (211) dans laquelle est appliqué ledit courant de référence (I_{REF}) et une branche de sortie (212) délivrant, à une sortie (B) dudit circuit générateur de courant, un courant de sortie (I_{OUT}) à l'image dudit courant de référence (I_{REF}) et dans un rapport déterminé par rapport au dit courant de référence (I_{REF}),
lesdits moyens de génération du courant de référence comportant
 - un transistor MOSFET (202) comprenant des terminaux de drain, de source et de grille, ce

transistor MOSFET (202) étant connecté par ses terminaux de drain et de source en série dans ladite branche de référence (211) ;

- un élément résistif (203) connecté entre le terminal de source dudit transistor MOSFET (202) et un second potentiel d'alimentation (V_{SS}) ; et
- un amplificateur différentiel (200) comportant une première entrée reliée à une tension d'entrée de référence (V_{IN}), une seconde entrée reliée au dit terminal de source du transistor MOSFET (202), et une sortie reliée au dit terminal de grille du transistor MOSFET,

caractérisé en ce que ledit transistor MOSFET (202) est un transistor MOSFET haute-tension et **en ce que** le circuit générateur de courant (20) comporte en outre des moyens de limitation (400) permettant de limiter à une valeur extrême le niveau de potentiel de ladite sortie (B) du circuit générateur de courant.

2. Circuit générateur de courant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de limitation (400) comportent :

- un circuit diviseur de tension (411, 412) connecté entre ladite sortie (B) du circuit générateur de courant et un troisième potentiel d'alimentation (V_{SS}), et délivrant en sortie une tension divisée proportionnelle, dans un rapport déterminé, au niveau de potentiel de ladite sortie (B) du circuit générateur de courant ;
- un second transistor MOSFET haute-tension (402) comprenant des terminaux de drain, de source et de grille, ce second transistor MOSFET haute-tension étant connecté par ses terminaux de drain et de source entre ladite sortie (B) du circuit générateur de courant ledit troisième potentiel d'alimentation (V_{SS}) ; et
- un second amplificateur différentiel (401) comportant une première entrée reliée à une tension de référence (V_{REF}), une seconde entrée reliée à la sortie dudit circuit diviseur de tension (411, 412), et une sortie reliée au terminal de grille dudit second transistor MOSFET haute-tension (402).

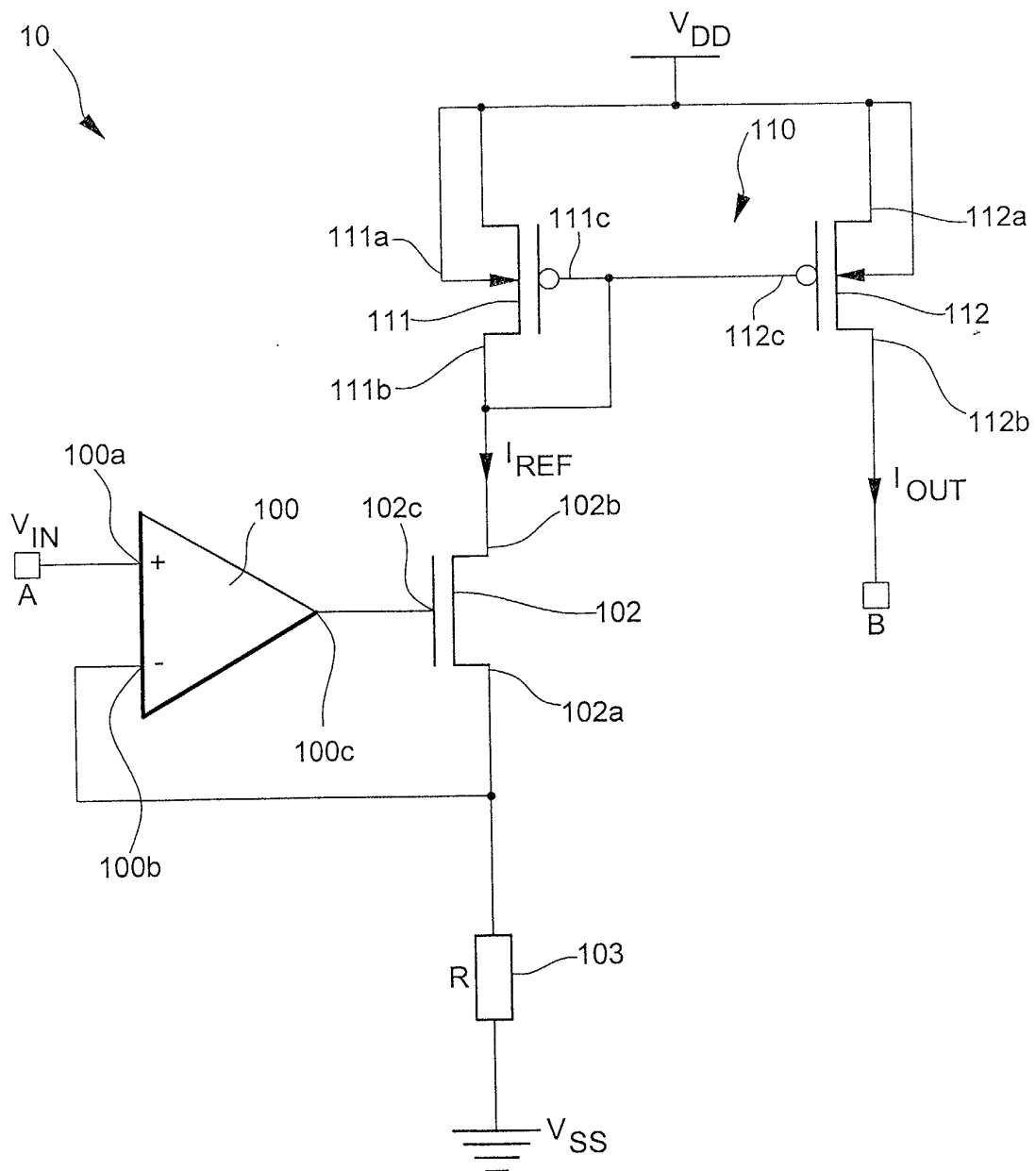
3. Circuit générateur de courant selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ledit circuit diviseur de tension (411, 412) est un circuit diviseur résistif.

4. Circuit générateur de courant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ou lesdits transistors MOSFET haute-tension sont des transistors MOSFET à canal n ou p, comprenant un oxyde de grille présentant une épaisseur plus importante du côté drain que du côté source et une zone tampon du côté drain constituée

d'un caisson de type n ou p.

5. Circuit générateur de courant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite branche de sortie (212) du miroir de courant (210) comporte en outre un montage cascode de un ou plusieurs transistors (301, 302).
6. Circuit générateur de courant selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** ladite tension de référence (V_{REF}) appliquée sur la première entrée du second amplificateur différentiel (401) est dérivée d'une référence de tension stable en température de type bandgap.
7. Circuit générateur de courant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite tension d'entrée de référence (V_{IN}) appliquée sur la première entrée du premier amplificateur différentiel (200) est dérivée d'une référence de tension stable en température de type bandgap.

Fig.1
(ART ANTERIEUR)



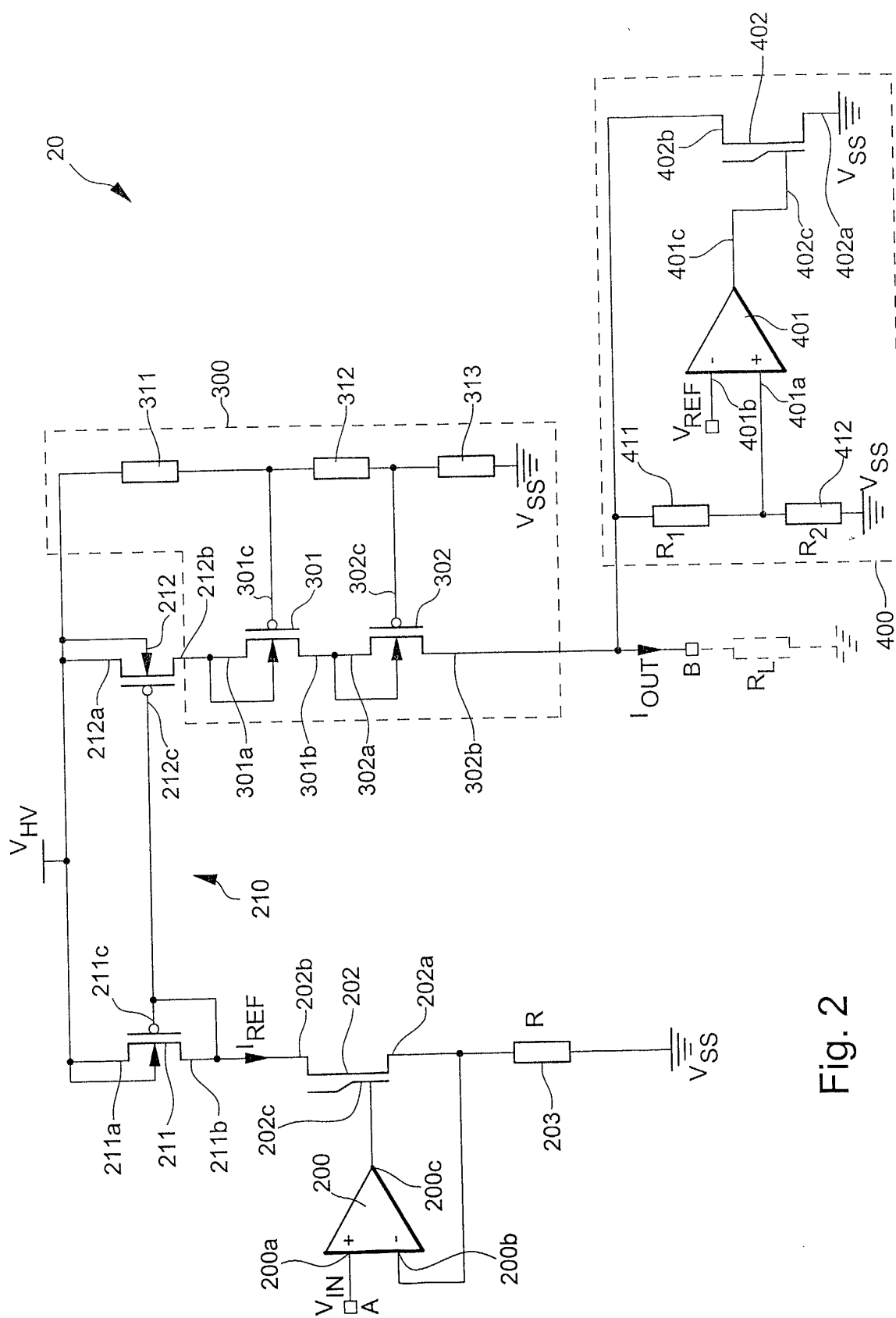


Fig. 2

Fig.3a

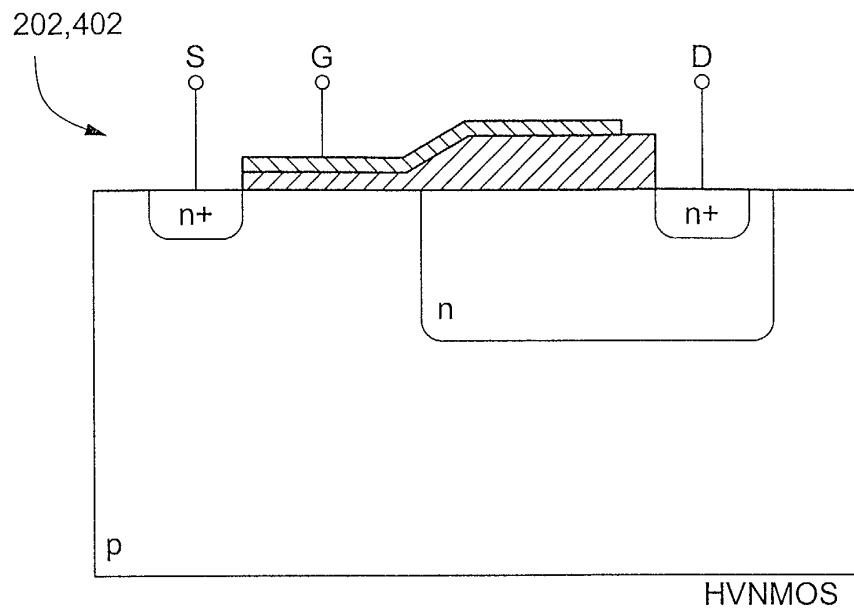
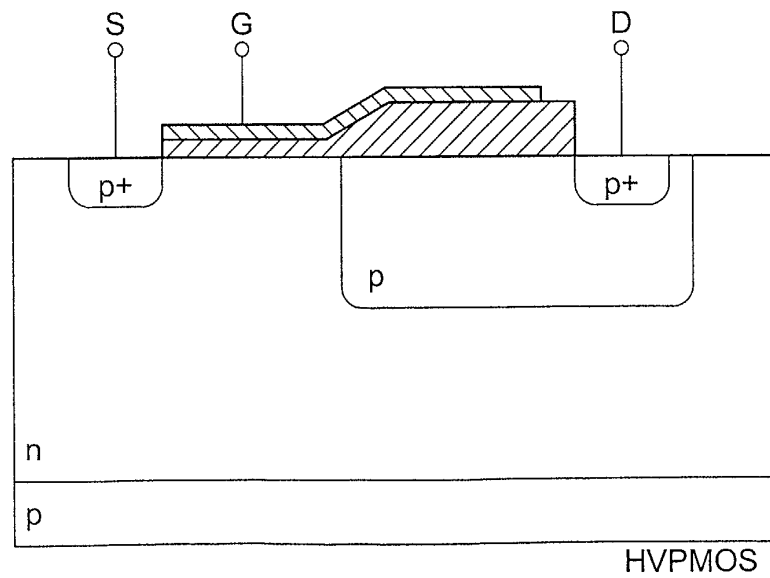


Fig.3b





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 20 4556

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
A	US 6 087 820 A (STAHL ERNST J ET AL) 11 juillet 2000 (2000-07-11) * le document en entier * ---	1-7	G05F3/26
A	US 6 057 727 A (ROUZIER THIERRY ET AL) 2 mai 2000 (2000-05-02) * le document en entier * ---	1-7	
A	EP 0 319 047 A (NISSAN MOTOR) 7 juin 1989 (1989-06-07) * abrégé * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			G05F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12 avril 2002	Examineur Schobert, D
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			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 20 4556

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

12-04-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6087820	A	11-07-2000	CN 1271116 A	25-10-2000
			EP 1035460 A1	13-09-2000
			JP 2000330658 A	30-11-2000
US 6057727	A	02-05-2000	FR 2770004 A1	23-04-1999
EP 0319047	A	07-06-1989	JP 1147854 A	09-06-1989
			EP 0319047 A2	07-06-1989
			US 4928159 A	22-05-1990

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82