



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **92401404.6**

(51) Int. Cl.⁵ : **G05F 3/22, G05F 1/56**

(22) Date de dépôt : **22.05.92**

(30) Priorité : **14.06.91 FR 9107320**

(72) Inventeur : **Masson, Gilles**
THOMSON-CSF, SCPI, Cédex 67
F-92045 Paris la Défense (FR)

(43) Date de publication de la demande :
16.12.92 Bulletin 92/51

(74) Mandataire : **Taboureau, James et al**
THOMSON-CSF SCPI B.P. 329
F-92402 COURBEVOIE CEDEX (FR)

(84) Etats contractants désignés :
DE GB IT NL

(71) Demandeur : **THOMSON COMPOSANTS**
MILITAIRES ET SPATIAUX
50, rue J.P. Timbaud
F-92400 Courbevoie (FR)

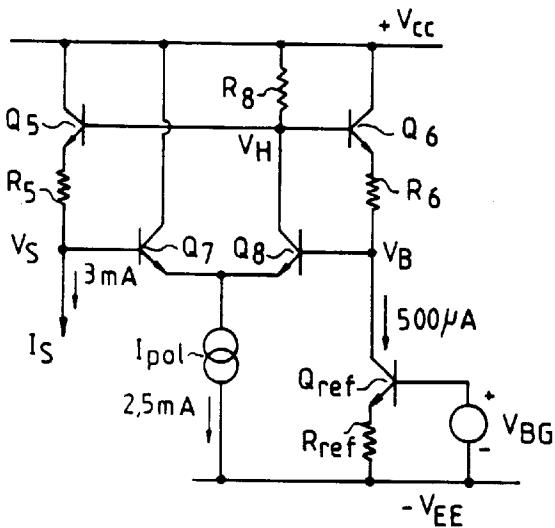
(54) Source de courant adaptée à des variations rapides de tension de sortie.

(57) L'invention concerne une source de courant délivrant un courant constant malgré les variations brutales de tension pouvant être appliquées sur sa sortie.

Cette source de courant comporte deux branches en parallèle, l'une génératrice (Q_5, R_5), l'autre de référence (Q_6, R_6). Le courant de sortie (I_S) est maintenu constant en maintenant constante la différence de potentiel aux bornes de la résistances (R_5) de la branche génératrice, au moyen d'un amplificateur différentiel. Tous les transistors sont de type NPN.

Application à l'alimentation de circuits analogiques rapides.

FIG.2



La présente invention concerne une source de courant qui supporte des variations rapides de tension sur sa sortie sans les répercuter sur le courant débité. Cette source doit cette caractéristique en partie à sa structure et en partie à sa réalisation en transistors de type NPN.

Une source de courant est par définition un circuit qui doit fournir un courant stable à un autre circuit électronique. Mais en fait, au cours du fonctionnement, il arrive que ce second circuit, par des changements d'états, subisse des variations rapides en courant, qui se répercutent sur la sortie de la source de courant.

Si la source de courant a une basse impédance, elle peut fournir le courant nécessaire, mais en raison de la faible impédance il y a une réaction qui déstabilise le courant de sortie. Si au contraire la source de courant est à haute impédance, elle est plus stable mais ne peut pas répondre aux variations rapides.

Le schéma d'une source de courant selon l'art connu est donné en figure 1. Il est très simple et comprend un miroir de courant formé par les transistors Q1 et Q2 et par la source de courant Q3 : celle-ci est pilotée à partir d'une tension de référence qui s'établit aux bornes d'une résistance Rref, et contrôlée en température par l'étalement V_{BG} et par le transistor Q_{ref} . Le transistor Q4 est monté en miroir avec le transistor Q3.

Si $R3 = R4$ et si les transistors Q3 et Q4 ont mêmes géométries, ils débiteront les mêmes courants et en particulier Q3 débite un courant égal à I_{ref} . Si au contraire, le transistor Q1 a une géométrie "n" fois plus importante que celle de Q2, il débite "n" fois plus : par exemple si $n = 5$, le courant de sortie I_S est 6 fois plus important que le courant de référence I_{ref} ($1I_{ref}$ à travers $Q2+5I_{ref}$ à travers Q1).

Cette architecture a l'avantage d'être très simple, de ne nécessiter que peu de transistors et d'avoir une consommation faible. Elle est améliorée en ce sens que le miroir de courant $Q1 + Q2$, en transistors NPN, qui assure l'amplification permet de s'affranchir des variations de gain en courant en transistor Q3, qui est un PNP.

En effet, en technologie bipolaire rapide, les transistors PNP ont, de façon générale, plus de dispersion du gain que les transistors NPN.

En outre, les transistors PNP tels que Q3 et Q4 ont des performances dynamiques très inférieures à celles des transistors NPN tels que Q1 et Q2, parce que les capacités parasites d'un PNP sont plus importantes que celles d'un NPN. Dans ces conditions, une variation rapide du courant de sortie I_S (ou de la tension V_S en sortie) n'est pas transmise instantanément sur la base du PNP Q3, à cause de sa capacité parasite collecteur-base, et Q3 ne réagit pas assez vite pour corriger cette variation.

Enfin, la modulation du courant collecteur I_C en fonction de la tension collecteur-émetteur, connu

sous l'appellation de tension "d" "Early", est très faible pour un PNP, ce qui se traduit par une dépendance du courant de sortie I_S avec la tension de sortie V_S d'où une imprécision statique.

5 Pour remédier à ces inconvénients, l'invention propose :

- de réaliser une source de courant en utilisant exclusivement des transistors NPN
- de modifier l'architecture de cette source de courant, notamment en remplaçant le miroir de courant par un amplificateur différentiel, qui fonctionne de telle façon qu'il maintient une différence de potentiel constante aux bornes d'une résistance, ce qui assure un courant débité constant, quel que soit le potentiel sur la sortie La conséquence en est que la source de courant selon l'invention peut supporter des variations rapides de tension sur sa section : elle ne les répercute pas et continue de fournir un courant de sortie I_S stable.

20 De façon plus précise l'invention concerne une source de courant adaptée à des variations rapides de tension sur sa sortie, comportant une branche génératrice du courant de sortie formée par un premier transistor en série avec une première résistance cette source de courant étant caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens maintenant constante la différence de potentiel aux bornes de ladite résistance.

30 L'invention sera mieux comprise par la description plus détaillée qui suit maintenant, en liaison avec les figures jointes en annexe, qui représentent :

- figure 1 : schéma électrique d'une source de courant selon l'art connu, exposé précédemment ;
- figure 2 : schéma électrique d'une source de courant selon l'invention ;
- figures 3 à 5 : courbes de comparaison, pour une variation imposée (figure 3), entre la réponse de la source selon l'art connu (figure 4) et la réponse de la source selon l'invention (figure 5).

40 La figure 2 donne le schéma électrique de la source, de courant selon l'invention.

45 Alimentée entre une tension $+V_{CC}$ positive et une tension $-V_{EE}$ négative, la branche qui fournit un courant de référence I_{ref} est sensiblement la même que celle de la figure 1 : un transistor Q_{ref} et une résistance R_{ref} , asservis en température par une source de tension V_{BG} , contrôlent le courant qui traverse un transistor Q6, en série avec une résistance R6 située entre l'émetteur de Q6 et le collecteur de Q_{ref} .

50 La branche qui constitue la source de courant à proprement parler comprend un transistor Q5, connecté à l'alimentation $+V_{CC}$, en série avec une résistance R5, dont l'extrémité libre constitue la borne de sortie du circuit. Les bases des transistors Q5 et Q6 sont réunies entre elles, et polarisées à partir de V_{CC} par une résistance R8.

55 Le fondement de l'invention est de maintenir une différence de potentiel constante aux bornes de la ré-

sistance R5, ce qui assure un courant débité I_S constant quel que soit le potentiel de sortie V_S . Ceci est obtenu au moyen d'un amplificateur différentiel, formé par les transistors Q7 et Q8. Le transistor Q7 a sa base réunie au point bas V_S , extrémité libre de la résistance R5 et son collecteur branché sur l'alimentation. Le transistor Q8 a sa base réunie au point bas V_B de la résistance R6, et son collecteur réuni au point V_H commun à la résistance R8 et aux bases des transistors Q5 et Q6.

Les émetteurs de l'amplificateur différentiel Q7 + Q8 sont branchés sur une source de polarisation, qui tire un courant I_{pol} vers l'alimentation $-V_{EE}$.

On peut observer la symétrie du schéma, mise à part la référence $Q_{ref} + R_{ref}$, ainsi que l'alimentation de Q7 à partir de V_{CC} et celle de Q8 à partir de V_H . Mais la tension au point V_H correspond, à une jonction émetteur/base de Q5 près, à la tension à une première extrémité "haute" de R5, et la tension au point V_B correspond, à travers l'amplificateur différentiel, à la tension à une deuxième extrémité "basse" de R5, qui est en outre la tension de sortie V_S .

Ce schéma pourrait fonctionner, avec adaptation, avec des transistors de type PNP, mais, pour atteindre l'objectif qui est que le courant I_S reste constant si la tension V_S fluctue, il est impératif de le réaliser exclusivement avec des transistors NPN, qui ont moins de capacité parasite de base.

En fonctionnement, la source de courant de référence $Q_{ref} + R_{ref}$ assure une différence de potentiel constante $V_H - V_B$ aux bornes de la résistance R6 (à une jonction près), et, à l'équilibre, la tension au point V_B est asservie à la tension de sortie au point V_S , ou tension au point "bas" de R5.

Mais simultanément, la tension au point "haut" V_H de R5 (à une jonction près) est asservie au potentiel de sortie V_S , à travers l'amplificateur différentiel rebouclé en gain unité. Ainsi, si la tension de sortie V_S fluctue, par suite du fonctionnement, la tension en V_H l'accompagne dans sa fluctuation, et comme la différence $V_H - V_B$ est constante, la différence $V_H - V_S$ est également constante, et le courant de sortie I_S est constant.

L'amplification en courant est obtenue par la géométrie des composants symétriques Q5 + R5 et Q6 + R6. Si le courant I_S doit être égal à " n " fois le courant I_{ref} les dimensions géométriques du transistor Q5 sont égales à " n " fois celles du transistor Q6, et la valeur de la résistance R5 est égale à " $1/n$ " fois celle de la résistance R6. Ainsi, à titre purement explicatif, pour débiter 3 mA avec un courant de référence de 500 A, comme dans l'exemple de la figure 1, il faut que Q5 ait une géométrie égale à 6 fois celle de Q6, et que $R5 = R6/6$.

L'utilisation exclusive de transistors NPN qui ont moins de capacité parasite de base, entraîne deux types d'avantages :

- en dynamique, on s'affranchit des effets capa-

citifs de la base de Q7 sur la sortie V_S . Seul subsiste un effet capacitif sur le transistor Q_{ref} , mais il n'intervient pas sur la sortie et il peut être réduit en diminuant la géométrie de Q_{ref} ;

- en statique, la variation de I_S en fonction de V_S dépend de l'effet early du transistor Q_{ref} , qui est réduite parce qu'un transistor NPN a une tension d'early plus grande qu'un PNP, ainsi que de l'offset de l'amplificateur utilisé.

Les courbes des figures 3 à 5 illustrent l'intérêt des transistors NPN, et du circuit selon l'invention, par rapport à l'art connu.

La courbe de la figure 3 représente la forme de tension qu'on force sur la sortie V_S : elle varie de 2 V en 1 ns, soit une variation de 2000 V/μS, mieux connue sous le nom de "slew-rate". On observe comment réagit la source de courant dans les deux cas de variation, front montant et front descendant.

Dans le cas de l'art connu, en figure 4, la quasi-droite 1 donne la réaction du courant de référence I_{ref} , amplifié pour être amené au niveau du courant de sortie I_S . Le courant I_{ref} est très constant, mais le courant de sortie en courbe 2 subit deux rebonds, mieux connus sous le nom d'"overshoot", l'un au front montant, l'autre au front descendant. Pour une impulsion à 2000 V/μS, l'overshoot atteint 115 %, et il faut 4,8 ns pour que le circuit revienne à l'équilibre + 5 %.

Les courbes 3 et 4 de la figure 5 donnent les correspondants des courbes précédentes, mais pour la source de courant selon l'invention. Pour une même impulsion de 2 V, avec un slew-rate de 2000 V/μS, on voit que le courant de référence (courbe 3) subit une très légère perturbation, mais le courant de sortie (courbe 4) est de beaucoup moins perturbé que dans l'art connu. L'overshoot est limité à 9 % et la perturbation ne dure que 1,5 ns.

Cette très sensible amélioration est due à l'emploi exclusif dans la source de courant selon l'invention de transistors de type NPN, qui ont moins de capacités parasites. Une source de courant peut être modélisée, sous la forme d'un générateur de courant (I_d), en parallèle avec une résistance (R_S) et avec une capacité (C_d). Pour un même courant généré $I_d = 3$ mA, la source de courant de la figure 1 (art connu) a une résistance $R_S = 10$ k ohm et une capacité parasite $C_d = 2,3$ pF, tandis que la source de courant selon l'invention a :

$$R_S = 100 \text{ k ohm}$$

$$C_d = 0,15 \text{ pF}$$

ce qui revient à diviser par 15, 3 la capacité de la source, et donc à améliorer son temps de réponse, permettant ainsi que le courant débité soit indépendant des variations de la tension de sortie.

Revendications

1. Source de courant adaptée à des variations rapi-

- des de tension (V_S) sur sa sortie, comportant une branche génératrice du courant de sortie (I_S) formée par un premier transistor (Q5) en série avec une première résistance (R5), cette source de courant étant caractérisé en ce qu'elle comporte des moyens maintenant constante la différence de potentiel aux bornes de ladite résistance (R5). 5
2. Source de courant selon la revendication 1, comportant en outre une branche de référence formée par une source de tension de référence ($Q_{ref} + R_{ref} + V_{BG}$) en série avec une seconde résistance (R6) et avec un second transistor (Q6), les bases des premier et second transistors (Q5, Q6) étant réunies et polarisées à travers une résistance (R8) réunie à une alimentation ($+V_{CC}$), cette source de courant étant caractérisée en ce que lesdits moyens sont constitués par un troisième et un quatrième transistor (Q7, Q8) montés en amplificateur différentiel, le troisième transistor (Q7) ayant son collecteur branché sur l'alimentation positive ($+V_{CC}$) et sa base branchée sur la sortie (V_S), tandis que le quatrième transistor (Q8) a son collecteur branché au point commun "haut" (V_H) aux bases des premier et second transistors (Q5, Q6) et a sa base branchée au point commun "bas" (V_B) entre la deuxième résistance (R6) et ladite source de tension de référence. 10
3. Source de courant selon la revendication 2, caractérisé en ce que les transistors sont de type NPN. 15
4. Source de courant selon la revendication 2, caractérisée en ce que les variations de la tension de sortie (V_S) sont recopiées par l'amplificateur différentiel (Q7, Q8) au point commun "bas" (V_B) de la branche de référence ainsi qu'au point commun "haut" (V_H), maintenant constante la différence de potentiel aux bornes de la première résistance (R5). 20
- 30
- 35
- 40

45

50

55

FIG.1

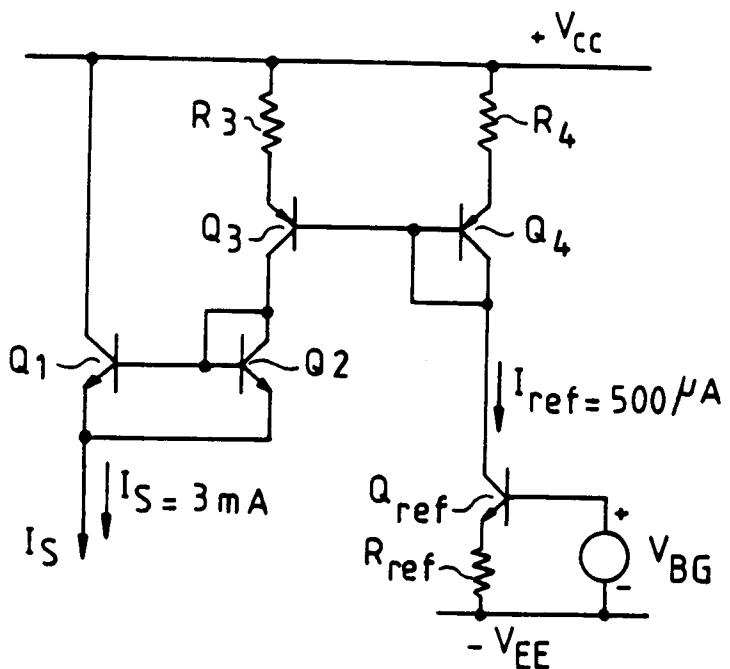
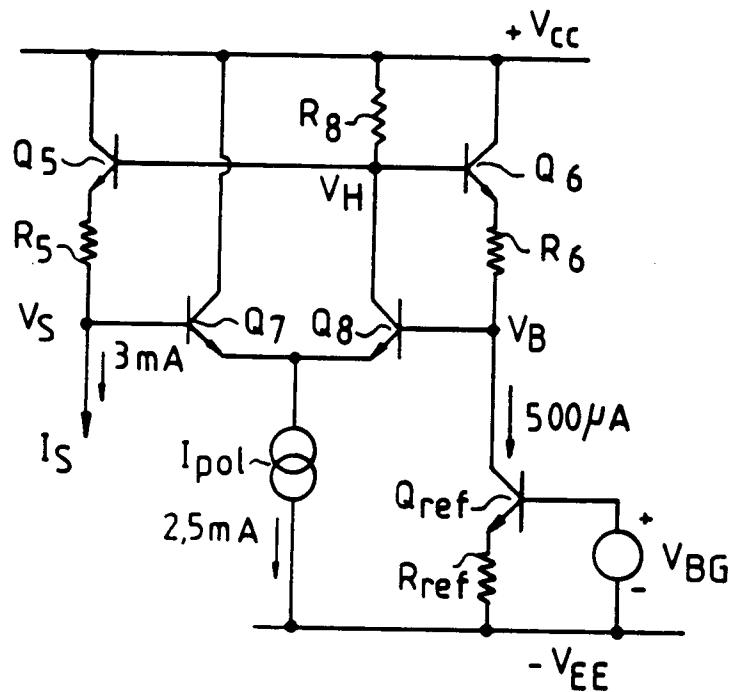
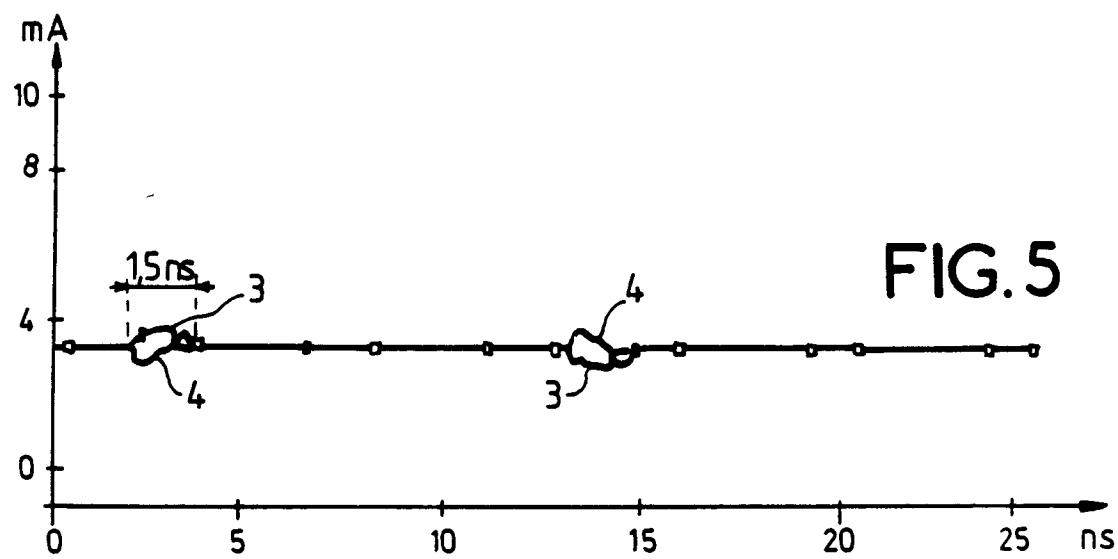
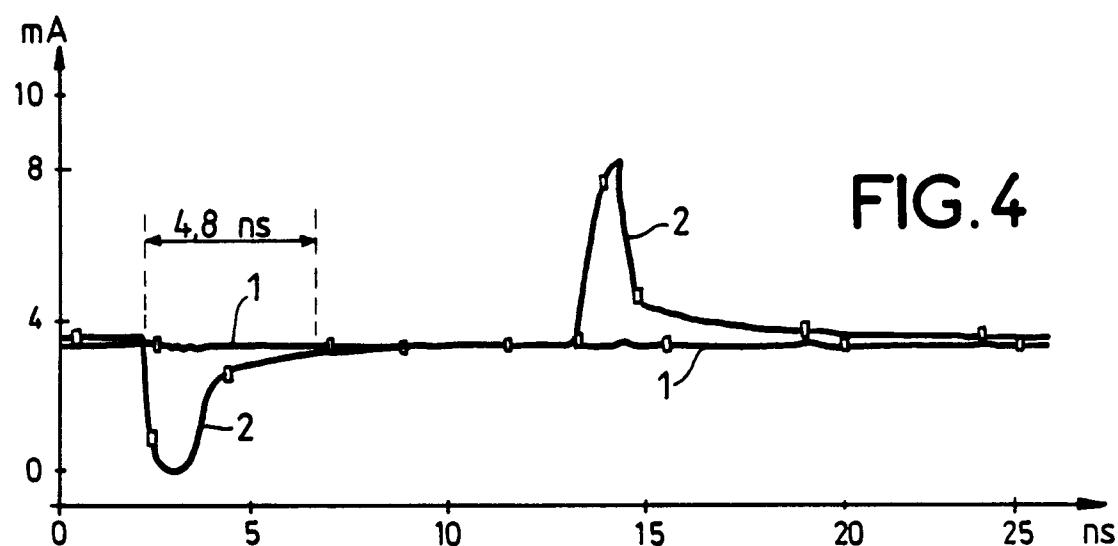
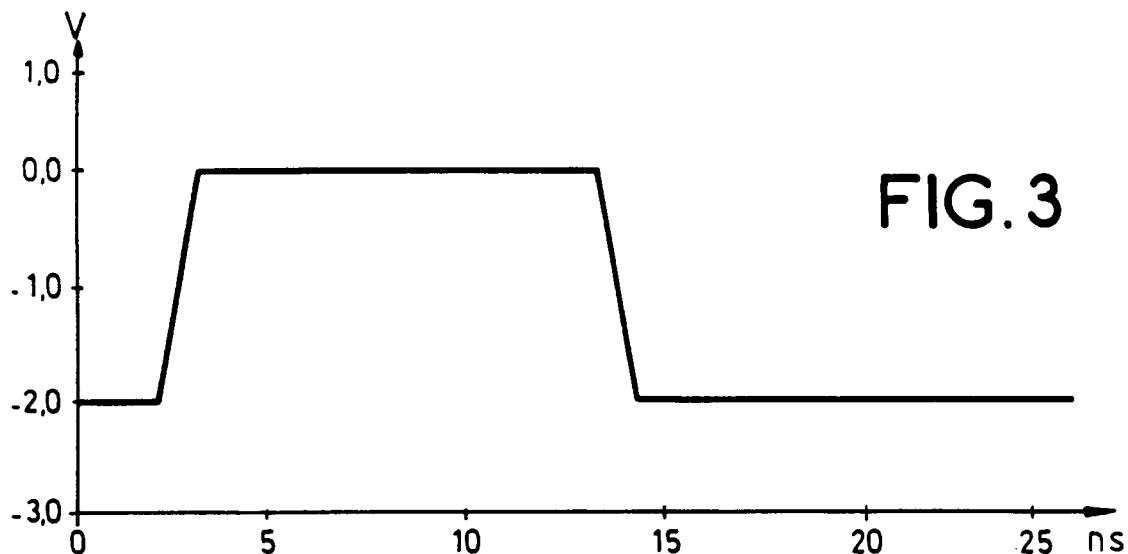


FIG.2







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 92 40 1404

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	US-A-4 319 179 (JETT, JR) * colonne 4, ligne 43 - ligne 58 * * colonne 5, ligne 36 - ligne 60; figure 2 * ---	1-4	G05F3/22 G05F1/56
A	EP-A-0 219 682 (MOTOROLA, INC) * colonne 3, ligne 5 - ligne 42; figure 2 * ---	1-4	
A	US-A-4 879 524 (BELL) * colonne 4, ligne 53 - colonne 5, ligne 62; figures 1-9 * ---	1,3	
A	US-A-4 733 161 (KUWAHARA) * colonne 4, ligne 14 - colonne 5, ligne 46; figures 3,4 * ---	1	
A	EP-A-0 139 425 (TOSHIBA K. K) * page 13, ligne 17 - page 14, ligne 7; figure 6 * ---	1,3	
A	I.B.M. TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN vol. 29, no. 3, Août 1986, NEW YORK, USA pages 1368 - 1369; 'pnp current source reference circuit' * le document en entier * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) G05F
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 15 SEPTEMBRE 1992	Examinateur CLEARY F. M.	
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	