

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

2 473 809

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 00464

(54) Amplificateur à circuit de compensation de la tension de repos d'entrée.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 03 F 1/00; H 03 K 17/00.

(22) Date de dépôt..... 13 janvier 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 14 janvier 1980, demande de brevet, n° 111,997, aux noms des inventeurs.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.

(71) Déposant : Société dite : WESTERN ELECTRIC COMPANY, INC., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Mirmira Ramarao Dwarakanath et Douglas George Marsh.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs-Élysées 75008 Paris.

La présente invention concerne la compensation de la tension de repos d'entrée dans les amplificateurs, par exemple les amplificateurs opérationnels utilisant des transistors à effet de champ (transistors FET) pour les fonctions de commutation.

La tension de repos d'entrée d'un amplificateur opérationnel est la tension qui doit être appliquée aux bornes d'entrée de l'amplificateur pour porter sa tension de sortie à un niveau de référence prédéterminé en l'absence de signal d'entrée. Cette tension de repos est une caractéristique d'erreur généralement connue des amplificateurs opérationnels, qui est due à une mauvaise adaptation incontrôlable des composants.

Pour certaines applications d'amplificateurs opérationnels, il est particulièrement important d'éliminer les erreurs qui résultent des tensions de repos d'entrée non compensées. C'est le cas, par exemple, pour les amplificateurs opérationnels qui sont utilisés dans les codeurs-décodeurs de redistribution de charge pour les communications téléphoniques où il est généralement souhaitable de maintenir les effets de chaque source interne d'erreur pendant moins d'un dixième de l'intervalle du bit le moins significatif ou bit de plus faible poids. Un exemple d'un tel codeur/décodeur se trouve décrit, par exemple, dans l'article "An All-MOS Charge-Redistribution A/D Conversion Technique" par Suarez et coll., publié dans IEEE Internat. Solid-State Circuits Conference, p. 194, 1974.

Par divers agencements de boucles de rétroaction, il est possible d'ajuster la tension de repos d'entrée de façon continue, par exemple pour les systèmes analogiques. Toutefois, de tels agen-

cements impliquent des circuits relativement complexes comprenant des comparateurs.

Une autre approche, plus simple, consiste à compenser la tension de repos d'entrée au moyen d'une source de tension, par exemple un condensateur de compensation de tension qui, à l'aide de dispositifs de commutation électroniques (qui peuvent être des transistors à effet de champ métal-oxyde-semiconducteur MOS) se trouve périodiquement rétablie à la tension de repos d'entrée et se trouve alors connectée en série avec le signal d'entrée appliqué à l'amplificateur. Cette approche est utilisée dans les amplificateurs stabilisés par interruptions tels que décrits, par exemple, dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 3 617 913. Ce type de stabilisation convient particulièrement aux circuits numériques car même pour un signal numérique à grande vitesse, il y a généralement un intervalle de temps suffisant entre les impulsions du signal d'entrée pour rétablir la tension de compensation du condensateur. Cette approche convient également bien aux circuits intégrés puisque les condensateurs et transistors à effet de champ MOS peuvent être aisément réalisés dans cette technologie et ne prennent que relativement peu de place. Toutefois, les dispositifs de commutation eux-mêmes ont une capacité parasite inhérente qui peut produire une charge sur le condensateur de compensation au cours de la commutation de ces dispositifs, ce qui donne lieu à une erreur de tension de compensation.

Dans les montages typiques pour la compensation de la tension de repos d'entrée, un condensateur de compensation se trouve connecté en série avec le signal à l'entrée de l'amplificateur. La remise à l'état initial de la tension de compensation

de ce condensateur s'effectue au moyen de trois commutateurs MOS. Un commutateur d'isolement déconnecte la source de signal du condensateur, un commutateur de remise à l'état initial met la borne d'entrée du signal à la masse, et un commutateur de rétroaction connecte l'électrode déconnectée du condensateur à la borne d'entrée de rétroaction de l'amplificateur. Avant que la source de signal d'entrée puisse être reconnectée à travers le condensateur de compensation, il est nécessaire d'ouvrir le commutateur de rétroaction qui connecte le condensateur à l'autre borne d'entrée et également d'ouvrir le commutateur de remise à l'état initial qui met à la masse la borne d'entrée de signal. Ces commutateurs ne peuvent généralement pas travailler simultanément de façon précise et ils ne présentent pas de caractéristiques de commutation identiques, telle que la capacité parasite inhérente.

Si le commutateur de rétroaction s'ouvre le premier, les deux commutateurs ne voient pas les mêmes terminaisons pendant l'ouverture et ils injectent par conséquent des charges différentes dans le condensateur, d'où il résulte une erreur d'alimentation nette appréciable. D'autre part, si le commutateur de remise à l'état initial s'ouvre le premier, son erreur d'alimentation n'est pas vue par l'amplificateur comme une augmentation du signal d'entrée et la réponse de l'amplificateur est que l'augmentation du signal d'entrée se trouve appliquée par la boucle de rétroaction à l'autre borne d'entrée et au condensateur, à moins que le commutateur de rétroaction ne puisse être actionné plus rapidement que le temps de réponse de l'amplificateur. Pour des amplificateurs très rapides, le commutateur n'est pas suffisamment rapide.

On sait que l'erreur d'injection de charge peut être réduite en prévoyant des dispositifs de compensation de charge pour les commutateurs MOS. Ces dispositifs de compensation peuvent toutefois
5 créer d'autres problèmes. Dans un mode de réalisation, les dispositifs de compensation de charge augmentent la surface de silicium utilisée ainsi que la fuite des commutateurs ouverts. Un condensateur de grande capacité pourrait absorber la fuite accrue,
10 mais il est souhaitable de rendre ce condensateur aussi petit que possible afin de minimiser à la fois le temps d'exécution et la surface de substrat de circuit requise pour ce condensateur. D'autres modes de réalisation n'ont pas conduit à une réduction
15 suffisante de l'erreur de tension de compensation.

Les figures 1, 2 et 3 des dessins ci-annexés montrent un amplificateur opérationnel connu avec un montage de compensation de la tension de repos
20 d'entrée tel que décrit plus haut et elles illustrent schématiquement le circuit dans les états initial, de transition et de transmission, respectivement.

Suivant un aspect de la présente invention,
25 un amplificateur comprend un circuit de compensation comportant un premier moyen pour ouvrir et fermer sélectivement la boucle de rétroaction, un premier condensateur connecté d'un côté entre la première borne d'entrée de l'amplificateur et ledit
30 premier moyen, un second condensateur connecté d'un premier côté à la seconde borne d'entrée, un second moyen pour connecter sélectivement la seconde borne d'entrée à une source de potentiel de référence, et
35 un troisième moyen connecté d'un côté au second côté du premier condensateur pour connecter sélec-

tivement le second côté du premier condensateur à la source de potentiel de référence ou à la borne de sortie de l'amplificateur.

5 Un quatrième moyen peut être connecté à un second côté du second condensateur pour connecter sélectivement le second condensateur à la source de signal ou à la source de potentiel de référence.

10 De préférence, le rapport de la capacité inhérente dudit premier moyen à la capacité inhérente dudit second moyen est pratiquement égal au rapport de la capacité du premier condensateur à la capacité du second condensateur.

15 Suivant un autre aspect de l'invention est proposé un procédé de compensation de la tension de repos d'entrée d'un amplificateur à boucle de rétroaction, qui consiste à appliquer une tension à la boucle de rétroaction au moyen d'un condensateur de rétroaction qui se trouve chargé pratiquement à la valeur de la tension de repos d'entrée de
20 l'amplificateur avec la polarité opposée de sorte que la tension de repos d'entrée de l'amplificateur se trouve compensée, et à recharger périodiquement ledit condensateur à la tension de repos d'entrée en fermant la boucle de rétroaction entre le condensateur et la borne de sortie, en connectant le
25 côté du condensateur éloigné de la boucle de rétroaction à un potentiel de référence, en connectant la borne d'entrée de l'amplificateur au potentiel de référence et en portant le côté signal d'un
30 condensateur d'entrée au potentiel de référence.

Le procédé peut comprendre la phase consistant à reconnecter le condensateur rechargé dans la boucle de rétroaction en ouvrant ladite boucle entre le condensateur et la borne de sortie, puis à déconnecter le côté du condensateur éloigné de la boucle
35

de rétroaction, du potentiel de référence et connecter ledit côté à la borne de sortie, et à déconnecter la borne d'entrée du potentiel de référence et connecter cette borne à une source de signal d'entrée à travers le condensateur d'entrée.

Dans un mode d'exécution qui sera décrit en détail plus loin, un amplificateur opérationnel comprend deux condensateurs pour compenser la tension de repos d'entrée. Un de ces condensateurs est un condensateur d'entrée connecté en série avec la borne d'entrée du signal de l'amplificateur et la source de signal. L'autre condensateur est un condensateur de rétroaction connecté dans la boucle de rétroaction entre la borne d'entrée de rétroaction et la borne de sortie de l'amplificateur. Un moyen de remise à l'état initial d'entrée permet à la borne d'entrée de signal de se trouver connectée à un potentiel de référence ou à la masse. Un moyen de dérivation de rétroaction est prévu pour ouvrir la boucle de rétroaction entre le côté entrée du condensateur de rétroaction et la borne d'entrée de rétroaction de l'amplificateur, tandis qu'un moyen de remise à l'état initial de rétroaction est prévu pour commuter le côté sortie dudit condensateur de rétroaction entre la sortie de l'amplificateur et un potentiel de référence de manière à permettre audit condensateur de rétroaction de se recharger à la tension de repos d'entrée de l'amplificateur. Avec ce montage il est possible d'annuler pratiquement les erreurs d'injection de charge.

L'invention est exposée plus en détail dans ce qui suit avec référence aux figures 4, 5 et 6 des dessins ci-annexés, qui montrent un amplificateur opérationnel selon l'invention, respectivement dans les états initial, de transition et de transmission.

Le mode de réalisation préféré 10 illustré peut être utilisé par exemple comme sous-circuit dans un circuit intégré plus grand et plus complexe. Ce circuit comprend un amplificateur opérationnel 5 12 ayant une borne d'entrée de signal 14, une borne d'entrée de rétroaction 16, une borne de sortie de signal 18 et une boucle de rétroaction 20 reliant la borne 16 à la borne de sortie 18. Un commutateur 22 est connecté en dérivation dans la boucle 10 de rétroaction 20 pour ouvrir celle-ci. Un condensateur de rétroaction 24 a une électrode connectée entre le commutateur 22 et la borne 16, et son autre électrode connectée à un commutateur à deux directions 26 qui peut être placé sélective- 15 ment dans deux états. Dans un premier état, le commutateur 26 applique un potentiel de référence 28 (par exemple un potentiel de terre) au condensateur 24 ; dans son second état, le commutateur 26 connecte le condensateur 24 à la borne de sortie 18. Un condensateur d'entrée 20 30 est connecté entre la borne d'entrée de signal 14 et un commutateur de source de signal 31. Le commutateur 31 peut être placé sélectivement dans deux états : dans un premier état il connecte le condensateur 30 à la source de signal d'entrée 32 et dans son second état il connecte le 25 condensateur 30 au potentiel de référence. Un quatrième commutateur 34 se trouve connecté entre la borne d'entrée de signal 14 et le potentiel de référence 28. Les commutateurs 22, 26, 31 et 34 sont 30 constitués de dispositifs à effet de champ, par exemple des dispositifs MOS.

Dans l'état initial du circuit 10 (figure 4), le condensateur de rétroaction 24 est chargé à la tension de repos d'entrée tandis que la borne d'en- 35 trée 14 est connectée à la masse et que le condensa-

teur d'entrée 30 est déchargé.

Dans l'état de transition (fig. 5), le commutateur shunt 22 ouvre la boucle de rétroaction 20. Ce commutateur 22 injecte une erreur de charge de
5 commutation dans le condensateur de rétroaction 24. Immédiatement après (fig.6), le commutateur 34 s'ouvre et injecte une erreur de charge égale dans le condensateur d'entrée 30. La boucle de rétroaction 20 étant ouverte, l'injection de charge dans
10 le condensateur 30 n'affecte pas la charge du condensateur de rétroaction 24 à la condition que le rapport de la surface de la capacité inhérente du commutateur shunt 22 à la surface de la capacité inhérente du commutateur 34 soit égal au rapport
15 de la capacité du condensateur de rétroaction 24 à la capacité du condensateur d'entrée 30. Les erreurs de fuite de ces quatre composants s'annulent. Comme les capacités parasites du condensateur de rétroaction 24 et du commutateur 22 et celles du
20 condensateur d'entrée 30 et du commutateur 34 sont essentiellement dans le même rapport que le rapport des capacités des condensateurs 24 et 30, toute perte parasite à la borne d'entrée 14 se trouve compensée par un gain dans l'amplificateur.

25 Le commutateur de remise à l'état initial de rétroaction 26 reconnecte alors le condensateur 24 dans la boucle de rétroaction 20 et le commutateur 31 connecte le condensateur d'entrée 30 à la source de signal 32. La charge emmagasinée dans le
30 condensateur de rétroaction 24 et le condensateur d'entrée 30 n'est à ce moment pas affectée par l'erreur de charge puisque le commutateur 26 et le commutateur 31 commutent entre deux points à basse impédance. La seule exigence quant au commutateur
35 26 est qu'il ne doit pas être actionné avant que

le commutateur shunt 22 ne s'ouvre, de telle sorte qu'aucune erreur de charge ne soit injectée dans le condensateur d'entrée 30. En pratique, il a été constaté qu'avec les dispositifs MOS actuels, les
5 commutateurs 34, 26 et 31 doivent seulement être retardés de quelques dizaines de nanosecondes après l'ouverture du commutateur shunt 22 pour assurer un fonctionnement correct. Ils ne doivent pas être actionnés simultanément. D'une façon similaire, le
10 commutateur de source de signal 31 doit seulement être retardé de quelques dizaines de nanosecondes après l'ouverture du commutateur 34. La quantité de surface requise pour les capacités 24 et 30 dans un circuit intégré n'est pas un facteur important
15 car c'est le rapport capacité/surface de commutateur qui importe. Par exemple, le commutateur de remise à l'état initial d'entrée 34 peut avoir trois fois la surface minimum possible et le commutateur shunt 22 une fois la surface minimum possible. Le condensateur de rétroaction 24 a alors un
20 tiers de la surface du condensateur d'entrée 30. Comme la tension de repos d'entrée est compensée en sorte qu'aucune erreur de commutation appréciable ne soit introduite, les performances du circuit ne sont limitées que par des problèmes d'adaptation.
25

Lorsque l'on prévoit que la source de signal peut être ramenée occasionnellement au potentiel de référence, le commutateur de source d'entrée 31
30 peut être éliminé si le temps de remise à l'état initial du circuit 10 peut être synchronisé avec le retour de la source de signal au potentiel de référence.

Bien que les composants du circuit utilisés
35 pour les fonctions de commutation soient des dispo-

sitifs à effet de champ MOS, tout comme les composants de l'amplificateur opérationnel lui-même, l'invention s'applique tout aussi bien à des dispositifs de commutation tripolaires et autres types d'amplificateurs opérationnels. Il est particulièrement avantageux que le dispositif ne requière aucun circuit complexe qui serait coûteux à fabriquer et qui demanderait une surface supplémentaire importante sur un substrat de circuit intégré. Cela le rend particulièrement intéressant pour les circuits intégrés grande série.

REVENDEICATIONS

1.-Amplificateur comportant une première borne d'entrée, une deuxième borne d'entrée pour la connexion à une source de signal d'entrée, une borne
5 de sortie, une boucle de rétroaction pour connecter la première borne d'entrée à la borne de sortie, et un circuit pour effectuer une compensation de la tension de repos d'entrée afin de stabiliser la tension à la borne de sortie,
10 caractérisé en ce que ledit circuit comprend un premier moyen (22) pour ouvrir et fermer sélectivement la boucle de rétroaction (20), un premier condensateur (24) connecté d'un côté entre la première borne d'entrée (16) de l'amplificateur et
15 ledit premier moyen, un second condensateur (30) connecté d'un premier côté à la seconde borne d'entrée (14), un second moyen (34) pour connecter sélectivement la seconde borne d'entrée à une source de potentiel de référence (28), et un troisième moyen
20 (26) connecté d'un côté au second côté du premier condensateur pour connecter sélectivement le second côté du premier condensateur à la source de potentiel de référence ou à la borne de sortie de l'amplificateur.

25 2.- Amplificateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un quatrième moyen (31) connecté à un second côté du second condensateur (30) pour connecter sélectivement ledit second condensateur à la source de signal ou à la source
30 de potentiel de référence.

3.- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le rapport de la capacité inhérente dudit premier moyen à la capacité inhérente dudit second moyen est pratiquement égal au rapport de la capacité du premier
35

condensateur à la capacité du second condensateur.

4.- Amplificateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chacun desdits moyens compris dans le circuit pour effectuer ladite compensation est constitué d'un dispositif de commutation électronique.

5.- Procédé de compensation de la tension de repos d'entrée d'un amplificateur comportant une borne d'entrée de signal, une borne d'entrée de rétroaction, une boucle de rétroaction et une borne de sortie, caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer une tension à la boucle de rétroaction (20) au moyen d'un condensateur de rétroaction (24) qui se trouve chargé pratiquement à la valeur de la tension de repos d'entrée de l'amplificateur (12) avec la polarité opposée de sorte que la tension de repos d'entrée de l'amplificateur se trouve compensée, et à recharger périodiquement ledit condensateur (24) à la tension de repos d'entrée en fermant la boucle de rétroaction (20) entre le condensateur (24) et la borne de sortie (18) en connectant le côté du condensateur (24) éloigné de la boucle de rétroaction (20) à un potentiel de référence (28), en connectant la borne d'entrée de signal (14) de l'amplificateur au potentiel de référence et en portant le côté signal d'un condensateur d'entrée (30) au potentiel de référence.

6.- Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend la phase consistant à reconnecter le condensateur rechargé (24) dans la boucle de rétroaction en ouvrant ladite boucle (20) entre le condensateur (24) et la borne de sortie (18), puis à déconnecter le côté du condensateur (24) éloigné de la boucle de rétroaction (20), du

5 potentiel de référence (28) et connecter ledit
côté à la borne de sortie (18) et à déconnecter la
borne d'entrée (14) du potentiel de référence et
connecter cette borne à une source de signal d'en-
trée (32) à travers le condensateur d'entrée (30).

FIG. 1

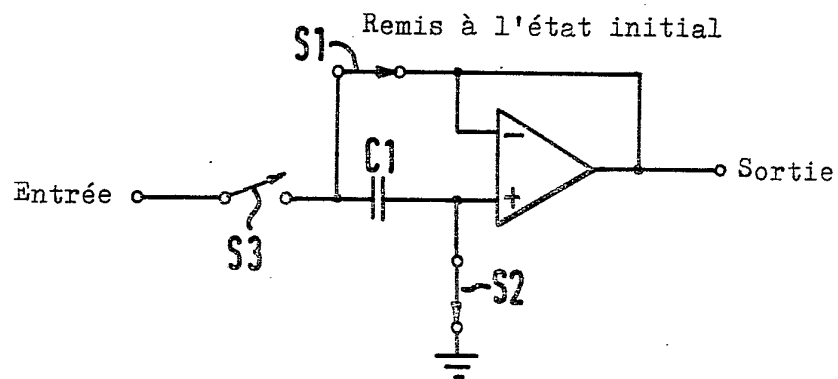


FIG. 2

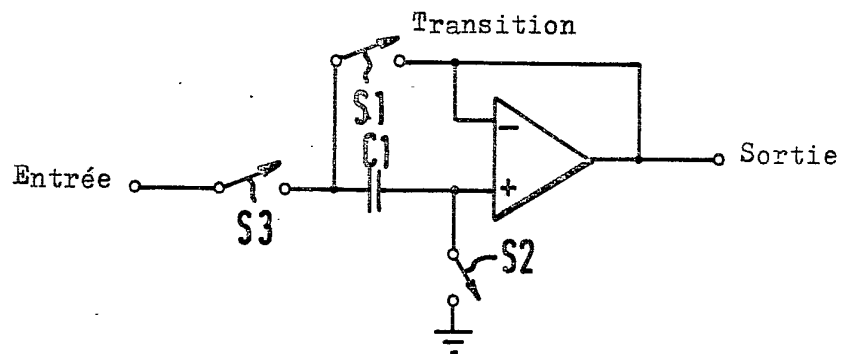


FIG. 3

