



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 981 203 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
21.01.2004 Bulletin 2004/04

(51) Int Cl.7: **H03L 7/089**, H03L 7/107,
G05F 3/20

(21) Numéro de dépôt: **99202607.0**

(22) Date de dépôt: **10.08.1999**

(54) **Source de courant contrôlée à commutation accélérée**

Gesteuerte Stromquelle mit beschleunigtem Umschalten

Fast switching, controlled current source

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **18.08.1998 FR 9810509**

(43) Date de publication de la demande:
23.02.2000 Bulletin 2000/08

(73) Titulaire: **Koninklijke Philips Electronics N.V.**
5621 BA Eindhoven (NL)

(72) Inventeurs:

- **Canard, David, Société Civile S.P.I.D**
75008 Paris (FR)
- **Fillatre, Vincent, Société Civile S.P.I.D**
75008 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Charpail, François**
Société Civile S.P.I.D.
156, Boulevard Haussmann
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 0 438 039 **EP-A- 0 561 456**
US-A- 5 453 680 **US-A- 5 485 125**
US-A- 5 508 702

- **ANONYMOUS: "Current Sources for a Phase Locked Loop. November 1973." IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 16, no. 6, novembre 1973 (1973-11), page 2013 XP002100095 New York, US**

EP 0 981 203 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne une source de courant contrôlée, munie d'une entrée de commande destinée à recevoir un signal de commande, et d'une sortie destinée à délivrer un courant dont la valeur dépend de la valeur du signal de commande, comprenant :

- une pluralité de transistors, dits de puissance, disposés en parallèle, chaque transistor étant muni d'une borne de référence, d'une borne de transfert et d'une borne de polarisation, les bornes de transfert des transistors de puissance étant reliées ensemble à la sortie de la source de courant, et
- un module de contrôle, muni d'une entrée destinée à recevoir le signal de commande, et d'une sortie destinée à délivrer un signal permettant la mise en conduction des transistors de puissance.

[0002] De telles sources de courant sont fréquemment employées pour construire des pompes de charge destinées à délivrer des impulsions de courant pour commander une charge ou une décharge d'éléments capacitifs dans des boucles à verrouillage de phase opérant un contrôle de fréquence d'un signal délivré par un oscillateur contrôlé en tension. Une telle boucle à verrouillage de phase est notamment décrite dans la demande de brevet européen No. 0 670 629 A1. La pompe de charge incluse dans cette boucle met en oeuvre des sources de courant contrôlées du type décrit dans le paragraphe introductif, dans lesquelles les transistors de puissance sont de type PNP, leurs bases, émetteurs et collecteurs constituant respectivement des bornes de polarisation, de référence, et de transfert. Ces transistors de puissance sont polarisés au moyen d'un courant d'émetteur délivré en permanence par une borne positive d'alimentation, leur mise en conduction étant opérée par le module de contrôle au moyen d'une tension de base adéquate lorsque le signal de commande en donne l'ordre au module de contrôle. Les transistors de puissance conduisent alors le courant de polarisation depuis leurs émetteurs vers leurs collecteurs, et vers la sortie de la source de courant contrôlée.

[0003] La mise en conduction des transistors de puissance doit s'effectuer très rapidement, particulièrement lorsque la fréquence du signal de sortie de l'oscillateur est élevée, par exemple de l'ordre du GigaHertz, la fréquence, dite de commutation, avec laquelle les transistors de puissance passent d'un état bloqué à un état saturé, pouvant alors être de l'ordre du MégaHertz. Or, la valeur du courant débité par la source de courant contrôlée lorsqu'elle est en conduction, appelée valeur nominale, est souvent importante. Ceci conduit à utiliser, pour réaliser chaque source de courant contrôlée, plusieurs transistors dont les dimensions sont grandes devant celles des autres transistors inclus dans la boucle à verrouillage de phase. De telles structures présentent des capacités parasites importantes, particulièrement

au niveau des jonctions collecteur-base, qui retardent l'entrée en conduction effective des transistors de puissance et provoquent des altérations dans la forme des impulsions de courant délivrées par la source de courant contrôlée, altérations qui consistent essentiellement en des pointes positives et négatives de courant lors des commutations des transistors de puissance.

[0004] Il est également connu de l'état de la technique le brevet des Etats Unis d'Amérique publié sous la référence US-A-5 508 702 qui décrit la structure d'une source de courant commandée, et destinée à être utilisée dans un convertisseur numérique-analogique.

[0005] L'un des buts de l'invention est de remédier dans une large mesure à ces inconvénients, en proposant une source de courant contrôlée au sein de laquelle l'influence des capacités parasites des transistors de puissance est considérablement minimisée.

[0006] En effet, une source de courant contrôlée conforme au paragraphe introductif est caractérisée selon l'invention en ce que les bornes de référence des transistors de puissance sont reliées ensemble à la sortie du module de contrôle destinée à délivrer un courant dont la valeur dépend de la valeur du signal de commande, les bornes de polarisation des transistors de puissance étant soumises en permanence, lorsque la source de courant est en fonctionnement, à une tension de valeur prédéterminée permettant de rendre lesdits transistors de puissance potentiellement conducteurs.

[0007] Dans une telle source de courant contrôlée, la tension de polarisation appliquée aux bornes de polarisation des transistors de puissance effectue en quelque sorte un pré-chargement des capacités parasites desdits transistors et rend ces transistors potentiellement conducteurs. Il suffira alors de présenter un courant à leurs bornes de référence pour qu'ils deviennent effectivement conducteurs, et ce de manière quasi instantanée. Par ailleurs, les capacités parasites étant pré-chargées, elles ne sont pas soumises à des discontinuités de tension, contrairement à ce qui se produit dans la source de courant contrôlée connue. Les altérations dans la forme du courant de sortie de la source de courant contrôlée dues aux commutations des transistors de puissance sont donc considérablement atténuées dans la source de courant contrôlée conforme à l'invention.

[0008] Dans un de ses modes de réalisation, une source de courant contrôlée telle que décrite ci-dessus est caractérisé en ce que le module de contrôle comporte un premier et un deuxième transistor formant une première paire différentielle, et destinés à recevoir sur leurs bornes de polarisation le signal de commande, et un troisième transistor dont le trajet de courant principal est disposé, en série avec une première résistance, entre une borne positive d'alimentation et la sortie du module de contrôle, la borne de transfert du premier transistor étant reliée à la borne positive d'alimentation, la borne de transfert du deuxième transistor étant reliée à la borne positive d'alimentation via une deuxième résis-

tance, d'une part, et à la borne de polarisation du troisième transistor, d'autre part.

[0009] Ce mode de réalisation est avantageux par sa simplicité, faisant appel à un nombre limité de composants. Par ailleurs, il sera démontré dans la suite de l'exposé que la valeur nominale du courant de sortie d'une telle source de courant contrôlée dépend directement de la valeur de la première résistance, ce qui permet une calibration aisée dudit courant de sortie de la source.

[0010] Dans une variante du mode de réalisation décrit ci-dessus, le module de contrôle comporte en outre un quatrième et un cinquième transistor, formant une deuxième paire différentielle, et destinés à recevoir sur leurs bornes de polarisation un signal dit de sélection, la borne de transfert du quatrième transistor étant reliée à la borne positive d'alimentation, la borne de transfert du cinquième transistor étant reliée à la borne positive d'alimentation via un élément régulateur de tension, d'une part, et à la borne de polarisation du troisième transistor via une troisième résistance, d'autre part.

[0011] Il sera démontré dans la suite de l'exposé qu'une telle variante permet de sélectionner une valeur nominale pour le courant de sortie parmi deux valeurs prédéterminées, permettant ainsi à la source de courant contrôlée de provoquer des charges ou décharges d'éléments capacitifs de plus ou moins grande ampleur.

[0012] Dans un mode de réalisation particulier de cette variante de l'invention, l'élément régulateur de tension est constitué par une diode.

[0013] Ainsi qu'exposé plus haut, deux sources de courant conformes à l'invention peuvent être avantageusement utilisées pour réaliser une pompe de charge. L'invention concerne donc également une pompe de charge, munie de deux entrées de commande destinées à recevoir des signaux de commande, et d'une sortie destinée à délivrer un courant de sortie dont le sens et la valeur dépendent des valeurs des signaux de commande, caractérisée en ce qu'elle comporte une première et une deuxième source de courant contrôlée telles que décrites précédemment, dont les entrées de commande constituent les entrées de commande de la pompe de charge, les sorties des première et deuxième sources de courant étant reliées aux première et deuxième branches d'un miroir de courant, la sortie de l'une des sources de courant étant en outre reliée à la sortie de la pompe de charge.

[0014] Selon un mode de réalisation avantageux, une telle pompe de charge comporte en outre une source de courant dite de drainage, destinée à débiter en permanence, lorsque la pompe de charge est en fonctionnement, un courant dont la valeur nominale est négligeable devant la valeur maximale du courant de sortie de la pompe de charge, la source de courant de drainage étant disposée entre celle des sorties des première et deuxième sources de courant qui n'est pas reliée à la sortie de la pompe de charge, et une borne négative d'alimentation.

[0015] La source de courant de drainage permet d'évacuer des charges électriques stockées dans des transistors constituant le miroir de courant, ce qui évite qu'un courant de fuite parasite n'apparaisse dans l'une des branches dudit miroir de courant pour évacuer ces charges vers la borne négative d'alimentation, après que la conduction de la première source de courant aura été interrompue. Un tel courant de fuite provoquerait la persistance d'un courant négatif en sortie de la pompe de charge, phénomène qui est d'autant plus réducteur que la fréquence de commutation de la pompe de charge est élevée.

[0016] Une telle pompe de charge pourra avantageusement être mise en oeuvre dans une boucle à verrouillage de phase. De telles boucles sont couramment employées pour opérer des conversions de fréquence dans des récepteurs de signaux radioélectriques, comme par exemple des téléviseurs ou des radiotéléphones. L'invention concerne donc également un appareil récepteur de signaux radioélectriques, comportant un système d'antenne et de filtrage permettant la réception d'un signal dont la fréquence est sélectionnée au sein d'une gamme de fréquences donnée, et sa transformation en un signal électronique dit signal radio, appareil dans lequel une conversion de fréquence, à partir de la fréquence sélectionnée vers une fréquence intermédiaire prédéterminée, est réalisée au moyen d'un mélangeur destiné à recevoir le signal radio, d'une part, et un signal de sortie d'un oscillateur local dont la fréquence est déterminée par la valeur d'une tension de réglage, d'autre part, appareil comportant en outre un détecteur de phase/fréquence destiné à comparer la fréquence du signal de sortie de l'oscillateur avec celle d'un signal de référence et à délivrer à une pompe de charge des signaux de commande dont les valeurs dépendent du résultat de ladite comparaison, la sortie de la pompe de charge étant reliée à une capacité destinée à générer à ses bornes la tension de réglage, appareil caractérisé en ce que la pompe de charge est telle que décrite plus haut.

[0017] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante, faite à titre d'exemple non-limitatif et en regard des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma électrique décrivant une source de courant contrôlée conforme à l'invention,
- la figure 2 est un schéma fonctionnel décrivant une pompe de charge incorporant de telles sources de courant,
- la figure 3 est un schéma électrique décrivant une source de courant contrôlée conforme à un mode de réalisation préféré de l'invention, et
- la figure 4 est un schéma fonctionnel partiel décrivant un appareil récepteur de signaux radioélectriques incorporant l'invention.

[0018] La figure 1 représente schématiquement une source de courant contrôlée CSI, munie d'une entrée de

commande destinée à recevoir un signal de commande V_i , et d'une sortie OUT_i destinée à délivrer un courant IO_i dont la valeur dépend de la valeur du signal de commande V_i . La valeur de ce courant IO_i pourra, par exemple, être nulle tant que la valeur du signal de commande V_i sera négative ou nulle, et être égale à une valeur nominale prédéterminée non-nulle lorsque la valeur du signal de commande sera positive. Dans l'exemple décrit ici, le signal de commande V_i est constitué par une tension. La source de courant contrôlée CS_i comprend :

- un module de puissance PA_i comportant une pluralité de transistors, dits de puissance, disposés en parallèle, chaque transistor étant muni d'une borne de référence, d'une borne de transfert et d'une borne de polarisation, les bornes de transfert des transistors de puissance étant reliées ensemble à la sortie de la source de courant, et
- un module de contrôle CNT_i , muni d'une entrée destinée à recevoir le signal de commande V_i , et d'une sortie destinée à délivrer un signal permettant la mise en conduction des transistors de puissance.

[0019] Dans l'exemple décrit sur cette figure, les transistors de puissance sont des transistors bipolaires de type PNP. Leurs bornes de référence, bornes de transfert et bornes de polarisation sont respectivement constituées par leurs émetteurs, collecteurs et bases. Les émetteurs des transistors de puissance sont reliés ensemble à la sortie du module de contrôle CNT_i , leurs bases étant soumises en permanence, lorsque la source de courant CS_i est en fonctionnement, à une tension prédéterminée $VCC-3.V_d$. Cette tension est générée au moyen de l'assemblage de trois diodes $D1_i$, $D2_i$ et $D3_i$, disposé en série avec une résistance R_{di} , entre une borne positive d'alimentation VCC et une borne négative d'alimentation GND , qui pourra être matérialisée par la masse du circuit. La tension générée par les trois diodes $D1_i$, $D2_i$ et $D3_i$ est égale à $3.V_d$, où V_d est la tension de seuil d'une diode. Ainsi, la tension émetteur-base des transistors de puissance est égale à $3V_d - V_{c_{nti}}$, où $V_{c_{nti}}$ représente une chute de tension générée par le module de contrôle CNT_i . Comme on le verra par la suite, les composants constituant la source de courant contrôlée CS_i peuvent aisément être dimensionnés de telle sorte que $3V_d - V_{c_{nti}} > V_{eb_{th}}$, où $V_{eb_{th}}$ représente la valeur minimale que doit prendre la tension émetteur-base des transistors de puissance pour que ceux-ci puissent conduire. La tension de polarisation $VCC-3.V_d$ appliquée aux bases des transistors de puissance effectue alors en quelque sorte un pré-chargement des capacités parasites desdits transistors et rend ces transistors potentiellement conducteurs. Il suffira donc, dans cette configuration, de présenter un courant I_i à leurs émetteurs pour qu'ils deviennent effectivement conducteurs, et ce de manière quasi instantanée.

[0020] La figure 2 est un schéma fonctionnel qui représente une pompe de charge CP incorporant deux

sources de courant du type décrit ci-dessus. Cette pompe de charge CP est munie de deux entrées de commande destinées à recevoir des signaux de commande $V1$ et $V2$, et d'une sortie OUT destinée à délivrer un courant de sortie dont le sens et la valeur dépendent des valeurs des signaux de commande $V1$ et $V2$. La pompe de charge CP comporte une première et une deuxième source de courant contrôlée $CS1$ et $CS2$ du type prédé, dont les entrées de commande constituent les entrées de commande de la pompe de charge CP , les sorties $OUT1$ et $OUT2$ des première et deuxième sources de courant étant reliées aux première et deuxième branches d'un miroir de courant ($M1$, $M2$), la sortie de la deuxième source de courant $CS2$ étant en outre reliée à la sortie OUT de la pompe de charge CP . Le miroir de courant ($M1$, $M2$) est constitué de deux transistors, $M1$ et $M2$, dont les collecteurs forment respectivement les première et deuxième branches du miroir de courant, dont les bases sont reliées ensemble au collecteur du premier transistor $M1$, et dont les émetteurs sont reliés à une borne négative d'alimentation GND . Lorsque le signal de commande $V2$ de la deuxième source de courant contrôlée $CS2$ l'ordonne, ladite source $CS2$ conduit un courant $IO2$. La première source de courant $CS1$ ne conduisant pas, le courant de sortie $IO2$ de la deuxième source de courant $CS2$ est dirigé vers la sortie OUT de la pompe de charge CP qui délivre donc un courant positif. A l'inverse, si le signal de commande $V1$ de la première source de courant contrôlée $CS1$ ordonne la conduction de ladite source $CS1$, celle-ci délivre un courant $IO1$ sur la première branche du miroir de courant ($M1$, $M2$), lequel miroir de courant reproduit alors ledit courant $IO1$ sur sa deuxième branche. La deuxième source de courant $CS2$ ne conduisant pas, le courant circulant dans la deuxième branche du miroir de courant ($M1$, $M2$), qui est l'image du courant $IO1$, est prélevé sur la sortie OUT de la pompe de charge CP , qui délivre donc un courant négatif. La pompe de charge CP comporte en outre une source de courant, dite de drainage, disposée entre la sortie de la première source de courant $CS1$ et la borne négative d'alimentation GND . Cette source de courant est destinée à débiter en permanence, lorsque la pompe de charge CP est en fonctionnement, un courant I_d dont la valeur nominale est négligeable devant la valeur maximale du courant de sortie $IO1$ ou $IO2$ de la pompe de charge, CP . La source de courant de drainage permet d'évacuer des charges électriques stockées dans des capacités parasites que comportent les transistors $M1$ et $M2$ constituant le miroir de courant ($M1$, $M2$), ce qui évite qu'un courant de fuite parasite n'apparaisse dans l'une des branches dudit miroir de courant pour évacuer ces charges vers la borne négative d'alimentation GND , après que la conduction de la première source de courant $CS1$ aura été interrompue. Un tel courant de fuite provoquerait la persistance d'un courant négatif à la sortie OUT de la pompe de charge CP , phénomène qui est d'autant plus réducteur que la fréquence de commutation de la pompe

de charge CP est élevée.

[0021] La figure 3 représente schématiquement une source de courant contrôlée CS1 conforme à un mode de réalisation préféré de l'invention. Dans la mesure du possible, des références identiques ont été conservées pour adresser les éléments communs avec la source de courant décrite précédemment. Dans cette source de courant contrôlée CS1, le module de contrôle CNT1 comporte un premier et un deuxième transistors T1 et T2 formant une première paire différentielle, et destinés à recevoir sur leurs bases la tension de commande V1, et un troisième transistor T3 dont le trajet de courant principal, c'est-à-dire le trajet collecteur-émetteur, est disposé en série avec une première résistance R11, entre une borne positive d'alimentation VCC et la sortie du module de contrôle CNT1, le collecteur du premier transistor T1 étant relié à la borne positive d'alimentation VCC, le collecteur du deuxième transistor T2 étant relié à la borne positive d'alimentation VCC via une deuxième résistance R21, d'une part, et à la base du troisième transistor T3, d'autre part. Le module de contrôle CNT1 comporte en outre un quatrième et un cinquième transistor T4 et T5, formant une deuxième paire différentielle, et destinés à recevoir sur leurs bases un signal dit de sélection Vx1, constitué ici par une tension, le collecteur du quatrième transistor T4 étant relié à la borne positive d'alimentation VCC, le collecteur du cinquième transistor T5 étant relié à la borne positive d'alimentation VCC via un transistor Q5 monté en diode, d'une part, et à la base du troisième transistor T3 via une troisième résistance R31, d'autre part. Les diodes D1i, D2i et D3i sont ici constituées par des transistors Q1, Q2 et Q3, polarisés au moyen d'un transistor Q4 disposé en série avec les transistors précités, selon une technique bien connue du spécialiste.

[0022] Si, dans les exemples de réalisation décrits dans cet exposé, les transistors utilisés sont des transistors bipolaires, il est bien évident que des transistors de type MOS, dont les grilles, drains et sources constitueraient respectivement les bornes de polarisation, de transfert et de référence, peuvent leur être substitués.

[0023] La source de courant CS1 fonctionne de la manière suivante :

Lorsque la tension de commande V1 est négative, le deuxième transistor T2 est conducteur alors que le premier transistor T1 est bloqué. Le troisième transistor T3 fonctionne en suiveur de tension et recopie le potentiel de la base dudit troisième transistor T3 sur son émetteur avec un décalage égal à une tension base-émetteur. La deuxième résistance R21 est parcourue par un courant significatif et génère à ses bornes une chute de tension suffisamment importante pour que la valeur de la différence entre le potentiel de l'émetteur du troisième transistor T3 et celui des bases des transistors de puissance soit inférieure à une valeur minimale autorisant la mise en conduction desdits transistors de puissance. La chute de tension aux bornes de la deuxième résistance R21 assure ainsi le maintien du blocage des transistors de

puissance. Le courant I1 délivré par le module de contrôle CNT1 est donc nul et le module de puissance PA1 est inactif.

Lorsque la valeur de la tension de commande V1 devient positive, le deuxième transistor T2 se bloque tandis que le premier transistor T1 devient conducteur. Le potentiel de la base du troisième transistor T3 devient donc voisin de celui de la borne positive d'alimentation VCC, le potentiel de l'émetteur dudit troisième transistor T3 devenant suffisamment élevé pour rendre les transistors potentiellement conducteurs. Le troisième transistor T3 délivre alors, via la première résistance R11, un courant I1 non-nul vers la sortie du module de contrôle CNT1. Ce courant I1 rend les transistors de puissance conducteurs dès qu'il parvient à leurs émetteurs, et la source de courant contrôlée CS1 délivre un courant de sortie IO1 non-nul. La valeur nominale de ce courant de sortie IO1 peut être déterminée comme suit une première loi de maille donne $V_{be}(T3)+V_{11}+V_{eb}=V_{be}(Q1)+V_{be}(Q2)+V_{be}(Q3)$, où $V_{be}(Ti)$ et $V_{be}(Qi)$ sont les tensions base-émetteur des transistors NPN, Ti et Qi respectivement, V_{eb} la tension émetteur-base des transistors de puissance PNP et V11 la tension aux bornes de la première résistance R11. Les tensions base-émetteur et émetteur-base des divers transistors sont, par construction, sensiblement égales à une valeur V_{be} , qui est de l'ordre de 0,6 Volts. On peut donc écrire $V_{11}=V_{be}$, soit encore, en appliquant la loi d'Ohm, $I1=V_{be}/R11$. Lorsque la tension de sélection Vx1 est positive, le courant de sortie IO1 de la pompe de charge CS1 a donc pour valeur nominale $V_{be}/R11$. Le choix de la valeur de la première résistance R11 permet ainsi de calibrer aisément le courant de sortie IO1.

Lorsque la tension de sélection Vx1 est négative; le raisonnement développé ci-dessus reste applicable, à ceci près que la première loi de maille n'est plus valable. En effet, une tension de sélection Vx1 négative rend le cinquième transistor T5 conducteur tandis que le quatrième transistor T4 se bloque. La diode constituée par le transistor Q5 devient donc passante, et impose une tension V_{be} aux bornes de l'assemblage en série des deuxième et troisième résistances R21 et R31, qui forment un pont diviseur de tension. Il apparaît ainsi une tension $x.V_{be}$ aux bornes de la deuxième résistance R21, où $x=R21/(R21+R31)$. Une deuxième loi de maille donne donc : $x.V_{be}+V_{be}(T3)+V_{11}+V_{eb}=V_{be}(Q1)+V_{be}(Q2)+V_{be}(Q3)$, soit encore $V_{11}=V_{be}(1-x)$. On obtient alors $I1=(1-x).V_{be}/R11$. Lorsque la tension de sélection est négative, la valeur nominale du courant de sortie IO1 de la source de courant contrôlée CS1 ne représente donc plus qu'une fraction de la valeur nominale que prend le courant de sortie IO1 lorsque la tension de sélection Vx1 est positive. La tension de sélection Vx1 permet ainsi de choisir la valeur nominale du courant de sortie IO1 parmi deux valeurs prédéterminées, l'une étant égale à (1-x) fois l'autre. Cette possibilité s'avère intéressante dans certaines applications, telles celle qui est décrite à la figure suivante.

[0024] La figure 4 représente partiellement un appareil récepteur de signaux radioélectriques qui incorpore une pompe de charge CP construite sur la base de deux sources de courant contrôlées CS1 et CS2 du type décrit ci-dessus. Cet appareil comporte un système d'antenne et de filtrage AF permettant la réception d'un signal dont la fréquence est sélectionnée au sein d'une gamme de fréquences donnée, et sa transformation en un signal électronique Vfr, dit signal radio, ayant une fréquence FR appelée fréquence radio. Une conversion de fréquence, à partir de la fréquence radio FR sélectionnée vers une fréquence intermédiaire FI prédéterminée, est réalisée dans cet appareil au moyen d'un mélangeur MX destiné à recevoir le signal radio Vfr, d'une part, et un signal de sortie Vco d'un oscillateur local OSC dont la fréquence d'oscillation FLO est déterminée par la valeur d'une tension de réglage Vtun, d'autre part. Cet appareil comporte en outre un détecteur de phase/fréquence PD destiné à comparer la fréquence FLO du signal de sortie Vco de l'oscillateur OSC avec la fréquence FREF d'un signal de référence Vref, et à délivrer à la pompe de charge CP des signaux de commande V1, V2 et de sélection Vx1, Vx2, dont les valeurs dépendent du résultat de ladite comparaison. La sortie de la pompe de charge CP est reliée à une capacité Cs destinée à générer à ses bornes la tension de réglage Vtun.

[0025] Le mélangeur MX est conçu de sorte que $FI=FR-FLO$, la valeur de la fréquence intermédiaire FI étant fixée, par exemple au moyen d'un dispositif de filtrage, non représenté sur la figure, disposé en sortie du mélangeur MX. La fréquence d'oscillation FLO détermine la fréquence radio FR du signal radio sélectionné, puisque $FR=FLO+FI$. Le choix de la valeur de la fréquence de référence FREF, effectué par l'utilisateur de l'appareil récepteur, définit donc le signal radio à sélectionner. La fréquence d'oscillation FLO est contrôlée au moyen d'une boucle à verrouillage de phase incorporant la pompe de charge CP. Cette boucle fonctionne de la manière suivante : lorsque la fréquence d'oscillation FLO est inférieure à la fréquence de référence FREF, le détecteur de phase/fréquence PD délivre une tension de commande V2 positive à la pompe de charge CP qui débite alors un courant de sortie Ics positif vers la capacité Cs. La tension de réglage Vtun présente aux bornes de ladite capacité Cs augmente alors, provoquant l'augmentation de la valeur de la fréquence d'oscillation FLO. Ce cycle est répété jusqu'à ce que la fréquence d'oscillation FLO devienne égale à la fréquence de référence FREF, la boucle atteignant alors son état de verrouillage. (Ce raisonnement peut être transposé au cas où la fréquence fréquence d'oscillation FLO serait supérieure à la fréquence de référence FREF, le détecteur de phase/fréquence PD délivrant une tension de commande V1 positive à la pompe de charge CP qui commande alors au moyen d'un courant de sortie Ics négatif une diminution de la valeur de la tension de réglage Vtun, et donc de la fréquence d'oscillation FLO). A l'approche de l'état de verrouillage, c'est-à-dire lorsque le

détecteur de phase/fréquence PD identifiera une différence entre les fréquences FREF et FLO non-nulle mais inférieure à un seuil prédéterminé, ledit détecteur de phase/fréquence PD pourra avantageusement délivrer à la pompe de charge CP une tension de commande Vx2 négative, en plus de la tension de commande V2 positive. Ceci provoquera une importante diminution de la valeur nominale du courant de sortie Ics de la pompe de charge CP, ce qui diminuera les risques que ne surviennent des dépassements de correction. De tels dépassements se produisent lorsqu'une valeur trop importante du courant de sortie Ics entraîne une trop forte augmentation de la tension de réglage Vtun et donc de la valeur de la fréquence d'oscillation FLO, qui devient supérieure à la valeur de la fréquence de référence FREF, conduisant le détecteur de phase/fréquence PD à commander à la pompe de charge CP une inversion de son courant de sortie Ics. De tels phénomènes peuvent conduire à une instabilité de la boucle. La réduction de l'ampleur des corrections obtenue grâce à la tension de sélection Vx2 négative permet donc à la boucle de parvenir plus rapidement à son état de verrouillage.

25 Revendications

1. Source de courant contrôlée (CS1), munie d'une entrée de commande destinée à recevoir un signal de commande (V1), et d'une sortie destinée à délivrer un courant (I1) dont la valeur- dépend de la valeur du signal de commande (V1), comprenant un module de contrôle (CNT1) muni d'une entrée destinée à recevoir le signal de commande (V1), et d'une sortie. destinée à délivrer un signal de courant (I1) dépendant de la valeur du signal de commande (V1) et permettant la mise en conduction d'un module de puissance (PA1), source de courant dans laquelle :
 - ledit module de puissance (PA1) comprend une pluralité de transistors de puissance disposés en parallèle, chaque transistor étant muni d'une borne de référence, d'une borne de transfert et d'une borne de polarisation, les bornes de transfert des transistors de puissance étant reliées ensemble à la sortie de la source de courant (CS1), les bornes de référence des transistors de puissance étant reliées ensemble à la sortie du module de contrôle (CNT1), les bornes de polarisation des transistors de puissance étant soumises en permanence, lorsque la source de courant (CS1) est en fonctionnement, une tension de valeur prédéterminée permettant de rendre lesdits transistors de puissance potentiellement conducteurs,
 - le module de contrôle (CNT1) comporte un premier transistor (T1) et un deuxième transistor (T2) formant une première paire différentielle et

destinés à recevoir sur leurs bornes de polarisation le signal de commande (V1), un troisième transistor (T3) dont le trajet de courant principal est disposé en série avec une première puissance (R11), entre une borne positive d'alimentation (VCC) et la sortie du module de contrôle (CNT1), la borne de transfert du premier transistor (T1) étant reliée à la borne positive d'alimentation (VCC), la borne de transfert du deuxième transistor (T2) étant reliée d'une part à la borne positive d'alimentation (VCC) via une deuxième résistance (R21), et reliée d'autre part à la borne de polarisation du troisième transistor (T3).

2. Source de courant contrôlée selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le module de contrôle (CNT1) comporte en outre un quatrième transistor (T4) et un cinquième transistor (T5) formant une deuxième paire différentielle, lesdits transistors (T4, T5) - étant destinés à recevoir sur leurs bornes de polarisation un signal de sélection, (Vx1), la borne de transfert du quatrième transistor (T4) étant reliée à la borne positive d'alimentation (VCC), la borne de transfert du cinquième transistor (T5) étant reliée d'une part à la borne positive d'alimentation (VCC) via un élément régulateur de tension (Q5), et reliée d'autre part à la borne de polarisation du troisième transistor (T3) via une troisième résistance (R31).
3. Source de courant contrôlée selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** l'élément régulateur de tension (Q5) est constitué par une diode.
4. Pompe de charge munie de deux entrées de commande destinées à recevoir des signaux de commande (V1, V2), et d'une sortie destinée à délivrer un courant de sortie (OUT) dont le sens et la valeur dépendent des valeurs des signaux de commande (V1, V2), **caractérisée en ce qu'elle** comporte une première source de courant (CS1) et une deuxième source de courant (CS2) telles que définies par la revendication 1, 2 ou 3, sources de courant dont les entrées de commande (V1, V2) constituent les entrées de commande de la pompe de charge, les sorties (OUT1, OUT2) des première et deuxième sources de courant étant reliées aux première et deuxième branches d'un miroir de courant, la sortie de l'une des sources de courant (CS1, CS2) étant en outre reliée à la sortie (OUT) de la pompe de charge.
5. Pompe de charge selon la revendication 4, **caractérisée en ce qu'elle** comporte en outre une source de courant de drainage destinée à débiter en permanence, lorsque la pompe de charge est en fonctionnement, un courant (Id) dont la valeur nominale

est négligeable devant la valeur maximale du courant de sortie de la pompe de charge, la source de courant de drainage (Id) étant disposée entre la sortie de la source de courant qui n'est pas, reliée à la sortie (OUT) de la pompe de charge, et une borne négative d'alimentation (GND).

6. Appareil récepteur de signaux radioélectriques, comportant un système d'antenne et de filtrage (AF) permettant la réception d'un signal dont la fréquence (FR) est sélectionnée au sein d'une gamme de fréquences donnée, et sa transformation en un signal électronique dit signal radio (Vfr), appareil dans lequel une conversion de fréquence, à partir de la fréquence sélectionnée vers une fréquence intermédiaire prédéterminée (FI), est réalisée au moyen d'un mélangeur (MX) destiné à recevoir d'une part le signal radio (Vfr), et d'autre part un signal de sortie d'un oscillateur local (OSC) dont la fréquence (FLO) est déterminée par la valeur d'une tension de réglage (Vtun), appareil comportant en outre un détecteur de phase/fréquence (PD) destiné à comparer la fréquence (FLO) du signal de sortie de l'oscillateur (OSC) avec la fréquence (FREF) d'un signal de référence. (Vref), et destiné à délivrer à une pompe de charge (CP) des signaux de commande (V1, V2) dont les valeurs dépendent du résultat de ladite comparaison, la sortie de la pompe de charge étant reliée à une capacité (Cs) destinée à générer à ses bornes la tension de réglage (Vtun), appareil **caractérisé en ce que** la pompe de charge est conforme à la revendication 4 ou 5.

35 Claims

1. A controlled current source (CS1) having a control input intended to receive a control signal (V1), and an output intended to supply a current (I1) whose value depends on the value of the control signal (V1), comprising a control module (CNT1) having an input intended to receive the control signal (V1), and an output intended to supply a signal having a current (I1) dependent on the value of the control signal (V1) and enabling a power module (PA1) to be rendered conducting, in which current source
 - said power module (PA1) comprises a plurality of parallel-arranged power transistors each having a reference terminal, a transfer terminal and a bias terminal, the transfer terminals of the power transistors being jointly connected to the output of the current source (CS1), the reference terminals of the power transistors being jointly connected to the output of the control module (CNT1), the bias terminals of the power transistors being permanently subjected, in the operative state of the current source (CS 1), to

- a voltage of a predetermined value enabling said power transistors to be rendered potentially conducting,
- the control module (CNT1) comprises a first transistor (T1) and a second transistor (T2) constituting a first differential pair and intended to receive the control signal (V1) at their bias terminals, and a third transistor (T3) whose main current path is arranged, in series with a first resistor (R11), between a positive power supply terminal (VCC) and the output of the control module (CNT1), the transfer terminal of the first transistor (T1) being connected to the positive power supply terminal (VCC), the transfer terminal of the second transistor (T2) being connected to the positive power supply terminal (VCC) via a second resistor (R21), on the one hand, and to the bias terminal of the third transistor (T3), on the other hand.
2. A controlled current source as claimed in claim 1, **characterized in that** the control module (CNT1) also comprises a fourth transistor (T4) and a fifth transistor (T5) constituting a second differential pair, said transistors (T4, T5) being intended to receive a selection signal (Vx1) at their bias terminals, the transfer terminal of the fourth transistor (T4) being connected to the positive power supply terminal (VCC), the transfer terminal of the fifth transistor (T5) being connected to the positive power terminal (VCC) via a voltage-regulating element (Q5), on the one hand, and to the bias terminal of the third transistor (T3) via a third resistor (R31), on the other hand.
 3. A controlled current source as claimed in claim 2, **characterized in that** the voltage-regulating element (Q5) is constituted by a diode.
 4. A charge pump having two control inputs intended to receive control signals (V1, V2), and an output intended to supply an output current (OUT) whose direction and value depend on the values of the control signals (V1, V2), **characterized in that** it comprises a first current source (CS1) and a second current source (CS2) as claimed in claim 1, 2, or 3, whose control inputs (V1, V2) constitute the control inputs of the charge pump, the outputs (OUT1, OUT2) of the first and second current sources being connected to the first and the second branch of a current mirror, the output of one of the current sources (CS1, CS2) being also connected to the output (OUT) of the charge pump.
 5. A charge pump as claimed in claim 4, **characterized in that** it also comprises a draining current source intended to permanently supply, in the operative state of the charge pump, a current (Id)

whose nominal value is negligible with regard to the maximum value of the output current of the charge pump, the draining current source (Id) being arranged between that output of the current source which is not connected to the output (OUT) of the charge pump, and a negative power supply terminal (GND).

6. An apparatus for receiving radioelectric signals, comprising an antenna and filtering system (AF) allowing reception of a signal whose frequency (FR) is selected within a given range of frequencies, and its transformation into an electronic signal referred to as radio signal (Vfr), in which apparatus a frequency conversion from the selected frequency to a predetermined intermediate frequency (FI) is performed by means of a mixer (MX) intended to receive the radio signal (Vfr), on the one hand, and an output signal of a local oscillator (OSC) whose frequency (FLO) is determined by the value of a tuning voltage (Vtun), on the other hand, said apparatus also comprising a phase/frequency detector (PD) intended to compare the frequency (FLO) of the output signal of the oscillator (OSC) with the frequency (FREF) of a reference signal (Vref) and to supply, to a charge pump (CP), control signals (V1, V2) whose values depend on the result of said comparison, the output of the charge pump being connected to a capacitor (C3) intended to generate the tuning voltage (Vtun) at its terminals, **characterized in that** the charge pump is a charge pump as claimed in claim 4 or 5.

35 Patentansprüche

1. Gesteuerte Stromquelle (CS1), versehen mit einem Steuereingang für den Erhalt eines Steuersignals (V1) und einem Ausgang für die Abgabe eines Stroms (I1), dessen Wert vom Wert des Steuersignals (V1) abhängt, mit einem Steuermodul (CNT1), versehen mit einem Eingang für den Erhalt des Steuersignals (V1) und einem Ausgang für die Abgabe eines Stromsignals (I1), dessen Wert vom Wert des Steuersignals (V1) abhängt und es ermöglicht, ein Leistungsmodul (PA1) leitend zu machen, wobei in der Stromquelle:
 - das besagte Leistungsmodul (PA1) eine Vielzahl sogenannter Leistungstransistoren enthält, parallel angeordnet, und jeder Transistor mit einer Bezugsklemme, einer Transferklemme und einer Polarisationsklemme versehen ist, die Transferklemmen der Leistungstransistoren zusammen mit dem Ausgang der Stromquelle (CS1) verbunden sind, Bezugsklemmen der Leistungstransistoren zusammen mit dem Ausgang des Steuermoduls (CNT1) verbunden

- sind und die Polarisationsklemmen der Leistungstransistoren, wenn die Stromquelle (CS 1) in Betrieb ist, permanent einer Spannung eines vorbestimmten Wertes ausgesetzt sind, was es ermöglicht, die besagten Leistungstransistoren potenziell leitend zu machen,
- das Steuermodul (CNT1) einen ersten Transistor (T1) und einen zweiten Transistor (T1) aufweist, die ein erstes Differenzialpaar bilden und dafür bestimmt sind, an ihren Polarisationsklemmen das Steuersignal (V1) zu erhalten, und einen dritten Transistor (T3), dessen Hauptstromweg in Serie mit einem ersten Widerstand (R11) zwischen einer positiven Versorgungsklemme (VCC) und dem Ausgang des Steuermoduls (CNT1) angeordnet ist, während die Transferklemme des ersten Transistors (T1) mit der positiven Versorgungsklemme (VCC), die Transferklemme des zweiten Transistors (T2) einerseits über einen zweiten Widerstand (R21) mit der positiven Versorgungsklemme (VCC) und andererseits mit der Polarisationsklemme des dritten Transistors (T3) verbunden ist.
2. Gesteuerte Stromquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuermodul (CNT1) außerdem einen vierten Transistor (T4) und einen fünften Transistor (T5) enthält, die ein zweites Differenzialpaar bilden, wobei die besagten Transistoren (T4, T5) dafür bestimmt sind, an ihren Polarisationsklemmen ein sogenanntes Auswahlsignal (Vx1) zu erhalten, die Transferklemme des vierten Transistors (T4) mit der positiven Versorgungsklemme (VCC) verbunden ist, die Transferklemme des fünften Transistors (T5) einerseits über ein Spannungsregelglied (Q5) mit der positiven Versorgungsklemme (VCC) und andererseits über einen dritten Widerstand (R31) mit der Polarisationsklemme des dritten Transistors (T3) verbunden ist.
 3. Gesteuerte Stromquelle nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spannungsregelglied (Q5) aus einer Diode gebildet wird.
 4. Ladepumpe, versehen mit zwei Steuereingängen für den Erhalt der Steuersignale (V1, V2) und einem Ausgang zur Abgabe eines Ausgangsstroms (OUT), dessen Richtung und Wert von den Werten der Steuersignale (V1, V2) abhängen, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine erste Stromquelle (CS1) und eine zweite gesteuerte Stromquelle (CS2) wie in den Ansprüchen 1, 2 oder 3 definiert enthält, wobei die Steuereingänge (V1, V2) dieser Stromquellen die Steuereingänge der Ladepumpe bilden, die Ausgänge (OUT1, OUT2) der ersten und zweiten Stromquelle mit dem ersten und zweiten Zweig eines Stromspiegels verbunden sind und der Ausgang einer der Stromquellen (CS1, CS2) außerdem mit dem Ausgang (OUT) der Ladepumpe verbunden ist.
 5. Ladepumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem eine Drain-Stromquelle enthält, um, wenn die Ladepumpe in Betrieb ist, ständig einen Strom (Id) abzugeben, dessen Nominalwert gegenüber dem Maximalwert des Ausgangsstroms der Ladepumpe vernachlässigbar ist, während die Drain-Stromquelle (Id) zwischen demjenigen der Ausgänge der Stromquelle, die keine Verbindung mit dem Ausgang (OUT) der Ladepumpe hat, und einer negativen Versorgungsklemme (GND) angeordnet ist.
 6. Empfangsgerät von Funksignalen mit einem Antennen- und Filtersystem, (AF) um den Empfang eines Signals zu ermöglichen, dessen Frequenz (FR) innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs ausgewählt wird, und seine Umwandlung in ein elektronisches Signal, einem sogenannten Funksignal (Vfr), ein Gerät, in dem eine Frequenzwandlung von der ausgewählten Frequenz in eine vorbestimmte Zwischenfrequenz (FI) mit einem Mischer (MX) ausgeführt wird, der einerseits für den Erhalt des Funksignals (Vfr) und andererseits eines Ausgangssignals aus einem lokalen Oszillator (OSC) bestimmt ist, dessen Frequenz (FLO) vom Wert einer Regelspannung (Vtun) festgelegt wird, ein Gerät, das außerdem einen Phasen/Frequenz-Detektor (PD) aufweist, dafür bestimmt, die Frequenz (FLO) des Ausgangssignals des Oszillators (OSC) mit der Frequenz (FREF) eines Bezugssignals (Vref) zu vergleichen, und dafür bestimmt, einer Ladepumpe (CP) die Steuersignale (V1, V2) abzugeben, deren Werte vom Ergebnis des besagten Vergleichs abhängen, wobei der Ausgang der Ladepumpe mit einer Kapazität (Cs) verbunden ist, die zur Erzeugung der Regelspannung (Vtun) an ihren Klemmen vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnetes** Gerät, dass die Ladepumpe dem Anspruch 4 oder 5 entspricht.

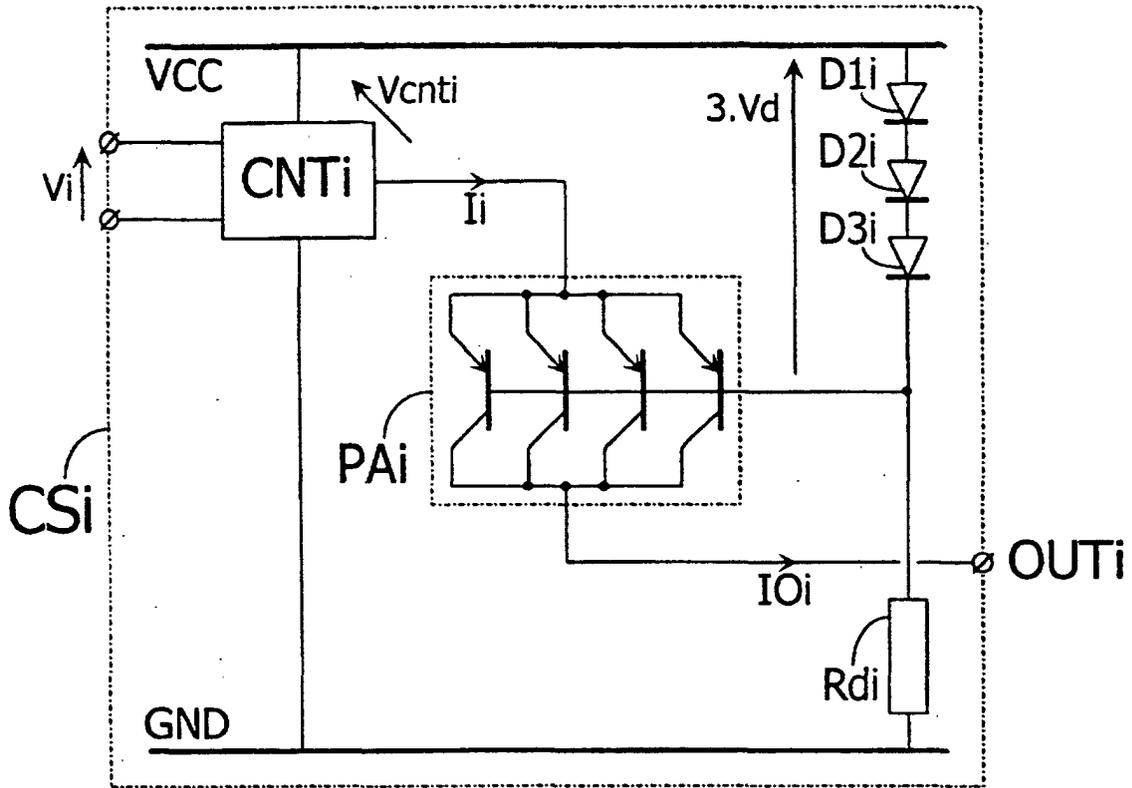


FIG.1

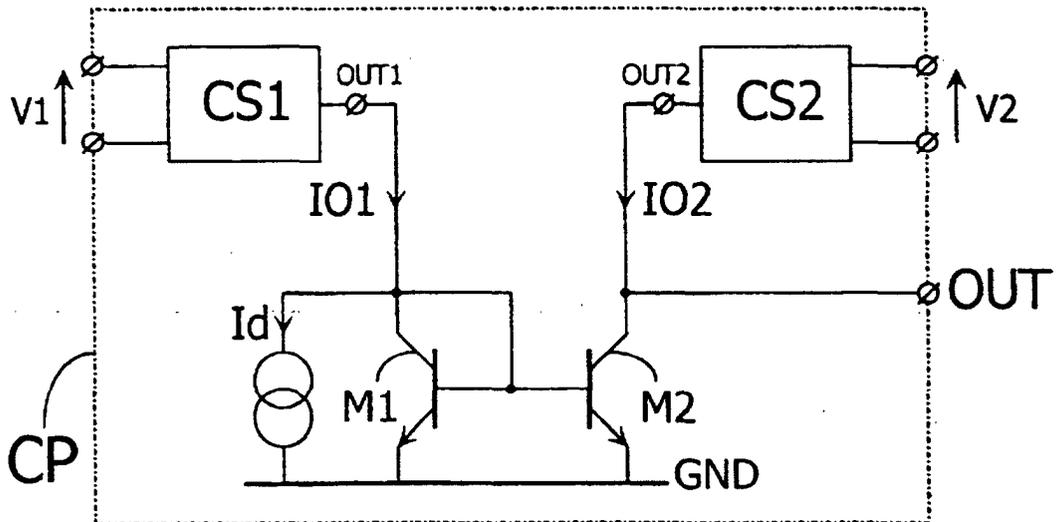


FIG.2

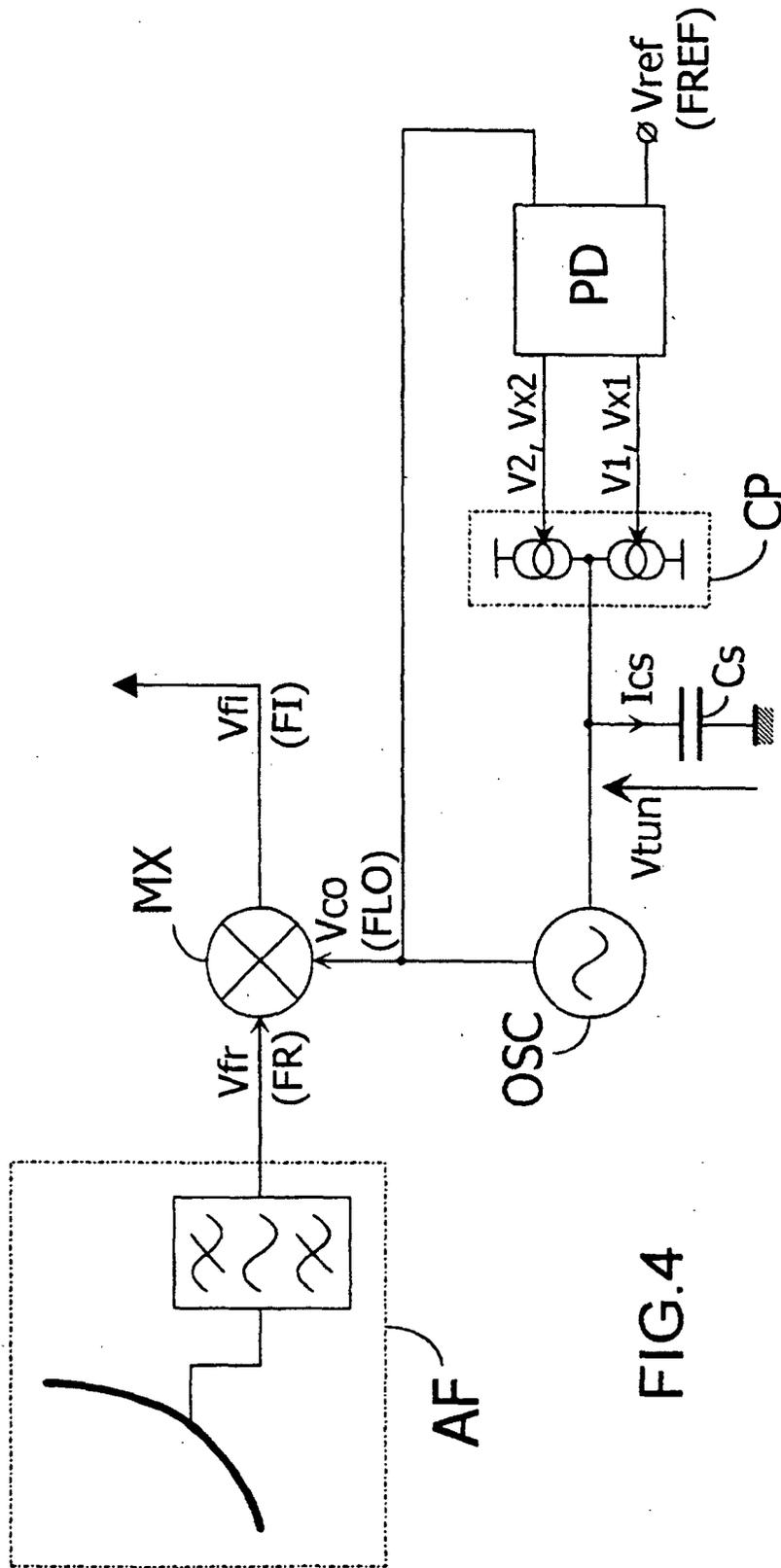


FIG.4