

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.10.24 Bulletin 24/42.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : STMicroelectronics International N.V.
Société de droit néerlandais — CH.

72 Inventeur(s) : LE FEVRE Philippe, GAMET Arnaud et
DANY Estelle.

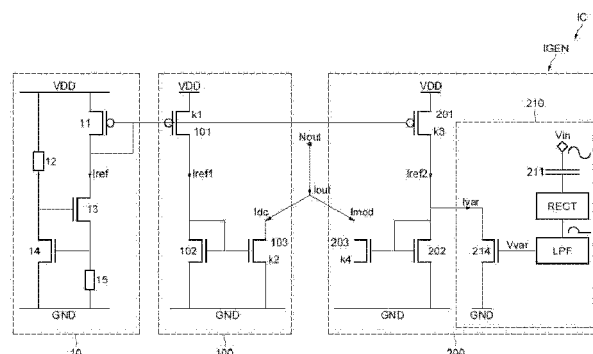
73 Titulaire(s) : STMicroelectronics International N.V.
Société de droit néerlandais.

74 Mandataire(s) : CASALONGA.

54 Circuit intégré comprenant une source de courant d'intensité modulée et procédé de génération
correspondant.

57 Le circuit intégré comprend une source de courant
(IGEN) configurée pour générer un courant de commande
(Iout) d'intensité modulée par un signal d'entrée (Vin). La
source de courant comporte un premier étage (100) configu-
ré pour générer de manière autonome une composante
constante (Idc) du courant de commande, et un deuxième
étage (200) configuré pour générer de manière autonome
une composante (Imod) modulée par le signal d'entrée, du
courant de commande.

Figure pour l'abrégé : Fig.2



Description

Titre de l'invention : Circuit intégré comprenant une source de courant d'intensité modulée et procédé de génération correspondant.

- [0001] Des modes de réalisation et de mise en œuvre concernent les circuits intégrés, en particulier la génération de courant d'intensité modulée par un signal, notamment dans une boucle de contre-réaction d'un système asservi.
- [0002] Un système asservi est typiquement prévu pour générer un signal de sortie faisant une contre-réaction (on parle aussi de « rétroaction ») sur sa génération, par le biais d'une boucle de contre-réaction.
- [0003] La boucle de rétroaction peut générer un signal de rétroaction de nature différente que le signal de sortie. Par exemple, le signal de sortie asservit par la boucle de rétroaction peut être la valeur moyenne de l'amplitude d'un signal oscillateur en tension, ou le niveau de tension d'un point de potentiel ; tandis que le signal de rétroaction peut par exemple être véhiculé par un courant de commande.
- [0004] Par ailleurs, une grandeur qui n'est pas générée par le système peut asservir le système, par exemple une mesure de la température peut asservir un système générant un signal de sortie de nature quelconque. Le courant de commande peut être généré en fonction de la température afin de commander l'asservissement du signal de sortie.
- [0005] Indépendamment du système asservi, la génération des courants de commande, notamment dans les boucles de contre-réaction, présente des difficultés dans la mesure où les circuits générateurs de courants sont typiquement basés sur une architecture du type multiplicateur- β (« multiplicateur-beta »), tel qu'illustré par exemple par la [Fig.1].
- [0006] La [Fig.1] illustre un exemple classique de circuit générateur de courant IGEN_0 du type multiplicateur- β auto-régulé avec une boucle d'atténuation ATLP_0, typiquement utilisé pour la contre-réaction d'un système générant un signal alternatif Vin_0.
- [0007] La contre-réaction utilise une non-linéarité de la conception fournissant un effet d'écarter RECT_0 et un filtre passe-bas LPF_0 afin de générer un courant de sortie Iout_0 dont l'intensité varie inversement à la valeur moyenne de l'amplitude du signal d'entrée Vin (par l'effet écarteur RECT_0 pour isoler l'amplitude et par l'effet du filtre LPF_0 pour obtenir une moyenne).
- [0008] Ce type de circuit IGEN_0 a pour inconvénients de présenter un gain de contre-réaction fortement lié à la valeur de la composante de continue du courant de sortie Iout_0, et qu'il est difficile, voire impossible, de régler un élément du circuit IGEN_0 sans perturber tous les autres. Ainsi, toute modification entraîne un redimensionnement

complet du circuit IGEN_0, ce qui rend le circuit difficile à paramétrer et à adapter par exemple en fonction de l'application qui en est faite.

- [0009] Ce type de circuit IGEN_0 nécessite en outre un courant initial au démarrage Istrup_0 généré par un circuit annexe, ce qui est désavantageux en soi.
- [0010] Ce type de circuit peut par ailleurs subir un effet « hump » correspondant sommairement à un effet de transistor parasite dans certaines conditions. L'effet « hump » peut engendrer une amplification de la rétroaction négative sur le signal de sortie Iout_0, réduisant le signal de sortie sous une valeur minimal de fonctionnement et engendrant des redémarrages du circuit avec le courant initial de démarrage Istrup_0, suivant une allure cyclique de pompage PMP. A toute fin utile au sujet de l'effet « hump », l'homme de l'art pourra se référer par exemple à la publication : Y. Joly et al., « Impact of hump effect on MOSFET mismatch in the sub-threshold area for low power analog applications, » 2010 10th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology, 2010, pp. 1817-1819, doi: 10.1109/ICSICT.2010.5667684.
- [0011] Ainsi, il existe un besoin de proposer des sources de courant d'intensité modulée par un signal d'entrée, notamment au sein d'une boucle de contre-réaction d'un système asservi, ne subissant pas les inconvénients susmentionnés.
- [0012] A cet égard, selon un aspect il est proposé un circuit intégré comprenant une source de courant configurée pour générer un courant de commande d'intensité modulée par un signal d'entrée, dans lequel la source de courant comporte un premier étage configuré pour générer de manière autonome une composante constante du courant de commande, et un deuxième étage configuré pour générer de manière autonome une composante modulée par le signal d'entrée, du courant de commande.
- [0013] Ainsi, contrairement aux architectures classiques du type multiplicateur- β auto-régulé avec une boucle d'atténuation ([Fig.1]), la génération du courant constant et la génération du courant modulé de rétroaction sont totalement décorrélées. Les deux composantes du courant de commande peuvent ainsi être réglées et paramétrées facilement et avec une grande souplesse, permettant avantageusement d'accélérer la durée des cycles de conception, d'adapter facilement le circuit à une modification ou une mise à jour de circuits annexes collaborant avec la source de courant, et de faciliter les phases de réglage (usuellement « trimming » en anglais) des productions industrielles.
- [0014] Ainsi, par exemple et en particulier, la composante continue du courant de commande peut être dimensionnée pour annuler ou prévenir l'effet « hump » ou l'effet de pompage cyclique, indépendamment de la conception de la rétroaction. Réciproquement, la composante modulée peut elle aussi être réglée indépendamment de la composante continue. On notera que l'effet « hump » peut se produire ou non de

manière aléatoire sur des réalisations données du même circuit intégré.

- [0015] Selon un mode de réalisation, la source de courant comporte un circuit générateur de référence configuré pour générer un courant de référence, le premier étage comporte un premier montage miroir de courant alimenté par le courant de référence, et le deuxième étage comportant un deuxième montage miroir de courant alimenté par le courant de référence.
- [0016] Cela correspond à une réalisation simple et efficace, bénéficiant de tous les avantages mentionnés ci-avant. Par exemple le circuit génération de référence peut être un circuit du type référence auto-polarisée (usuellement « self-biased reference » en anglais).
- [0017] Selon un mode de réalisation, le deuxième étage comporte un circuit convertisseur configuré pour générer un courant de modulation ayant une intensité variant en fonction du signal d'entrée, et pour injecter ou extraire le courant de modulation au courant de référence alimentant le deuxième montage miroir de courant.
- [0018] Cela permet là-encore d'adapter aisément la fonction de modulation de la composante modulée du principe de génération du courant de commande. En effet, on pourra adapter le circuit convertisseur à une fonction souhaitée pour la modulation, par exemple une fonction linéaire, ou un échelon carré, ou une fonction parabolique, ou toute autre transformation mathématique.
- [0019] Selon un mode de réalisation, le deuxième étage est configuré pour générer la composante modulée proportionnelle à la valeur moyenne de l'amplitude d'un signal alternatif comme signal d'entrée.
- [0020] Selon un mode de réalisation, le circuit intégré comporte un système asservi par une boucle de commande, par exemple une boucle de contre-réaction, la boucle de commande comprenant ladite source de courant, le courant de commande asservissant un signal de sortie du système.
- [0021] Selon un mode de réalisation, le système comporte un oscillateur à quartz configuré pour générer un signal de sortie alternatif du système, le signal de sortie du système étant le signal d'entrée alternatif de la boucle de commande.
- [0022] Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de génération d'un courant de commande d'intensité modulée par un signal d'entrée, dans lequel la génération du courant de commande comporte une première génération autonome d'une composante constante du courant de commande, et une deuxième génération autonome d'une composante modulée par le signal d'entrée, du courant de commande.
- [0023] Selon un mode de mise en œuvre, la génération du courant de commande comporte une génération d'un courant de référence alimentant ladite première génération autonome et ladite deuxième génération autonome.
- [0024] Selon un mode de mise en œuvre, la deuxième génération autonome de la composante modulée du courant de commande comporte une génération d'un courant

de modulation ayant une intensité variant en fonction du signal d'entrée, et une injection ou une extraction du courant de modulation au courant de référence alimentant ladite deuxième génération.

- [0025] Selon un mode de mise en œuvre, la composante modulée est proportionnelle à la valeur moyenne de l'amplitude d'un signal d'entrée alternatif.
- [0026] Selon un mode de mise en œuvre, le procédé comporte un asservissement d'un système par une boucle de commande, la boucle de commande comprenant ladite génération du courant de commande, le courant de commande asservissant un signal de sortie du système.
- [0027] Selon un mode de mise en œuvre, le signal de sortie alternatif du système est généré par un oscillateur à quartz, le signal de sortie du système étant le signal d'entrée alternatif de la boucle de commande.
- [0028] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de réalisation et de mise en œuvre, nullement limitatifs, et des dessins annexés, sur lesquels les figures :
- [0029] [Fig.1], précédemment décrite, illustre un exemple classique de circuit générateur de courant ;
- [0030] [Fig.2] et
- [0031] [Fig.3] et
- [0032] [Fig.4] illustrent des modes de réalisation et de mise en œuvre de l'invention.
- [0033] La [Fig.2] illustre un exemple de circuit d'une source de courant IGEN, usuellement réalisé de façon intégrée dans un circuit intégré IC. Par exemple, la source de courant peut être destinée à appartenir une boucle de commande ou de rétroaction d'un système asservi (voir [Fig.4] ci-après), afin de générer un courant de commande Iout asservissant un signal de sortie du système Vout.
- [0034] La source de courant IGEN est configurée pour générer un courant de commande Iout d'intensité modulée par un signal d'entrée Vin.
- [0035] Le signal d'entrée Vin est par exemple obtenue à partir du signal de sortie Vout.
- [0036] La source de courant IGEN comporte un premier étage 100 configuré pour générer de manière autonome une composante constante Idc du courant de commande Iout, et un deuxième étage 200 configuré pour générer de manière autonome une composante modulée Imod du courant de commande Iout. La composante modulée Imod est modulée par le signal d'entrée Vin, autrement dit, la composante modulée Imod est générée en fonction du signal d'entrée Vin.
- [0037] Dans cet exemple, la source de courant IGEN comporte un circuit générateur de référence 10 configuré pour générer un courant de référence Iref constant, par exemple un circuit du type référence auto-polarisée (usuellement « self-biased reference » en anglais). Le premier étage 100 comporte un premier montage miroir de courant 102,

103 alimenté par le courant de référence, ou par une première copie I_{ref1} du courant de référence I_{ref} . Le deuxième étage 200 comporte un deuxième montage miroir de courant 202, 203 alimenté par le courant de référence, ou par une deuxième copie I_{ref2} du courant de référence I_{ref} .

- [0038] En outre, dans cet exemple, pour générer la composante modulée I_{mod} en fonction du signal d'entrée V_{in} , le deuxième étage 200 comporte un circuit convertisseur 210 configuré pour générer un courant de modulation I_{var} ayant une intensité variant en fonction du signal d'entrée V_{in} . Le courant de modulation I_{var} est injecté ou extrait au courant de référence I_{ref2} alimentant le deuxième montage miroir de courant.
- [0039] Selon un exemple pratique élémentaire, tel que représenté par la [Fig.2], le circuit de génération de référence 10 du type référence auto-polarisée comporte un transistor PMOS monté en diode 11 dont la source est couplé à une borne de tension d'alimentation VDD, un élément résistif 12 couplé à la borne VDD, un transistor NMOS 13 dont le drain est couplé à cathode (nœud drain-grille) du transistor PMOS monté en diode 11, et dont la grille est couplée à l'élément résistif 12 et au drain d'un autre transistor NMOS 14. La grille de cet autre transistor 14 est couplée à la source du transistor NMOS 13, et sa source est couplée à une borne de tension de référence de masse GND. Une charge 15 est couplé entre la source du transistor NMOS 13 et la masse GND.
- [0040] Ainsi, le courant de référence I_{ref} généré sur le drain du transistor PMOS monté en diode 11 est constant et en particulier ne varie pas selon des fluctuations de la tension d'alimentation VDD.
- [0041] Le premier étage 100 comporte un premier transistor PMOS de copie 101 dont la grille est commandée par la tension de la cathode (nœud grille-drain) du transistor PMOS monté en diode 11 (soit la tension de seuil), de manière à générer une première copie I_{ref1} du courant de référence I_{ref} , que l'on nommera premier courant de copie I_{ref1} . L'intensité du premier courant de copie I_{ref1} peut être égale à un facteur k_1 du courant de référence I_{ref} ou égale au courant de référence I_{ref} ($k_1=1$).
- [0042] Dans le premier étage 100, le premier montage miroir de courant comporte un transistor NMOS monté en diode 102, couplé entre le drain du premier transistor PMOS de copie 101 et la masse GND, et un transistor NMOS de copie 103 commandée par la tension de la cathode (nœud grille-drain) du transistor NMOS monté en diode 102 (soit la tension de seuil), et dont le drain est couplé à un nœud de sortie Nout et la source à la masse GND.
- [0043] Ainsi, le premier montage miroir de courant 102, 103 est alimenté par le premier courant de copie I_{ref1} et permet de générer un premier courant de sortie I_{dc} sur le nœud de sortie Nout. L'intensité du premier courant de sortie I_{dc} peut être égal à un facteur k_2 du premier courant de copie I_{ref1} ou égal au premier courant de copie I_{ref}

($k_2=1$). Ainsi, on a généré un courant constant I_{dc} proportionnel ou égal au courant de référence I_{ref} , qui appartient au courant de commande I_{out} en tant que composante constante I_{dc} .

- [0044] Le deuxième étage 200 comporte un deuxième transistor PMOS de copie 201 dont la grille est commandée par la tension de cathode (nœud grille-drain) du transistor PMOS monté en diode 11 (soit la tension de seuil), de manière à générer une deuxième copie I_{ref2} du courant de référence I_{ref} , que l'on nommera deuxième courant de copie I_{ref2} . L'intensité du deuxième courant de copie I_{ref2} peut être égale à un facteur k_3 du courant de référence I_{ref} ou égale au courant de référence I_{ref} ($k_3=1$).
- [0045] Dans le deuxième étage 200, le deuxième montage miroir de courant comporte un transistor NMOS monté en diode 202, couplé entre le drain du deuxième transistor PMOS de copie 201 et la masse GND, et un transistor NMOS de copie 203 commandée par la tension de cathode (nœud grille-drain) du transistor NMOS monté en diode 202 (soit tension de seuil), et dont le drain est couplé au nœud de sortie Nout et la source à la masse GND.
- [0046] Ainsi, le deuxième montage miroir de courant 202, 203 est alimenté par le deuxième courant de copie I_{ref2} et permet de générer un deuxième courant de sortie I_{mod} sur le nœud de sortie Nout. L'intensité du deuxième courant de sortie I_{mod} peut être égal à un facteur k_4 du courant qui circule dans le transistor NMOS monté en diode 202 du deuxième étage 200.
- [0047] Or, le courant de modulation I_{var} a été injecté ou extrait (selon le signe de la génération par le convertisseur d'entrée 210 du courant de modulation I_{var}) au deuxième courant de copie I_{ref2} alimentant le deuxième montage miroir de courant 202, 203, c'est-à-dire au courant qui circule dans le transistor NMOS monté en diode 202 du deuxième étage 200.
- [0048] Ainsi, on a généré un courant I_{mod} supportant des variations générées en fonction du signal d'entrée V_{in} , et qui appartient au courant de commande I_{out} en tant que composante modulée I_{mod} .
- [0049] On pourra préférer une extraction du courant de modulation I_{var} de même signe (positif ou négatif) que le signe deuxième courant de copie I_{ref2} (ou une injection du courant de modulation I_{var} de signe opposé au signe deuxième courant de copie I_{ref2}). En d'autres termes, on pourra préférer que le courant qui résulte de l'extraction/injection soit inférieure en valeur absolue au deuxième courant de copie I_{ref2} , soit : $|I_{ref2}-I_{var}| \leq |I_{ref2}|$. Cela permet que la composante modulée I_{mod} n'incorpore pas sa propre composante constante.
- [0050] Par exemple, un transistor NMOS de modulation 214 couplé entre la masse GND et l'anode (nœud drain-grille) du transistor 202, et commandé par un signal de commande de modulation V_{var} , peut permettre une telle extraction du courant I_{var} de signe positif

au deuxième courant de copie I_{ref2} de signe positif.

- [0051] Enfin, dans cet exemple, le convertisseur d'entrée 210 est adapté pour générer le courant de modulation I_{var} correspondant à la valeur moyenne de l'amplitude du signal d'entrée alternatif V_{in} ; de sorte que, la composante modulée I_{mod} est inversement proportionnel à ladite valeur moyenne de l'amplitude du signal d'entrée alternatif V_{in} (notamment selon l'intensité du courant de modulation I_{var} et les facteurs k_3, k_4).
- [0052] A cet égard, le convertisseur d'entrée 210 peut comporter un circuit redresseur ou écrêteur RECT recevant le signal d'entrée V_{in} , typiquement via un élément capacitif 211 retirant un décalage, suivi d'un circuit de filtre passe-bas LPF fournissant le signal de commande de modulation V_{var} .
- [0053] Ainsi, le courant de commande I_{out} sur le nœud de sortie N_{out} résulte de la somme des courants circulant sur le nœud de sortie, c'est-à-dire la somme de la composante continue I_{dc} générée par le premier étage 100 et de la composante modulée I_{mod} générée par le deuxième étage 200.
- [0054] On se réfère à cet égard à la [Fig.3].
- [0055] La [Fig.3] illustre, sous la forme d'un graphique, le procédé de génération du courant de commande $I_{out} = I_{dc} + I_{mod}$ dont l'intensité est modulée par le signal d'entrée V_{in} ([Fig.2]), comportant une première génération autonome de la composante constante I_{dc0} du courant de commande I_{out} , et une deuxième génération autonome de la composante modulée I_{mod} du courant de commande, la composante modulée I_{mod} étant modulée par le signal d'entrée.
- [0056] Le courant de commande I_{out} est par exemple obtenu par la somme de la composante continue I_{dc} et de la composante modulée I_{mod} circulant sur le nœud de sortie N_{out} ([Fig.2]).
- [0057] Etant donné que la première génération par le premier étage 100 et la deuxième génération par le deuxième étage 200 génèrent respectivement, de manière autonome et indépendante, la composante constante I_{dc0} et la composante modulée I_{mod} , les deux composantes I_{dc}, I_{mod} du courant de commande I_{out} peuvent être réglées et paramétrées 301, 302 facilement et avec une grande souplesse.
- [0058] Dans le cas de la [Fig.3], et la composante modulée est proportionnelle à une grandeur d'entrée GRD_{IN} , et le réglage 302 peut par exemple correspondre au coefficient de la proportionnalité, c'est-à-dire l'inclinaison de la pente.
- [0059] La composante continue I_{dc} peut par exemple être réglée 301 à un niveau supérieur à une limite NA , de sorte que le signal de commande I_{out} reste toujours supérieure à cette valeur limite NA .
- [0060] Le courant constant I_{dc} peut ainsi être dimensionné 301 pour éviter des points de polarisation spécifiques NA , par exemple afin d'éviter de couper la polarisation de

l'ensemble du circuit et d'éviter un comportement non-linéaire indésirable du circuit (une cause possible d'un effet de pompage cyclique). Le courant constant I_{dc} peut également être prévu pour éviter certaines zones de polarisation spécifiques telles que des zones de polarisation pouvant engendrer un effet de bosse ou effet « hump ».

- [0061] Par ailleurs, on pourra aussi adapter le circuit convertisseur 210 à une fonction souhaitée pour la modulation, par exemple une fonction linéaire telle que représentée I_{mod} , ou un échelon carré, ou une fonction parabolique, ou toute autre transformation mathématique.
- [0062] L'architecture décrite en relation avec la [Fig.2] permet également de revenir à un point de polarisation de départ lorsque tous les stimuli sont désactivés, sans recourir à une génération d'un signal de réinitialisation.
- [0063] La [Fig.4] illustre deux exemples de systèmes asservis 410, 420 par une boucle de commande 411, 421, et comportant des moyens FT prévus pour générer un signal de sortie V_{out} .
- [0064] Par exemple, chaque système asservi 410, 420 peut être réalisé de façon intégrée dans le circuit intégré CI décrit précédemment en relation avec la [Fig.2]. La boucle de commande comprend la source de courant IGEN telle que décrite précédemment en relation avec les figures 2 et 3, de sorte que le courant de commande I_{out} permet d'asservir la génération du signal de sortie V_{out} du système.
- [0065] Dans le premier exemple de système asservi 410, la boucle de commande 411 est du type « boucle fermée de contre-réaction » (ou « feedback loop » en anglais) et utilise la sortie du système V_{out} pour réguler sa propre génération.
- [0066] Dans ce cas, le système 410 peut par exemple comporter un oscillateur à quartz FT configuré pour générer un signal de sortie du système V_{out} du type signal d'horloge alternatif. Le signal de sortie alternatif du système V_{out} est ainsi utilisé en tant que signal d'entrée alternatif V_{in} de la boucle de commande 411, et donc de la source de courant IGEN telle que décrite précédemment en relation avec la [Fig.2].
- [0067] Dans le deuxième exemple de système asservi 420, la boucle de commande 421 est du type « boucle ouverte de paramétrage » et permet de réguler la sortie du système V_{out} en fonction d'un paramètre extérieur, tel qu'une mesure faite par un capteur SNS.
- [0068] En effet, le critère de modulation dans l'application d'un oscillateur à quartz est typiquement l'amplitude de l'oscillation, tandis que d'autres applications peuvent être basées sur d'autres critères de modulation tels que la température, la tension d'alimentation, ou autre. La décorrélation des deux étages 100, 200 du générateur de courant IGEN permet d'adapter librement et facilement la fonctionnalité de rétroaction de manière à supprimer d'éventuelles instabilités de la conception (par exemple un effet de pompage).
- [0069] Enfin, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et de mise en œuvre

décrits ci-avant mais en embrasse toutes les variantes, par exemple, comme mentionné précédemment, les signes des courants et/ou des tensions de polarisation peuvent être inversés, la fonction de la modulation peut être définie différemment, et d'autres type de circuit peuvent être envisagés notamment pour le circuit générateur de référence.

Revendications

- [Revendication 1] Circuit intégré comprenant une source de courant (IGEN) configurée pour générer un courant de commande (I_{out}) d'intensité modulée par un signal d'entrée (V_{in}), dans lequel la source de courant comporte un premier étage (100) configuré pour générer de manière autonome une composante constante (I_{dc}) du courant de commande, et un deuxième étage (200) configuré pour générer de manière autonome une composante (I_{mod}) modulée par le signal d'entrée, du courant de commande.
- [Revendication 2] Circuit intégré selon la revendication 1, dans lequel la source de courant (IGEN) comporte un circuit générateur de référence (10) configuré pour générer un courant de référence (I_{ref}), le premier étage (100) comporte un premier montage miroir de courant (102, 103) alimenté par le courant de référence (I_{ref1}), et le deuxième étage (200) comporte un deuxième montage miroir de courant (202, 203) alimenté par le courant de référence (I_{ref2}).
- [Revendication 3] Circuit intégré selon la revendication 2, dans lequel le deuxième étage (200) comporte un circuit convertisseur (210) configuré pour générer un courant de modulation (I_{var}) ayant une intensité variant en fonction du signal d'entrée (V_{in}), et pour injecter ou extraire le courant de modulation (I_{var}) au courant de référence (I_{ref2}) alimentant le deuxième montage miroir de courant.
- [Revendication 4] Circuit intégré selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le deuxième étage (200) est configuré pour générer la composante modulée (I_{mod}) proportionnelle à la valeur moyenne de l'amplitude d'un signal alternatif comme signal d'entrée (V_{in}).
- [Revendication 5] Circuit intégré selon l'une des revendications précédentes, comportant un système asservi (410, 420) par une boucle de commande (411, 421), la boucle de commande comprenant ladite source de courant (IGEN), le courant de commande (I_{out}) asservissant un signal de sortie du système (V_{out}).
- [Revendication 6] Circuit intégré selon la revendication 5, dans lequel le système (410) comporte un oscillateur à quartz (FT) configuré pour générer un signal de sortie alternatif du système (V_{out}), le signal de sortie alternatif du système (V_{out}) étant le signal d'entrée alternatif (V_{in}) de la boucle de commande (411).
- [Revendication 7] Procédé de génération d'un courant de commande (I_{out}) d'intensité

modulée par un signal d'entrée (V_{in}), dans lequel la génération du courant de commande comporte une première génération (100) autonome d'une composante constante (I_{dc}) du courant de commande, et une deuxième génération (200) autonome d'une composante (I_{mod}) modulée par le signal d'entrée (V_{in}), du courant de commande.

[Revendication 8] Procédé selon la revendication 7, dans lequel la génération du courant de commande (I_{out}) comporte une génération d'un courant de référence (I_{ref}) alimentant ladite première génération autonome (100) et ladite deuxième génération autonome (200).

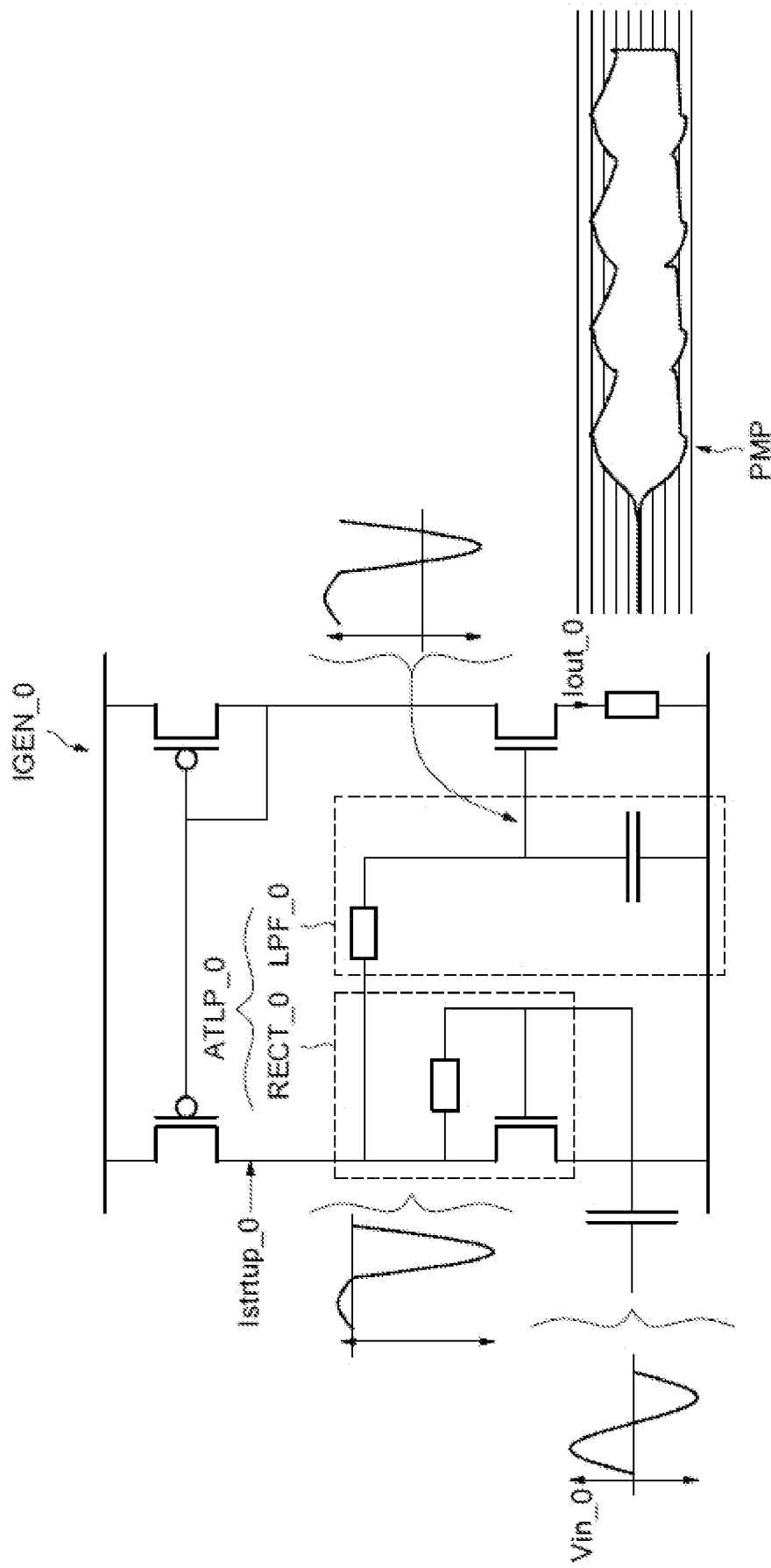
[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel la deuxième génération autonome (200) de la composante modulée (I_{mod}) du courant de commande comporte une génération d'un courant de modulation (I_{var}) ayant une intensité variant en fonction du signal d'entrée (V_{in}), et une injection ou une extraction du courant de modulation (I_{var}) au courant de référence (I_{ref2}) alimentant ladite deuxième génération.

[Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel la composante modulée (I_{mod}) est proportionnelle à la valeur moyenne de l'amplitude d'un signal d'entrée alternatif (V_{out}).

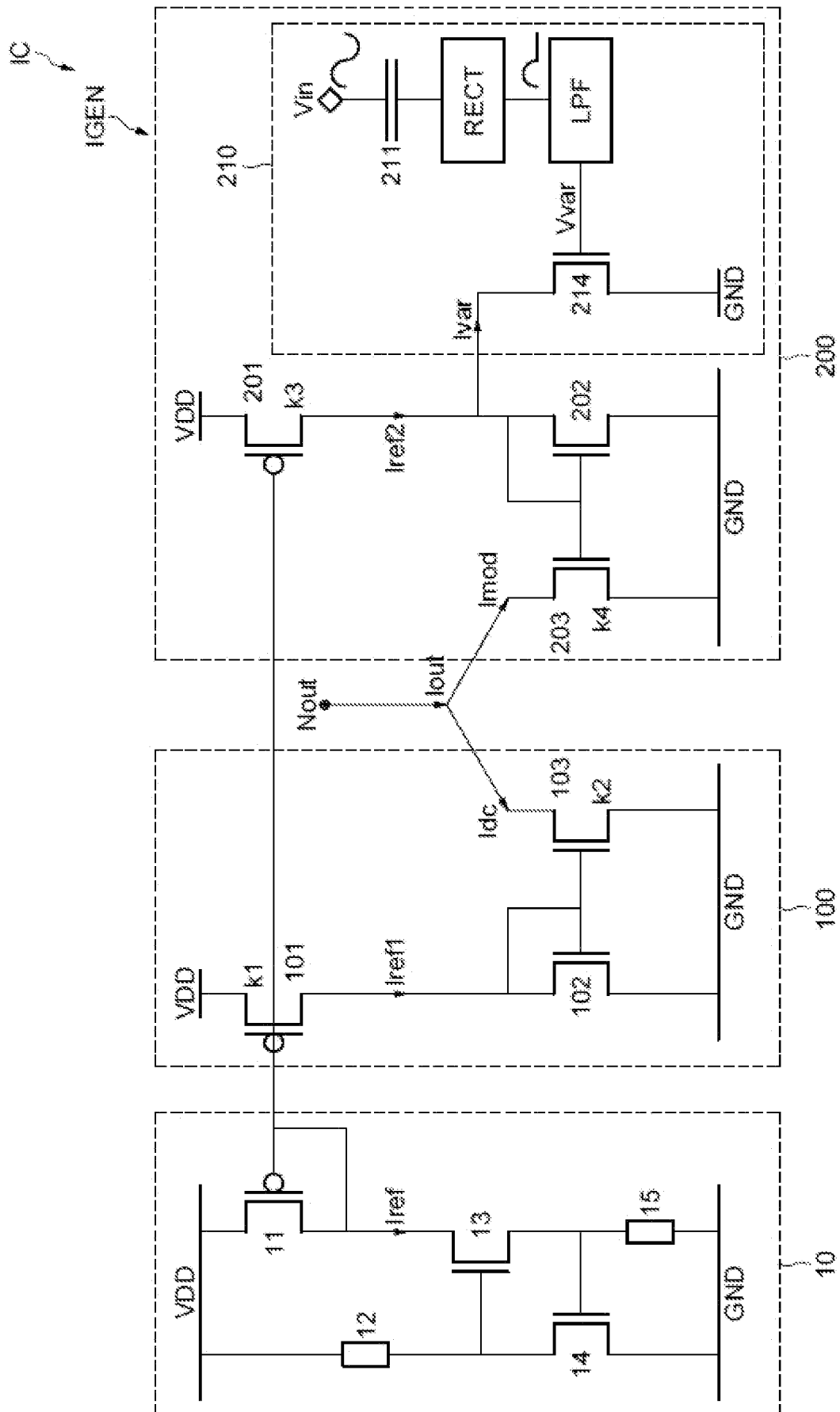
[Revendication 11] Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, comportant un asservissement d'un système (410, 420) par une boucle de commande (411, 421), la boucle de commande comprenant ladite génération du courant de commande (I_{out}), le courant de commande (I_{out}) asservissant un signal de sortie (V_{out}) du système.

[Revendication 12] Procédé selon la revendication 11, dans lequel le signal de sortie alternatif du système (V_{out}) est généré par un oscillateur à quartz, le signal de sortie alternatif du système (V_{out}) étant le signal d'entrée alternatif (V_{in}) de la boucle de commande (411).

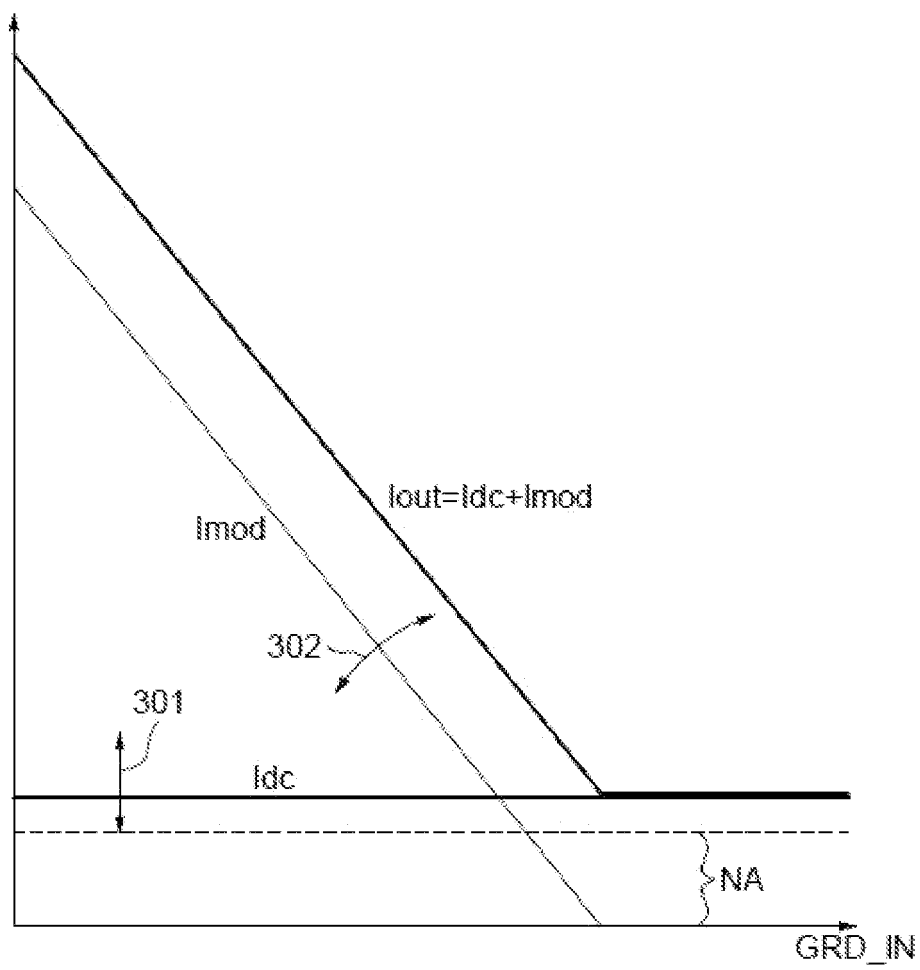
[Fig. 1]



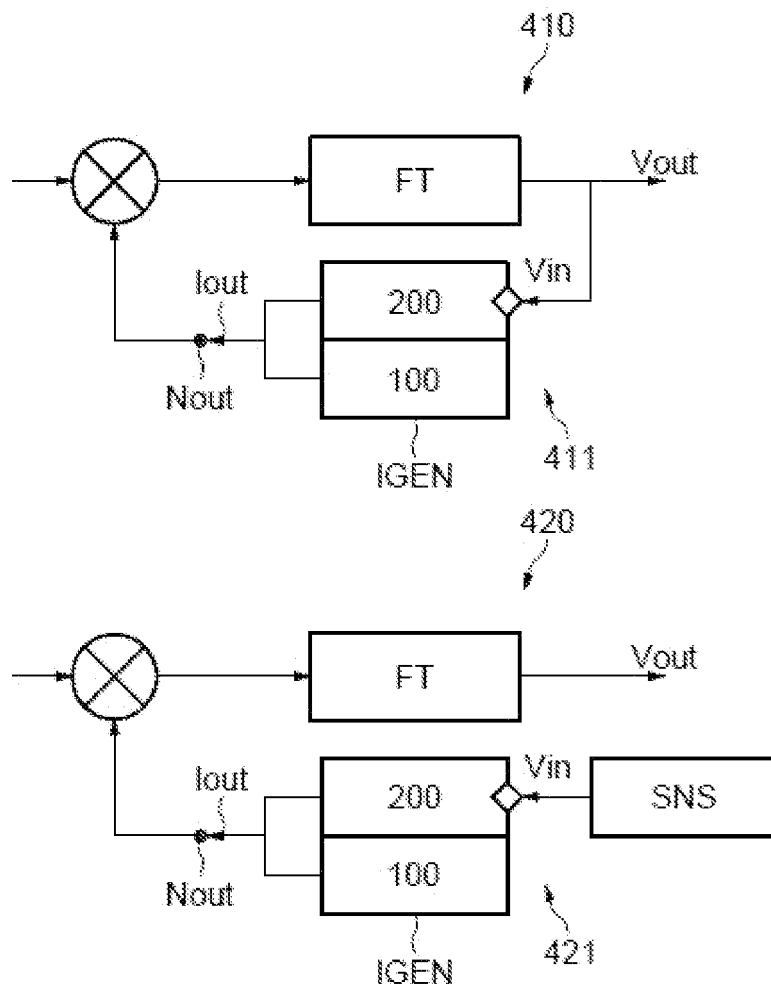
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 918008
FR 2303819

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2009/079470 A1 (BI HAN [CN])	1,4-7,	H03B 5/00
	26 mars 2009 (2009-03-26)	10-12	
A	* alinéa [0016]; figure 1 *	2,3,8,9	

X	US 7 474 130 B1 (LO PING [US] ET AL)	1,4-7,	
	6 janvier 2009 (2009-01-06)	10-12	
A	* colonne 4, ligne 21 - ligne 27; figure 3 *	2,3,8,9	

X	US 4 835 487 A (DOYLE JAMES T [US] ET AL)	1,4-7,	
	30 mai 1989 (1989-05-30)	10-12	
A	* figure 3 *	2,3,8,9	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G05F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 octobre 2023		Schnabel, Florian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2303819 FA 918008**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-10-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009079470 A1	26-03-2009	AUCUN	
US 7474130 B1	06-01-2009	AUCUN	
US 4835487 A	30-05-1989	DE 68903243 T2	22-04-1993
		EP 0337444 A2	18-10-1989
		HK 85895 A	09-06-1995
		JP H01311608 A	15-12-1989
		KR 890016749 A	30-11-1989
		SG 59887 G	01-09-1995
		US 4835487 A	30-05-1989