



Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

La présente demande concerne un dispositif de commande d'un microsystème électromécanique MEMS ou d'un nano-système électromécanique NEMS comprenant une boucle de rétroaction dotée: -de moyens de numérisation (130) d'au moins un signal analogique en provenance dudit MEMS ou dudit NEMS et permettant de délivrer un signal numérique donné, -un module de retard programmable (170) pour induire un retard donné sélectionné parmi une pluralité de retards prédéterminés audit signal numérique donné et délivrer un ou plusieurs signaux retardés selon ledit retard donné sélectionné à des moyens d'excitation du MEMS ou du NEMS.

DISPOSITIF DE COMMANDE DE NEMS A MODULE NUMERIQUE DE RETARD**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE ART ANTÉRIEUR**

La présente demande concerne le domaine des systèmes électromécaniques et en particulier celui des MEMS (MEMS pour « Micro Electro-Mechanical System » ou micro-systèmes électromécaniques) ou des NEMS (NEMS pour « Nano Electro-Mechanical System » ou nano-systèmes électromécaniques).

Elle prévoit un dispositif de rétroaction doté d'un module(s) de retard programmable permettant la mise en oscillation et/ou le maintien en oscillation d'un composant MEMS ou NEMS.

Le dispositif de commande suivant l'invention s'adapte a une gamme importante de NEMS ou de MEMS.

ART ANTÉRIEUR

Parmi les dispositifs NEMS existants, ceux appelés « Cross-Beam » sont dotés d'un élément mobile 15 qui peut être par exemple sous forme d'une poutre ou d'un barreau de taille nanométrique destiné à vibrer ou à osciller (figures 1A et 1B).

Cet élément mobile 15 est mis en mouvement par le biais de moyens d'actionnement électrostatiques comprenant un réseau de connexions sur lequel un signal d'excitation est appliqué, le réseau de connexions se terminant par un ou plusieurs plots 21, 22 disposés à proximité de l'élément mobile 15.

Le signal d'excitation est généralement un signal haute fréquence ou ayant une fréquence supérieure à 100 kHz.

Des moyens de détection, qui peuvent être par exemple des moyens de détection piézo-résistifs comprenant des jauges piézo-résistives permettent de réaliser une détection du signal électrique généré par les mouvements de l'élément mobile 15.

Ces moyens de détection peuvent comprendre un plot 28 connectée à une ligne conductrice permettant de prélever un signal de détection traduisant un mouvement de l'élément mobile.

Le dispositif peut comprendre également des moyens de polarisation dotés de plots 24, 25, sur lesquels un signal de polarisation, généralement sous forme d'une tension continue, est appliqué.

Le document « A high Gain-Bandwidth Product Transimpedance Amplifier for MEMS-Based Oscillators », Nabki et al., IEEE 2008, divulgue par exemple un résonateur MEMS doté d'un élément mobile sous forme d'une poutre et disposé dans une boucle de rétroaction doté d'un amplificateur transimpédance.

Le document « Fully Monolithic CMOS nickel micromechanical resonator oscillator », Huang et al., MEMS 2008 présente un dispositif MEMS doté d'un élément mobile sous forme de plaques mobiles rattachées entre elles par des poutres et qui peut être intégré dans une boucle de rétroaction comprenant un amplificateur transrésistance à gain modulable.

Le document "CMOS MEMS Oscillator for Gas Chemical Detection", Bedair et al., IEEE 2004, divulgue quant à lui un dispositif microélectronique doté d'un résonateur MEMS et d'un pré-amplificateur, d'un amplificateur à compensation de phase et d'un analyseur de spectre formant un système en boucle fermé.

Pour mettre en oscillation et maintenir en oscillation un dispositif NEMS ou MEMS, des conditions appelées conditions de « Barkhausen » de gain et de déphasage doivent de préférence être remplies.

Le document US 2010/0308931 divulgue un dispositif de commande de MEMS sous forme d'une boucle de rétroaction dotée d'un circuit analogique permettant d'induire un retard ou un décalage de phase, ce décalage de déphasage étant réglable.

Le déphasage généré par ce circuit peut lui-même être variable en fonction des fréquences d'oscillation du MEMS. Avec un tel circuit de commande, pour des hautes fréquences, le circuit analogique de retard est susceptible d'introduire une atténuation importante du signal destiné à exciter le MEMS.

Le document "Digital Oscillator Circuit using Synchronous Pulse Driving", de Roubicek et al., IEEE 2008 présente un dispositif de commande d'un système électromécanique à boucle de rétroaction dans laquelle une numérisation est mise en œuvre, le dispositif étant doté d'un moyen pour introduire un décalage de phase.

5 Il se pose le problème de mettre en œuvre un dispositif microélectronique de MEMS amélioré capable d'assurer la mise en oscillation pour une large gamme de fréquence et de résonateurs utilisés.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention concerne tout d'abord un dispositif de commande
10 d'un microsystème électromécanique MEMS ou d'un nano-système électromécanique NEMS comprenant une boucle de rétroaction dotée :

- de moyens de numérisation d'au moins un signal analogique en provenance dudit MEMS ou dudit NEMS et permettant de délivrer un signal numérique,
- un module de retard programmable pour induire un retard
15 sélectionné parmi une pluralité de retards prédéterminés audit signal numérique donné et délivrer un ou plusieurs signaux numériques retardés à des moyens d'excitation du MEMS ou du NEMS.

Le signal numérique en sortie des moyens de numérisation et le signal qui est ré-injecté en entrée du système électromécanique sont ainsi avantageusement de
20 même fréquence et déphasés d'un déphasage correspondant au retard programmé introduit par le biais du module à retard.

Le module de retard programmable est configuré de sorte que pour induire un retard au signal numérique il ne nécessite pas, contrairement aux dispositifs suivant l'art antérieur, de réaliser une synthèse de fréquence.

25 Les moyens de numérisation peuvent être sous forme d'un comparateur.

Pour remplir les conditions d'oscillation du MEMS ou du NEMS, et palier au déphasage introduit par les différents éléments d'une boucle de rétroaction, on met en œuvre un déphasage connu et maîtrisé.

Une numérisation dudit signal donné que l'on souhaite retarder et ledit module de retard permettent d'introduire un déphasage sans atténuer ce signal et indépendamment de la fréquence du signal.

5 Ainsi, le dispositif de commande suivant l'invention peut s'adapter à une gamme importante de MEMS et/ou de NEMS.

Selon un premier mode d'excitation du NEMS ou du MEMS, les signaux numériques retardés peuvent être un premier signal de fréquence égale à la fréquence de résonance du MEMS ou NEMS et un deuxième signal de fréquence égale à la fréquence de résonance du MEMS ou NEMS, le premier signal et le deuxième signal étant de
10 préférence de même amplitude et étant en opposition de phase.

Le module de retard programmable peut comprendre :

- des moyens pour délivrer une pluralité de signaux déphasés par rapport à un signal d'entrée dudit module de retard, lesdits signaux étant déphasés respectivement selon une pluralité de déphasages prédéterminés,
- 15 - des moyens de sélection pour sélectionner au moins un signal déphasé parmi ladite pluralité de signaux déphasés,
- des moyens de sélection de fréquence entre une fréquence égale à la fréquence dudit signal d'entrée et une fréquence égale à la moitié de la fréquence dudit signal d'entrée, le ou les signal(aux) émis en sortie dudit module de retard programmable
20 ayant un déphasage égal au déphasage dudit signal déphasé et une fréquence égale à la fréquence ou à la moitié de la fréquence dudit signal d'entrée.

Le module de retard programmable peut comprendre en outre des moyens formant une boucle à verrouillage de phase,

les moyens pour délivrer une pluralité de signaux déphasés comprenant
25 une ligne à retards commandés en tension possédant une première entrée recevant ledit signal numérique et délivrant un signal de retour, la tension de commande de la ligne à retards dépendant d'une différence entre ledit signal numérique et ledit signal de retour.

Le retard introduit par le module de retard est ainsi un retard asservi indépendant des tensions et de l'amplitude du signal délivré en entrée de ce dernier.

Le dispositif de commande peut comprendre en outre : des moyens de mesure de fréquence dudit signal numérique.

Le dispositif de commande peut comprendre en outre un module de sélection de configuration doté d'une première entrée connectée aux moyens de numérisation et d'une deuxième entrée, le module de sélection de configuration étant
5 doté également d'une première sortie et d'une deuxième sortie connectée au module de retard programmable.

Le module de sélection de configuration peut être prévu pour adopter :

- une première configuration, dans laquelle la première entrée est
10 connectée à la deuxième sortie, la deuxième entrée étant connectée à la première sortie,
- une deuxième configuration dans laquelle la première entrée est connectée à la première sortie, la deuxième entrée étant connectée à la deuxième sortie.

Le module de sélection de configuration peut ainsi permettre de placer la boucle de rétroaction dans une configuration de boucle ouverte, dans laquelle des
15 mesures de retard introduit par les éléments du dispositif de commande peuvent être réalisés, et dans une autre configuration de boucle fermée.

Le module de sélection de configuration peut être prévu de sorte que :

$T_{p(ET/ST)\text{-config1}} = T_{p(CS/ST)\text{-config2}} + T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$ et $T_{p(CE/CS)\text{-config1}} \approx 0$ ou $T_{p(CE/CS)\text{-config1}} \ll T_{p(CS/ST)\text{-config2}}$ et $T_{p(CE/CS)\text{-config1}} \ll T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$, avec

20 $T_{p(ST/ET)\text{-config1}}$: le temps de propagation d'un signal dans ladite première configuration entre ladite deuxième entrée et ladite première sortie,

$T_{p(CS/ST)\text{-config2}}$: le temps de propagation d'un signal dans ladite deuxième configuration entre la première entrée et la première sortie,

et $T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$: le temps de propagation d'un signal dans ladite
25 deuxième configuration entre la deuxième entrée et la deuxième sortie, $T_{p(CS/CE)\text{-config1}}$ le temps de propagation d'un signal dans ladite première configuration entre la première entrée et la deuxième sortie.

Par $T_{p(CE/CS)\text{-config1}} \ll T_{p(CS/ST)\text{-config2}}$, on entend que $T_{p(CE/CS)\text{-config1}}$ au moins dix fois ou au moins cent fois inférieur à $T_{p(CS/ST)\text{-config2}}$.

Et par $T_{p(CE/CS)\text{-config1}} \ll T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$ on entend que $T_{p(CE/CS)\text{-config1}}$ au moins dix fois ou au moins cent fois inférieur à $T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$.

$T_{p(CS/ST)\text{-config2}}$ et $T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$ peuvent être par exemple de l'ordre de plusieurs nanosecondes.

5 $T_{p(CE/CS)\text{-config1}}$ peut être par exemple de l'ordre de plusieurs picosecondes par exemple de l'ordre d'une ou plusieurs centaines de picosecondes.

Le dispositif de commande peut comprendre en outre :

- des moyens pour, lorsque le module sélecteur de configuration est dans la première configuration, déterminer $T_{p(ET/ST)\text{-config1}}$,

10 - des moyens pour, lorsque le module sélecteur de configuration est dans la deuxième configuration : déterminer un retard T_{esbo} entre un signal de test, injecté à la deuxième entrée (ET) et de fréquence égale à la fréquence de résonance du MEMS ou du NEMS, et un signal en réponse à ce signal de test prélevé sur ladite première sortie (ST),

15 ledit retard donné étant sélectionné de sorte que : $n/(Fr) - (T_{p(ET/ST)\text{-config1}} - T_{esbo})$, avec n un nombre entier et Fr la fréquence de résonance du MEMS ou du NEMS.

Le dispositif de commande peut comprendre en outre : une interface de sortie dotée de moyens adaptateurs de charge et/ou de niveau de tension en sortie du module de retard programmable.

20 La présente invention concerne également un dispositif microélectronique comprenant au moins un MEMS ou au moins un NEMS et un dispositif de commande tel que défini précédemment.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

25 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A, 1B, illustrent un exemple de dispositif NEMS suivant à excitation électrostatique et à détection piézo-résistive,

- la figure 2 illustre un premier exemple de mise en œuvre d'un dispositif de commande suivant l'invention prévu pour délivrer des signaux d'excitation à un dispositif MEMS ou NEMS, le dispositif de commande étant sous forme d'une boucle de rétroaction dotée d'un module numérique de retard programmable permettant
5 d'imposer un déphasage déterminé aux signaux d'excitation délivré au MEMS ou au NEMS,

- la figure 3 illustre un deuxième exemple de mise en œuvre du dispositif de commande suivant l'invention, ce dernier étant doté d'un module de sélection de configuration permettant de placer le dispositif de commande dans une
10 configuration en boucle ouverte ou dans une configuration de boucle fermée,

- la figure 4 illustre un exemple de mise en œuvre de chaîne d'amplification filtrage mise en œuvre dans un exemple de dispositif suivant l'invention,

- la figure 5 illustre un exemple de comparateur mis en œuvre dans un exemple de dispositif suivant l'invention,

- la figure 6 illustre un exemple de réalisation d'un module de retard programmable au sein d'un exemple de dispositif suivant l'invention,

- la figure 7 illustre un exemple de réalisation d'un module de sélection de configuration au sein d'un dispositif suivant l'invention de commande d'excitation d'un MEMS ou d'un NEMS, le module de sélection de configuration étant adapté pour
20 commuter entre une première configuration dans laquelle le dispositif de commande est en boucle fermé et une deuxième configuration dans laquelle le dispositif de commande est en boucle ouverte,

- les figures 8A-8B illustrent le fonctionnement d'un bloc de mesure de fréquence au sein d'un exemple de dispositif suivant l'invention,

- la figure 9 illustre le fonctionnement d'une interface de sortie du module de retard programmable au sein d'un exemple de dispositif, suivant l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Un premier exemple de dispositif de commande, mis en œuvre suivant l'invention, est illustré sur la figure 2.

Ce dispositif de commande permet de réaliser une excitation d'un MEMS ou d'un NEMS, par exemple un résonateur NEMS ou MEMS, afin de mettre ce dernier en oscillation et/ou de maintenir ce dernier en oscillation.

Le dispositif de commande peut être sous forme d'une boucle de rétroaction comprenant tout d'abord un premier étage 120 ou un module 120 comprenant une chaîne de gain-filtrage qui peut être analogique et permettre d'amplifier un signal S_A issu d'un résonateur 110 MEMS ou NEMS.

Cette chaîne peut être formée d'un amplificateur différentiel ou d'un amplificateur à transimpédance ou amplificateur TIA (« TIA » pour transimpédance) et/ou d'un ou plusieurs filtres passe-bas, et/ou passe-haut.

Un exemple de réalisation de la chaîne de gain filtrage du premier étage 120 est donné sur la figure 4 et comprend un amplificateur de transimpédance 122, en sortie duquel se trouvent des moyens 124 formant un filtrage passe-bas réglable. En sortie des moyens réalisant un filtrage passe-bas réglable 124, sont également prévus des moyens 126 réalisant un filtrage passe-haut réglable.

Un signal amplifié S_B est ainsi issu du premier étage 120 et est numérisé à l'aide de moyens de numérisation comprenant un comparateur 130 de tension qui est par exemple asynchrone.

Un exemple de réalisation d'un tel comparateur 130 est donné sur la figure 5.

Ce comparateur 130 est dit « asynchrone » dans la mesure où il n'est pas échantillonné par une horloge de référence. Le comparateur 130 peut comprendre un amplificateur différentiel doté d'entrées E+ et E- formé de transistors $M_1, M_2, M_3, M_4, M_8, M_5$. Le comparateur 130 peut être formé également d'un étage de gain comprenant des transistors M_7, M_6 .

L'étage de gain est suivi d'une série d'inverseurs 131, 133, 135 permettant d'effectuer une adaptation de charge avec l'étage suivant du dispositif de commande.

En sortie des moyens de numérisation 130, un signal numérique S_C est délivré. Ce signal numérique S_C peut être utilisé par un bloc numérique 150 permettant d'effectuer une mesure de fréquence du signal numérique S_C .

Un exemple de réalisation d'un bloc 150 de mesure de fréquence est illustré sur la figure 8A. La mesure mise en œuvre par ce bloc 150 peut être une mesure de la période moyenne d'oscillation.

Le bloc 150 de mesure de fréquence peut être formé de deux modules principaux 153, 155 qui peuvent être réalisés à l'aide de compteurs synchrones.

Un premier module 155 du bloc 150 est un diviseur par 2 puissance N.

Sur une entrée E_2 de premier module 155, un signal de référence H_{ref} à une fréquence de référence F_{REF} par exemple d'une valeur de 1024 MHz.

Une sortie S_2 de ce bloc est un signal S_{mes} d'une période T_{mes} qui peut être par exemple de 2048 μs et avoir par exemple un niveau haut de durée de l'ordre de 1024 μs lorsque $N = 21$.

Une porte ET 151 reçoit le signal numérique S_C sur une première entrée et le signal S_{mes} issu du premier module 155 sur une deuxième entrée. Cette porte ET 151 délivre un signal à une entrée $E1$ d'un deuxième module 153 du bloc 150.

Le deuxième module 153 du bloc 150 est formé d'un compteur synchrone, déclenché par exemple sur front montant, c'est-à-dire qu'à chaque front montant appliqué sur son entrée $E1$, la valeur mémorisée dans le compteur est incrémentée d'une unité.

Une autre entrée RAZ du deuxième module 153 permet la remise à 0 de la valeur du compteur. Une sortie S_1 permet de délivrer la valeur courante du compteur.

Des chronogrammes C_{10} , C_{20} , C_{30} , C_{40} représentatifs respectivement du signal RAZ de réinitialisation du deuxième module 153, du signal S_{mes} de sortie du premier module 155, du signal de sortie de la porte ET délivré en entrée $E1$ du deuxième module 153, du signal de données en sortie du deuxième module 153, sont donnés sur la figure 8B, et illustrent le fonctionnement du module 150 de mesure de fréquence.

La mesure peut se dérouler en 3 phases :

Selon une première phase dite « d'initialisation », le compteur synchrone 153 est initialisé par l'intermédiaire du signal RAZ de réinitialisation.

5 Selon une deuxième phase dite « de comptage » : lorsque le signal S_{mes} en sortie du premier module 155 est dans un état haut ou égal à un niveau logique '1', à chaque front montant du signal numérique S_c, la valeur du comptage mise en œuvre par le deuxième module 153 est incrémentée.

Selon une troisième phase de transfert et de calcul : lorsque le signal S_{mes} en sortie du premier module 155 revient à un état bas ou à un niveau logique '0', la valeur M du compteur 153 est transférée à une unité de calcul ;

10 le calcul d'une période moyenne T_{xm} d'un signal numérique S_c peut s'effectuer avec à l'aide d'une formule : $T_{xm} = (0,5 * T_{mes}) / M$.

Par exemple pour une valeur de fréquence de référence F_{REF} du signal d'horloge de 1024 MHz, pour N=21, la période de T_{mes} est de 2048 μs et la durée du niveau haut est de 1024 μs.

15 Par exemple pour M=20000, on calcule $T_{xm} = 0,5 * 2048 \mu s / 20000 = 51,2$ ns.

Pour M=20001, on calcule $T_{xm} = 0,5 * 2048 \mu s / 20001 = 51,19744$ ns.

Une mesure périodique ou permanente peut être mise en œuvre. Le résultat de cette mesure peut être stocké dans une mémoire.

20 Le signal numérique S_c est également injecté dans un module 170 formant une cellule de retard programmable permettant par exemple de générer un ou plusieurs signaux numériques de sortie S_{D1}, S_{D2} avec un retard connu par rapport au signal d'entrée S_c, ce retard étant réglable ou programmable, et sélectionné parmi une pluralité de retards prédéterminés.

25 Le retard introduit dans la boucle de rétroaction permet de compenser celui généré par les autres éléments de la boucle et de délivrer un signal ou des signaux d'excitation au résonateur selon un déphasage déterminé répondant aux conditions d'oscillations du résonateur.

Le module 170 permet d'induire un retard indépendant de la fréquence du signal détecté en sortie du MEMS ou NEMS. Le module 170 permet également d'induire un retard sans atténuation du signal entrant dans ce module.

Le module 170 de retard programmable peut être formé à l'aide d'une architecture de DLL (DLL pour « Delay Locked Loop » ou boucle à verrouillage de délai) telle que celle présentée par exemple sur la figure 6.

Dans cet exemple de réalisation, le module 170 comporte un comparateur de phase 172, une pompe de charge 174, une ligne à retard 177 commandée en tension ainsi qu'un décodeur 179.

Le comparateur de phase 172, lorsqu'il est activé par un signal EN compare le signal d'entrée S_c servant de référence et un signal S_{dly} correspondant au dernier signal généré à l'extrémité de la ligne à retards 177. Le comparateur de phase 172 délivre deux signaux logiques UP et DOWN, qui sont l'image du décalage de phase entre les deux signaux S_c et S_{dly} destinés à être synchronisés. Lorsque les deux signaux S_c et S_{dly} ne sont pas encore synchronisés, les signaux logiques UP et DOWN ont des durées différentes. Lorsque les deux signaux S_c et S_{dly} sont en phase, la boucle est verrouillée.

La différence de durée entre les signaux UP et DOWN est convertie par la pompe de charge 174 en une tension proportionnelle V_{cp} qui commande la ligne à retards 177.

Le décodeur 179 peut être quant à lui pourvu de plusieurs entrées de sélection, par exemple de $k=6$ entrées de bit SLR_1, \dots, SLR_6 du décodeur 179 permettant de sélectionner une valeur de retard parmi plusieurs, en particulier 2^k , valeurs de retard déterminées, par exemple de 2^6 signaux retardés disponibles délivrées par la ligne à retard 177.

Cette ligne à retard 177 reçoit en entrée le signal S_c délivré par l'étage précédent de la boucle ainsi que la tension continue V_{cp} délivrée par le convertisseur à pompe de charge 174.

La ligne à retard 177 est ainsi susceptible de délivrer plusieurs, en particulier 2^k , signaux retardés déterminés, par exemple 2^6 signaux retardés, respectivement aux sorties OUT_1, \dots, OUT_{64} , de la ligne à retard 177.

Une première sortie OUT1, lorsqu'elle est sélectionnée, permet par exemple de délivrer un retard nul, tandis qu'une 64^{ème} sortie OUT64, lorsqu'elle est sélectionnée, permet par exemple de délivrer un retard égal à la période du signal Sc par exemple 50ns et les sorties intermédiaires peuvent délivrer un retard par exemple
5 compris entre 0.1 ns et 50 ns, par exemple de l'ordre de 20 ns.

Le décodeur 179 permet de sélectionner une M^{ième} sortie donnée OUT_M parmi les sorties OUT1,..., OUT64, de la ligne à retard 177 et délivrer un premier signal S_{D1} provenant de cette sortie donnée OUT_M en fonction de la commande indiquée par les signaux SLR₁,...,SLR₆ de sélection.

10 Le décodeur 179 peut être également prévu pour émettre en sortie un deuxième signal S_{D2} de fréquence et d'amplitude égales à celle du premier signal S_{D1} mais déphasé par rapport à S_{D1} d'un déphasage prédéterminé, par exemple en quadrature de phase ou en opposition de phase avec le premier signal S_{D1}, suivant le mode d'excitation choisi du résonateur.

15 Un premier mode d'excitation du résonateur 110 dans lequel on applique un signal à la fréquence de résonance Fr de phase 0° sur un premier plot dit « d'excitation » du résonateur MEMS ou NEMS et un signal égal à la moitié de la fréquence de résonance Fr/2 de phase 180° sur un deuxième plot dit « d'excitation » du résonateur 110 MEMS ou NEMS peut être prévu.

20 Un deuxième mode d'excitation du résonateur peut être prévu de sorte qu'on applique un signal S_{E1} de fréquence Fr/2 et de phase 0° sur le premier plot du résonateur et un signal S_{E2} à Fr/2 de phase 90° sur le deuxième plot d'excitation. Ce deuxième mode d'excitation permet de maximiser le gain.

Au niveau du module à retard 170, le passage du premier mode
25 d'excitation au deuxième mode d'excitation peut être permis à l'aide d'un bit de sélection SL_F du décodeur 179.

Dans le premier mode d'excitation, les signaux S_{D1} et S_{D2} délivrées en sortie du module à retard 170, peuvent avoir respectivement une phase de $(360^\circ * M)/64$ et une phase de $((360^\circ * M)/64) + 180^\circ$ et une fréquence d'excitation Fe.

Dans le deuxième mode d'excitation, les signaux S_{D1} et S_{D2} peuvent avoir respectivement une phase de $(360^\circ \cdot N)/64$ et une phase de $((360^\circ \cdot N)/64 + 90^\circ)$ et une fréquence égale à $F_e/2$.

5 Avec un tel module 170, le retard ou le déphasage introduit est réglable dans une large gamme de retards ou déphasages et valable quelque soient les déphasages introduits par chaque bloc ou module de la boucle de rétroaction.

Avec un tel module 170, l'amplitude des signaux S_{D1} et S_{D2} ne varie pas en fonction de la gamme de fréquence dans laquelle se trouve la fréquence de résonance du MEMS 110 ou du NEMS 110.

10 Avec un tel module 170, on introduit un retard asservi qui est indépendant des tensions d'alimentation du dispositif de commande.

Le ou les signaux retardés S_{D1} , S_{D2} en sortie de l'étage 170 de retard programmable peut ou peuvent être ensuite mis en forme par un module 190 d'interface de sortie pour être appliqués à des moyens d'excitation du résonateur 110.

15 Ce module 190 de mise en forme permet de générer les signaux S_{E1} , S_{E2} ayant des niveaux de tension adaptés au résonateur et servant de signaux d'excitation destinés à actionner le résonateur.

Le module 190 d'interface de sortie permet d'adapter en niveau et en charge le ou les signaux de sortie S_{D1} , S_{D2} du module 170 de retard programmable à des
20 moyens d'excitation du résonateur. Cette interface de sortie 190 peut être réalisée au moyen d'un ou plusieurs inverseurs et d'un ou plusieurs translateurs de niveau.

Un exemple de réalisation d'un module 190 d'interface de sortie est donné sur la figure 9.

Ce module peut être formé de mémoires tampons communément
25 appelées « buffers » d'entrée 191, 192, destinés à recevoir des signaux numériques selon une première gamme d'amplitudes ou de tensions, par exemple de l'ordre 1 Volt, d'un translateur de niveau 194 prévu pour délivrer des signaux rehaussés en amplitude à des buffers de sortie 195, 196. Le module 190 est prévu pour émettre des signaux selon une deuxième gamme d'amplitudes ou de tensions supérieure à la première gamme et par
30 exemple de l'ordre 3 Volts.

Le module 190 reçoit des signaux numériques et délivre des signaux numériques ou analogiques. La conversion numérique analogique est réalisée en interne ou en sortie du module 190, par exemple par filtrage.

5 Dans un cas, par exemple, où le résonateur 110 est du type de celui décrit en liaison avec les figures 1A-1B, les signaux S_{E1} , S_{E2} sont délivrés aux plots d'excitation 21 et 22 situés à proximité de l'élément mobile 15.

Pour maintenir des conditions d'oscillation, le module de retard programmable permet d'établir un déphasage constant entre l'entrée du premier étage et les signaux d'excitation S_{E1} , S_{E2} .

10 Une variante de réalisation du dispositif de commande décrit précédemment est donnée en liaison avec la figure 3.

Pour cette variante, le dispositif de commande comprend, entre les moyens de numérisation 130 et le module 170 de retard, un module 210 de sélection de configuration adapté pour commuter entre une première configuration dans laquelle la
15 boucle de rétroaction a une première configuration ou un premier agencement, et une deuxième configuration dans laquelle la boucle de rétroaction a une deuxième configuration ou un deuxième agencement.

La première configuration peut permettre de placer le dispositif de commande dans une configuration de boucle fermée tandis que la deuxième
20 configuration peut être destinée à placer le dispositif dans une configuration de boucle ouverte.

Le module 210 de sélection de configuration comprend une première entrée CS connectée à la sortie du comparateur 130 et une deuxième entrée ET sur laquelle un signal de test est destiné à être appliqué.

25 Le module 210 de sélection de configuration est doté également d'une première sortie ST par laquelle un signal de test est destiné à être prélevé et d'une deuxième sortie CE connectée au module de retard programmable 170.

Le module 210 de sélection de configuration est prévu pour adopter une première configuration dans laquelle la première entrée CS est reliée à la première sortie
30 ST et la deuxième entrée ET est reliée à la deuxième sortie CE. Le module 210 de sélection

de configuration est également prévu pour adopter une deuxième configuration dans laquelle la première entrée CS est connectée à la deuxième sortie CE, la deuxième entrée ET étant connectée à la première sortie ST.

Un exemple de mise en œuvre d'un tel module de sélection de configuration est donné sur la figure 7.

Le passage de la première configuration à la deuxième configuration peut être réalisé en fonction de l'état d'un signal logique de sélection de configuration S_{sc} .

Ce module 210 peut être formé de multiplexeurs 2 vers 1, 213 et 215 et de buffers 211, 217.

Sur sa première entrée CS, le module 210 est susceptible de recevoir un signal numérique S_c issu du comparateur 130. La première entrée CS du module 210 est connectée à une entrée '1' d'un premier multiplexeur 213 de type 2 vers 1, tandis que la deuxième entrée ET du module 210 est connectée par l'intermédiaire du buffer 211 à une entrée '0' du premier multiplexeur 213. Ce premier multiplexeur 213 est prévu pour transmettre en sortie S une de ses deux entrées CS et ET, par exemple selon la table de vérité suivante :

S_{sc}	S
0	ET
1	CS

Un autre buffer 217 est prévu en sortie du premier multiplexeur 213.

La première entrée CS du module 210 est également connectée à une entrée '0' d'un deuxième multiplexeur 215 de type 2 vers 1, tandis que la première entrée ET du module 210 est connectée à une entrée '1' du deuxième multiplexeur 215. Ce deuxième multiplexeur 215 est également prévu pour transmettre en sortie S une de ses deux entrées CS et ET, par exemple en suivant la table de vérité suivante.

S_{sc}	S
0	CS
1	ET

Le module 210 peut ainsi suivre la table de vérité ci-dessous :

Configuration	Sortie ST	Sortie CE
Configuration 1	Entrée ET	Entrée CS
Configuration 2	Entrée CS	Entrée ET

5 Le module sélecteur de configuration 210 peut être également réalisé de sorte que, et en particulier les buffers 211 et 217 peuvent être prévus de sorte que, les délais de propagation ou retards entre les entrées ET, CS et les sorties ST, CE suivent les relations r1 et r2 suivantes :

$$Tp_{(ET/ST)-config1} = Tp_{(CS/ST)-config2} + Tp_{(ET/CE)-config2} \text{ (r1)}$$

10

Avec :

- $Tp_{(ET/ST)-config1}$, le temps de propagation d'un signal en configuration 1 du module 210 entre l'entrée ET et la sortie ST,

- $Tp_{(CS/ST)-config2}$, le temps de propagation d'un signal en configuration 2 du module 210 entre l'entrée CS et la sortie ST,

15

- $Tp_{(ET/CE)-config2}$, le temps de propagation d'un signal en configuration 2 entre l'entrée ET et la sortie CE,

$$Tp_{(CS/CE)-config1} \approx 0, \text{ ou}$$

$$Tp_{(CS/CE)-config1} \ll Tp_{(CS/ST)-config2} \text{ et}$$

$$Tp_{(CS/CE)-config1} \ll Tp_{(ET/CE)-config2} \text{ (r2)}$$

20

Par $Tp_{(CS/CE)-config1} \ll Tp_{(CS/ST)-config2}$, on entend que $Tp_{(CS/CE)-config1}$ est prévu au moins dix fois ou au moins cent fois inférieur à $Tp_{(CS/ST)-config2}$.

Par $Tp_{(CS/CE)-config1} \ll Tp_{(ET/CE)-config2}$ on entend que $Tp_{(CS/CE)-config1}$ est prévu au moins dix fois ou au moins cent fois inférieur à $Tp_{(ET/CE)-config2}$.

25

$Tp_{(CS/ST)-config2}$ et $Tp_{(ET/CE)-config2}$ peuvent être par exemple de l'ordre de plusieurs nanosecondes.

$T_{p(CS/CE)-config1}$ peut être par exemple de l'ordre de plusieurs picosecondes par exemple de l'ordre d'une ou plusieurs centaines de picosecondes.

A l'aide de ce module de sélection de configuration 210, il est possible de réaliser une évaluation du retard ou du déphasage introduit par le module 170 et qui est destiné à être sélectionné afin de permettre d'assurer une mise en oscillation du résonateur et/ou un maintien en oscillation de ce dernier.

Une méthode de détermination du retard ou du déphasage destiné à être sélectionné et produit par le module 170 peut être la suivante :

On détermine tout d'abord la fréquence de résonance F_r du résonateur 110 par une ou plusieurs mesures préalables.

La fréquence de résonance F_r peut être déterminée par exemple par une mesure directe sur le MEMS ou le NEMS. Dans le cas où le résonateur étudié est du type de celui décrit en liaison avec la figure 1, la mesure peut être réalisée sur le plot de détection 28 de ce dernier. Une détermination du maximum local de la fonction de transfert permet d'indiquer la fréquence de résonance F_r .

Ensuite, on place le module 210 sélecteur de configuration dans la première configuration, afin de déterminer le retard $T_{es} = T_{p(ET/ST)-config1}$ entre la deuxième entrée ET du module 210 et la première sortie ST, par exemple à l'aide d'un signal de test.

Puis, le bloc de retard programmable 170 est programmé de telle sorte à introduire un retard nul, tandis que le sélecteur de configuration 210 est placé dans la deuxième configuration.

On détermine alors un retard T_{esbo} entre la deuxième entrée ET et la première sortie ST, lorsque le module 210 sélecteur de configuration est dans la deuxième configuration et que le dispositif de commande est en boucle ouverte.

Pour cela, on injecte un signal de fréquence égal à la fréquence de résonance F_r déterminée précédemment.

Le retard T_{esbo} est tel que :

$T_{esbo} = T_{p(CS/ST)-config2} + T_{p(ET/CE)-config2} + T_{bo}$, avec T_{bo} le retard généré par le reste des modules et circuits du dispositif.

On en déduit le retard T_{bo} par la relation $T_{bo} = T_{esbo} - T_{es}$ (si relation r1 vérifiée).

On détermine le retard idéal T_1 devant être généré par le bloc de retard programmable pour faire en sorte que :

5 $T_1 = n/F - T_{bo}$ où n est un nombre entier positif, avec F la fréquence du signal en entrée du dispositif proche ou égale à F_r , la fréquence de résonance du résonateur NEMS, de sorte que :

$$T_1 = n/F_r - T_{bo}.$$

On détermine ensuite un retard «possible» T_r parmi l'ensemble des
10 retards programmables du module de retard. Le retard T_r est choisi égal à $k * (T_{retard\ max} / \text{nombre total de retard élémentaires})$, k étant un entier correspondant au nombre de retards élémentaires sélectionnés par la valeur de l'entrée SLF ($T_{retard\ max}$ étant égal à $1/F_r$ ou un multiple de $1/F_r$). Le nombre k de retards élémentaires retenus est tel que T_r est le plus proche possible de T_1 , T_r pouvant être choisi inférieur ou supérieur à T_1 .

15 Une ou plusieurs de ces étapes peuvent être réalisées au moyen d'un microprocesseur associé à un ou plusieurs modules de traitement numériques, ou à l'aide d'un dispositif de traitement informatique, par exemple d'un ordinateur.

Après réglage du retard (SLF), on place le module de sélection de configuration 210 dans la première configuration, de manière à être placé en boucle
20 fermée. La première entrée ET peut être alors mise à un état défini.

Une mise en oscillation du résonateur peut être ainsi assurée.

Selon une variante de réalisation, on pourra utiliser d'autres types de circuits permettant de réaliser un module de retard programmable. Dans le cas par
25 exemple où l'on dispose d'un signal d'horloge haute fréquence, N fois supérieure à la fréquence de résonance du résonateur, on pourra prévoir un circuit de retard programmable utilisant un compteur par N .

Selon une autre variante de réalisation on peut mettre en œuvre un retard numérique en prévoyant un registre dont les données sont gérées en mode FIFO. Pour un signal de fréquence par exemple de l'ordre de 20 MHz, une longueur de registre
30 par exemple de 50 cadencé par une horloge à 1 GHz peut être prévue.

Des moyens de sélection d'une sortie du registre par exemple sous forme d'un multiplexeur permettent de sélectionner une sortie intermédiaire de rang i , le signal émis en sortie a un retard ΔT tel que $\Delta T = i \cdot 1n = i/1E9$ soit un déphasage $\Delta\phi = i \cdot 360 \cdot 20e6/1E9$, la largeur du registre utilisé en FIFO étant identique au nombre de bits du convertisseur analogique numérique.

5

REVENDICATIONS

1. Dispositif de commande d'un micro-système électromécanique MEMS ou d'un nano-système électromécanique NEMS comprenant une boucle de rétroaction dotée :
- de moyens de numérisation (130) d'au moins un signal analogique en provenance dudit MEMS ou dudit NEMS et permettant de délivrer un signal numérique,
 - un module de retard programmable (170) pour induire un retard sélectionné parmi une pluralité de retards prédéterminés audit signal numérique et délivrer un ou plusieurs signaux numériques retardés à des moyens d'excitation du MEMS ou du NEMS.
2. Dispositif de commande d'un micro-système électromécanique MEMS ou NEMS selon la revendication 1, dans lequel parmi lesdits signaux numériques retardés figurent un premier signal (S_{D1}) et un deuxième signal (S_{D2}) de fréquence égale à la fréquence de résonance du MEMS ou NEMS, le premier signal et le deuxième signal étant en opposition de phase.
3. Dispositif de commande d'un micro-système électromécanique MEMS ou NEMS selon la revendication 1, dans lequel parmi lesdits signaux numériques retardés (S_{D1} , S_{D2}) figurent un premier signal et un deuxième signal de fréquence égale à la moitié de la fréquence de résonance du MEMS ou NEMS, le premier et le deuxième signal étant en quadrature de phase.
4. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le module de retard programmable (170) comprend :
- des moyens (177) pour délivrer une pluralité de signaux déphasés ($OUT1, \dots, OUT64$) par rapport à un signal d'entrée (S_c) dudit module de retard, lesdits signaux étant déphasés respectivement selon une pluralité de déphasages prédéterminés,

- des moyens de sélection (179-SLR₁,...,SLR₆) pour sélectionner au moins un signal déphasé parmi ladite pluralité de signaux déphasés,

- des moyens de sélection de fréquence (179-SLF) entre une fréquence égale à la fréquence dudit signal d'entrée et une fréquence égale à la moitié de la fréquence dudit signal d'entrée,

le ou les signal émis en sortie dudit module de retard programmable (170) ayant un déphasage égal au déphasage dudit signal déphasé et une fréquence égale à la fréquence ou à la moitié de la fréquence dudit signal d'entrée.

5. Dispositif de commande selon la revendication 4, dans lequel le module de retard programmable (170) comprend des moyens (172, 174) formant une boucle à verrouillage de phase,

les moyens (177) pour délivrer une pluralité de signaux déphasés comprenant une ligne à retards commandés en tension possédant une première entrée recevant ledit signal numérique et délivrant un signal de retour (Sdly), la tension de commande de la ligne à retards dépendant d'une différence entre ledit signal numérique et ledit signal de retour (Sdly).

6. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant en outre des moyens de mesure de fréquence (150) dudit signal numérique (Sc).

7. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant en outre un module de sélection de configuration (210) doté d'une première entrée (CS) connectée aux moyens de numérisation (130) et une deuxième entrée (ET), le module de sélection de configuration (210) étant doté également d'une première sortie (ST) et d'une deuxième sortie (CE) connectée au module de retard programmable (170), le module de sélection de configuration étant prévu pour adopter :

- une première configuration dans laquelle la première entrée (CS) est connectée à la deuxième sortie (CE), la deuxième entrée (ET) étant connectée à la première sortie (ST),

5 - une deuxième configuration dans laquelle la première entrée (CS) est connectée à la première sortie (ST), la deuxième entrée (ET) étant connectée à la deuxième sortie (CE).

8. Dispositif de commande selon la revendication 7, le module de sélection de configuration étant prévu de sorte que :

10
$$T_{p(ET/ST)\text{-config1}} = T_{p(CS/ST)\text{-config2}} + T_{p(ET/CE)\text{-config2}},$$

$$10 * T_{p(CE/CS)\text{-config1}} < T_{p(CS/ST)\text{-config2}}, \text{ et}$$

$$10 * T_{p(CE/CS)\text{-config1}} < T_{p(ET/CE)\text{-config2}}, \text{ avec } T_{p(ST/ET)\text{-config1}},$$
 le temps de propagation d'un signal dans ladite première configuration entre ladite deuxième entrée (ET) et ladite première sortie (ST), $T_{p(CS/ST)\text{-config2}}$, le temps de propagation d'un signal dans
 15 ladite deuxième configuration entre la première entrée (CS) et la première sortie (ST), et $T_{p(ET/CE)\text{-config2}}$, le temps de propagation d'un signal dans ladite deuxième configuration entre la deuxième entrée (ET) et la deuxième sortie (CE), $T_{p(CS/CE)\text{-config1}}$ le temps de propagation d'un signal dans ladite première configuration entre la première entrée (CS) et la deuxième sortie (CE).

20

9. Dispositif de commande selon la revendication 8, comprenant :

- des moyens pour, lorsque le module sélecteur de configuration est dans la première configuration, déterminer $T_{p(ET/ST)\text{-config1}}$,

25 - des moyens pour, lorsque le module sélecteur de configuration est dans la deuxième configuration : déterminer un retard T_{esbo} entre un signal de test, injecté à la deuxième entrée (ET) et de fréquence égale à la fréquence de résonance du MEMS ou du NEMS, et un signal en réponse à ce signal de test prélevé sur ladite première sortie (ST),

30 - ledit retard donné étant sélectionné de sorte que : $n/(Fr) - (T_{p(ET/ST)\text{-config1}} - T_{esbo})$, avec n un nombre entier et Fr la fréquence de résonance du MEMS ou du NEMS.

10. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant en outre : une interface de sortie (190) dotée de moyens adaptateurs de charge et/ou de niveau de tension en sortie du module de retard programmable (170).

5 11. Dispositif microélectronique comprenant au moins un MEMS ou au moins un NEMS et un dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 10.

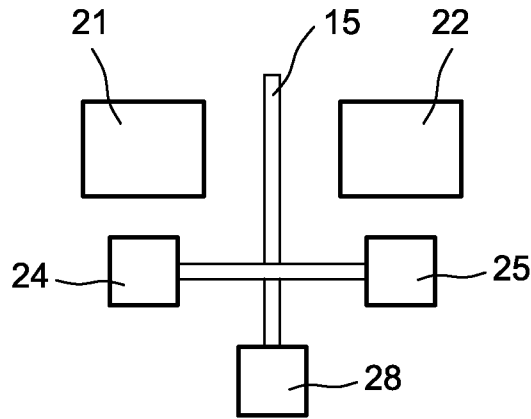


FIG. 1A

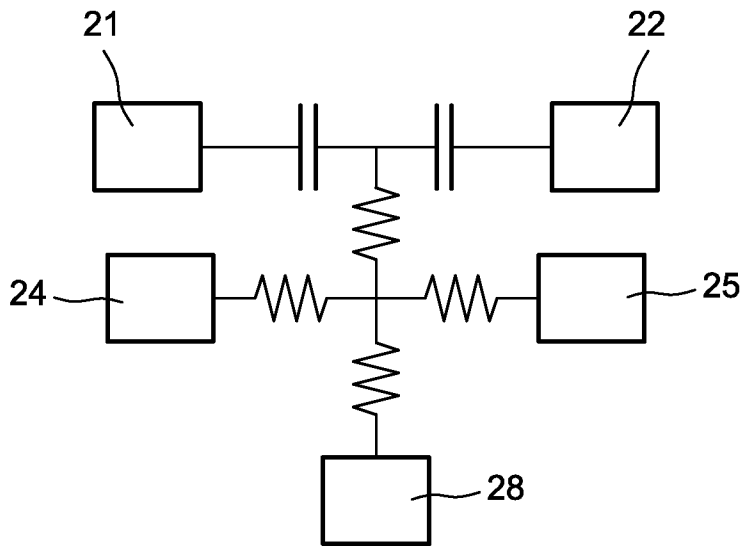


FIG. 1B

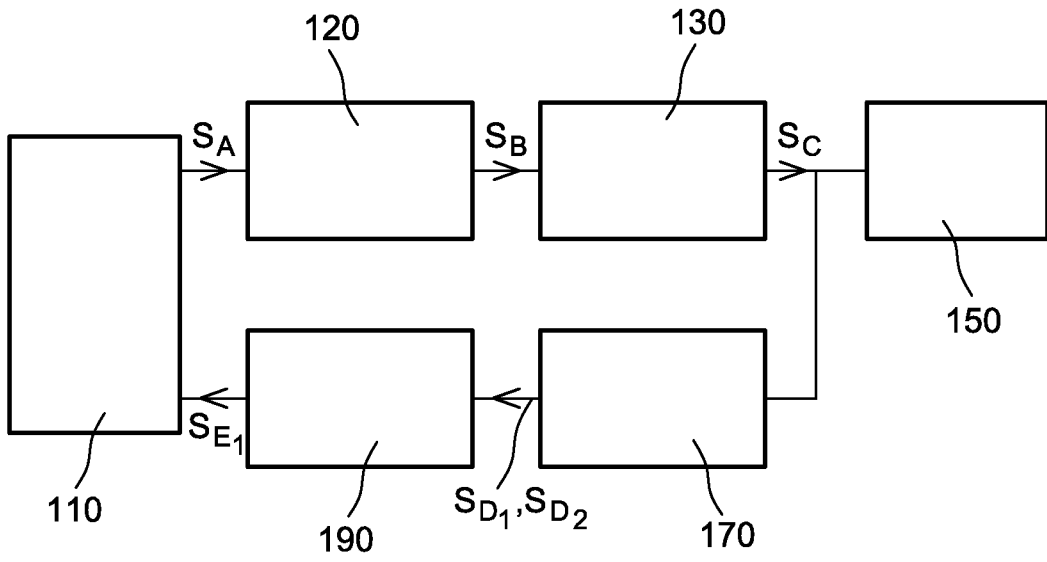
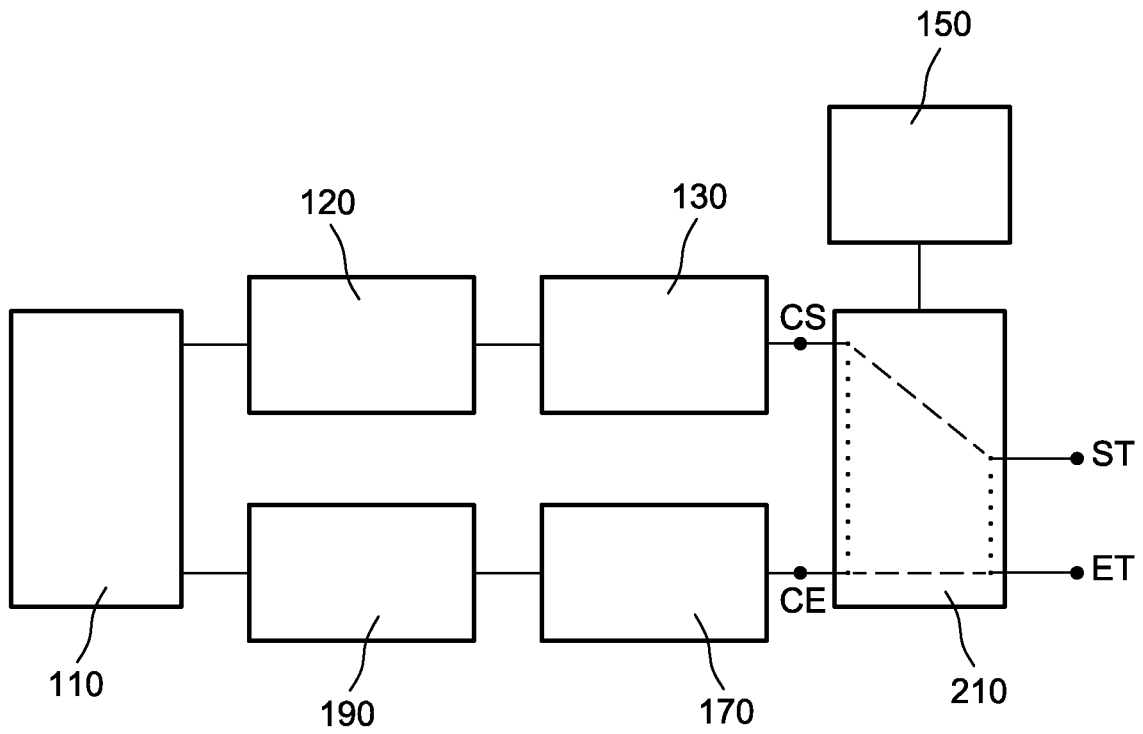


FIG. 2



..... CONFIG. 1
----- CONFIG. 2

FIG. 3

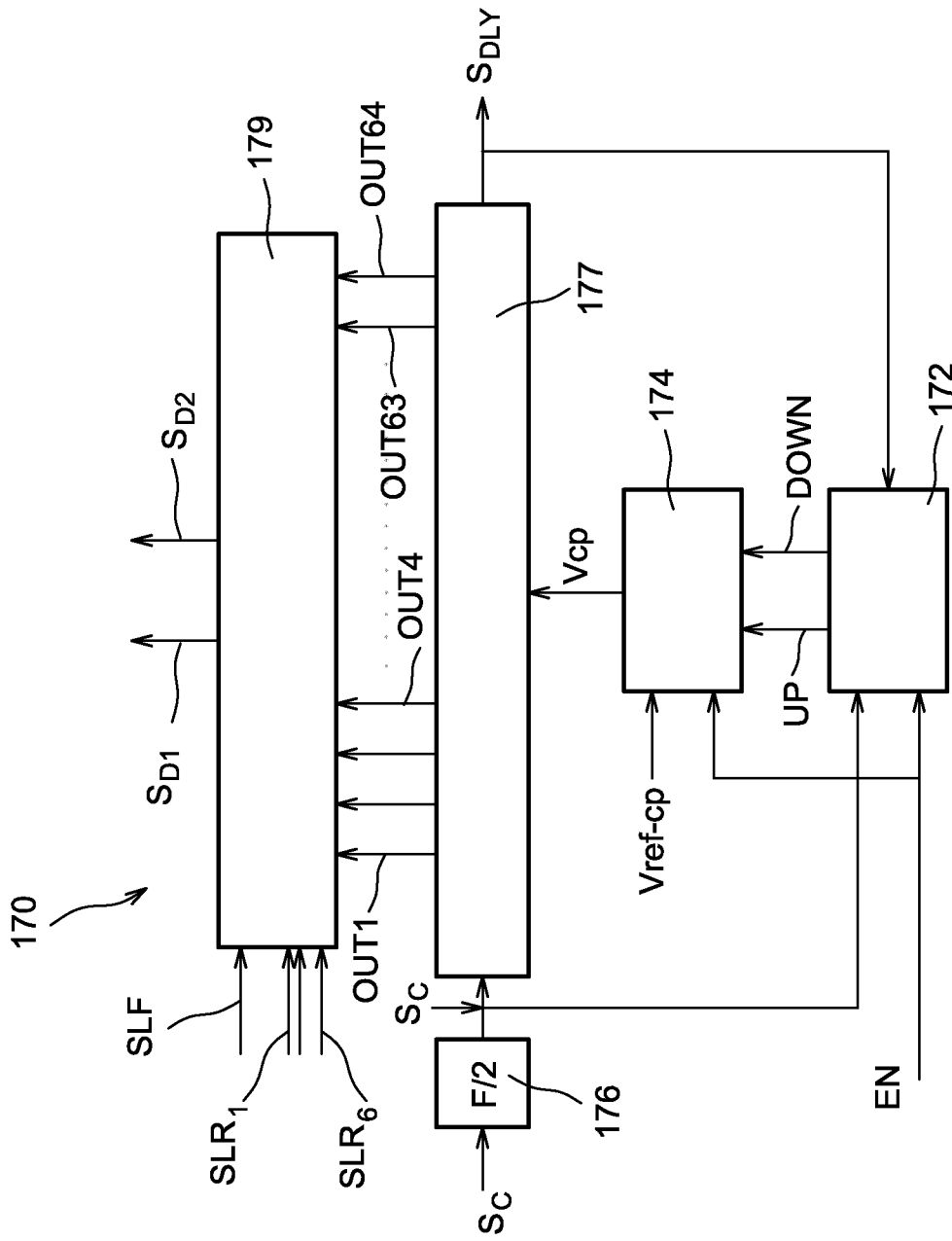


FIG. 6

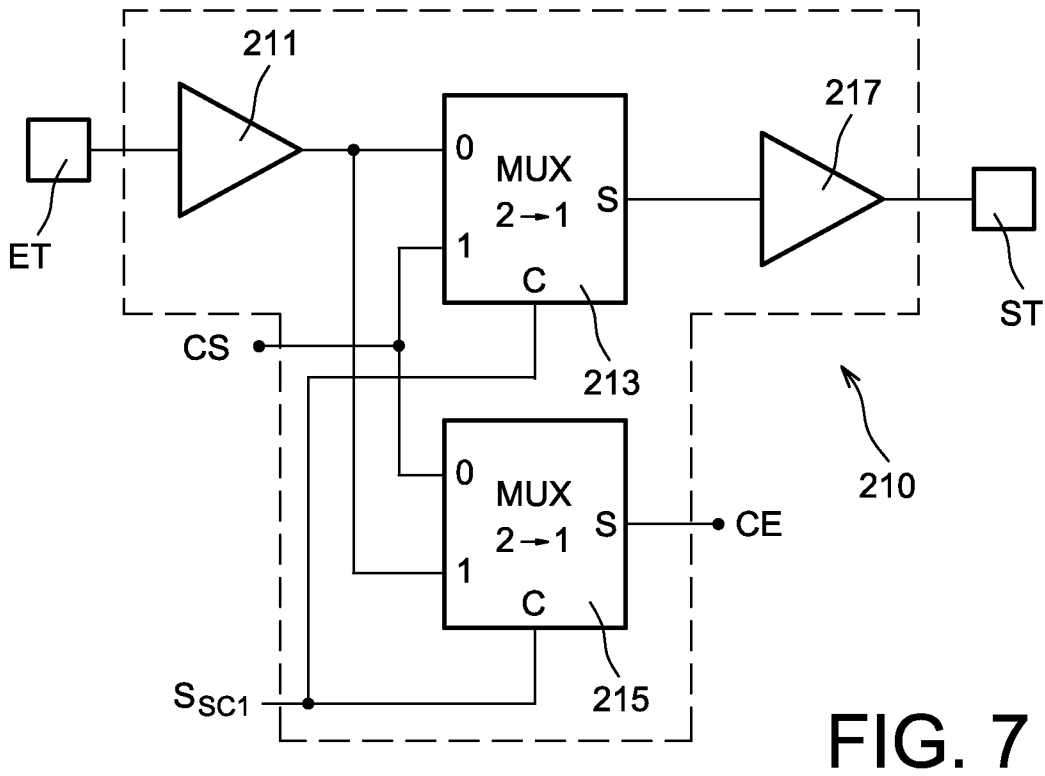


FIG. 7

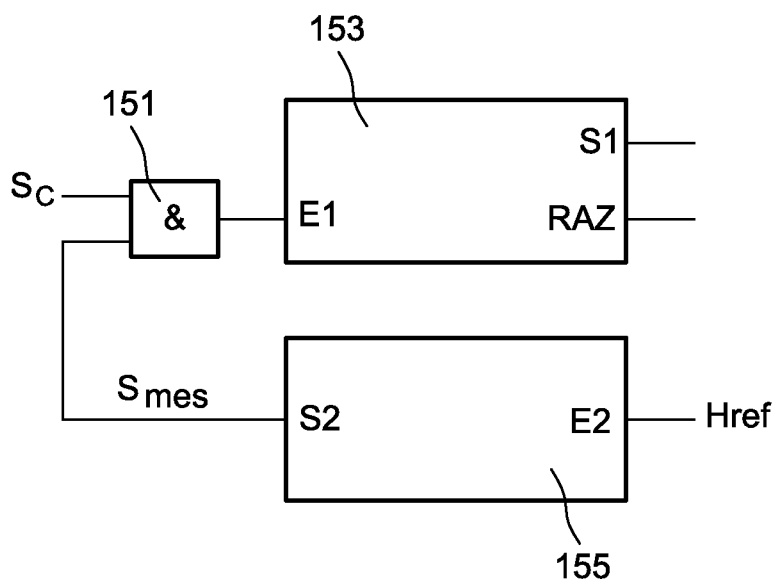


FIG. 8A

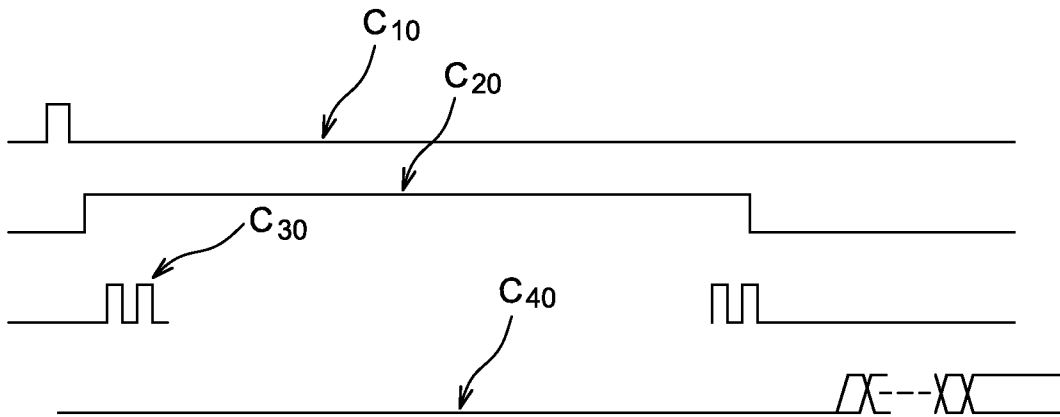


FIG. 8B

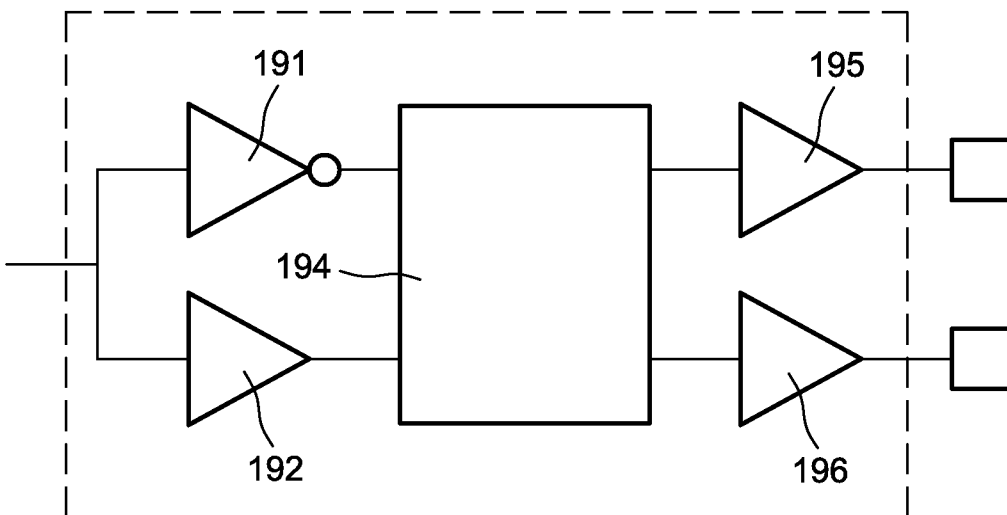


FIG. 9

190

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/056912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03L7/081 H03L7/091
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03L H03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TOMAS ROUBICEK ET AL: "Digital oscillator circuit using synchronous pulse driving", ELECTRONICS, CIRCUITS AND SYSTEMS, 2008. ICECS 2008. 15TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 31 August 2008 (2008-08-31), pages 482-485, XP031362529, ISBN: 978-1-4244-2181-7	1-3,6, 10,11
Y	the whole document	4,5,7-9
Y	US 6 614 275 B1 (AMICK BRIAN [US] ET AL) 2 September 2003 (2003-09-02) column 6, line 38 - column 7, line 65; figures 3,4	4,5,7-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 17 May 2013	Date of mailing of the international search report 28/05/2013
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Beasley-Suffolk, D
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/056912

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6614275	B1	02-09-2003	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/056912

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H03L7/081 H03L7/091 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H03L H03B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	TOMAS ROUBICEK ET AL: "Digital oscillator circuit using synchronous pulse driving", ELECTRONICS, CIRCUITS AND SYSTEMS, 2008. ICECS 2008. 15TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 31 août 2008 (2008-08-31), pages 482-485, XP031362529, ISBN: 978-1-4244-2181-7	1-3,6, 10,11
Y	le document en entier	4,5,7-9
Y	US 6 614 275 B1 (AMICK BRIAN [US] ET AL) 2 septembre 2003 (2003-09-02) colonne 6, ligne 38 - colonne 7, ligne 65; figures 3,4	4,5,7-9
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 17 mai 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 28/05/2013
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Beasley-Suffolk, D

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/056912

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6614275	B1	02-09-2003	AUCUN