

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/079685 A1

(43) Date de la publication internationale
6 juin 2013 (06.06.2013)

W I P O I P C T

- (51) Classification internationale des brevets :
H03L 7/76 (2006.01) *H04B 1/717* (201 1.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP20 12/074 136
- (22) Date de dépôt international :
30 novembre 2012 (30.11.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1160955 30 novembre 2011 (30.11.2011) FR
- (71) Déposant : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 PARIS (FR).
- (72) Inventeurs : SILIGARIS, Alexandre; 29 Allée de la Sylphide, F-38100 GRENOBLE (FR). JANY, Clément; 22 rue Boucher de Perthes, F-38000 GRENOBLE (FR).
- (74) Mandataire : ILGART, Jean-Christophe; BREVALEX, 95 rue d'Amsterdam, F-75378 PARIS CEDEX 8 (FR).

- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : FREQUENCY SYNTHESIS DEVICE AND METHOD

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE SYNTHÈSE DE FRÉQUENCE

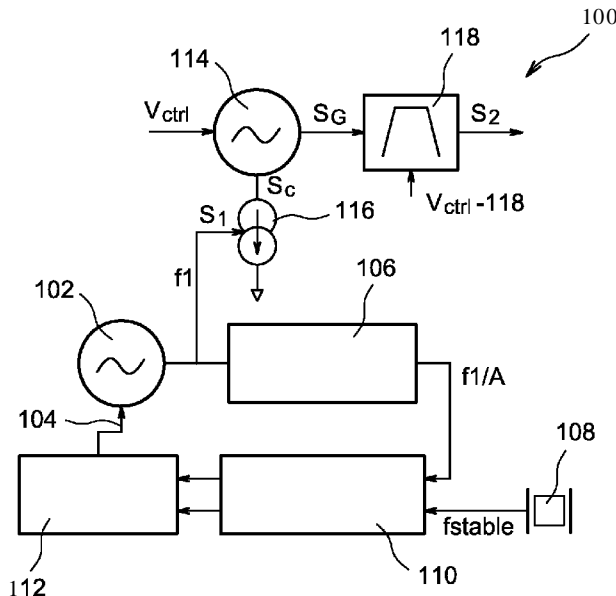


FIG. 4

(57) Abstract : The invention relates to a frequency synthesis device (100) comprising at least: first means (102, 104, 106, 108, 110, 112) capable of generating a periodic signal of frequency f_1 ; second and third means (114, 116) coupled to the first means and capable of receiving the periodic signal of frequency f_1 as an input and of generating a signal S_G corresponding to a train of frequency oscillations substantially equal to Nf_1 of a duration shorter than $T_1 = 1/f_1$ and periodically repeated at frequency f_1 , where N is an integer greater than 1; and fourth means (118) which, based on signal S_G , can generate a periodic signal having a frequency spectrum that comprises a main frequency line $f_2 = (N+i)f_1$, where i is an integer.

(57) Abrégé : Dispositif de synthèse de fréquence (100), comportant au moins : - des premiers moyens (102, 104, 106, 108, 110, 112) aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 , - des deuxièmes et troisièmes moyens (114, 116), couplés aux premiers moyens et aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à générer un signal S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à Nf_1 , de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1, - des quatrièmes moyens (118) aptes à générer, à partir du signal S_G , un signal périodique dont le spectre fréquentiel com-

porte une raie principale de fréquence $f = (N+i)f_1$ avec i nombre entier.

WO 2013/079685 A1

DISPOSITIF ET PROCÉDE DE SYNTHÈSE DE FRÉQUENCE**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE**

5 L'invention concerne un dispositif et un procédé de synthèse de fréquence permettant de fournir un signal stable d'une certaine fréquence à partir d'un signal de fréquence inférieure. L'invention concerne également un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux, fonctionnant par exemple dans le domaine radiofréquences (RF), comportant un tel dispositif de synthèse de fréquence destiné à
10 fournir en sortie un signal périodique stable.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Un dispositif de synthèse de fréquence permet de fournir un signal stable en fréquence destiné à être utilisé par exemple dans un système de communication RF. Ainsi, lors d'une émission de signaux, un signal contenant l'information à envoyer peut être modulé avec le signal stable en fréquence servant de signal porteur pour véhiculer l'information.
15

La synthèse de fréquence réalisée définit dans ce cas la valeur de la fréquence porteuse d'émission. Lors d'une réception de signaux, la synthèse de fréquence permet de fournir ce signal stable en fréquence pour démoduler l'information reçue.
20

Un premier exemple de réalisation d'un dispositif de synthèse de fréquence 10, utilisé par exemple dans un système d'émission / réception à fréquence porteuse, est représenté sur la figure 1.

Le dispositif 10 comporte un oscillateur 12 commandé en tension (VCO pour « Voltage-Controlled Oscillator »), fournissant en sortie un signal sinusoïdal dont la fréquence d'oscillation est contrôlée par une tension appliquée en entrée de l'oscillateur 12. L'oscillateur 12 est réalisé tel qu'il puisse fournir en sortie un signal oscillant dans la bande des fréquences utilisées par le système de communication dont fait partie le
25

dispositif 10. On considère que l'oscillateur 12 fournit en sortie un signal sinusoïdal de fréquence f_1 .

Le signal de sortie fourni par l'oscillateur 12 seul est instable dans les bandes de fréquences RF et les micro-ondes, dérive dans le temps et présente une impureté spectrale (bruit de phase) élevée. Il est donc nécessaire de le stabiliser en fréquence en verrouillant (c'est-à-dire en fixant, ou synchronisant) sa phase sur celle d'un signal très stable en fréquence fourni par exemple par un résonateur de très haute qualité, tel qu'un résonateur à quartz, qui fonctionne toutefois à plus basse fréquence (généralement dans le domaine des MHz).

Afin de verrouiller la phase du signal délivré par l'oscillateur 12 et stabiliser ainsi la fréquence d'oscillation f_1 de ce signal, l'oscillateur 12 est asservi au sein d'une boucle à verrouillage de phase (PLL pour « Phase-Locked Loop »). Cette PLL comporte plusieurs diviseurs de fréquence reliés en série les uns aux autres (représentés sous la forme d'un seul élément référencé 14 sur la figure 1) et aptes à diviser ensemble la fréquence f_1 du signal délivré par l'oscillateur 12 par un nombre N entier ou fractionnaire. On obtient en sortie des diviseurs de fréquence 14 un signal périodique de fréquence f_1/N qui est ensuite comparé à un signal périodique de référence très stable, tel qu'un signal de fréquence f_{quartz} fourni par un résonateur 16 à quartz. Les diviseurs de fréquence 14 sont réalisés tels que le facteur N obtenu permette que la fréquence f_1/N soit proche de la fréquence f_{quartz} . La comparaison entre ces deux signaux est réalisée par un comparateur de phases 18 (PFD pour « Phase Frequency Detector ») générant en sortie un signal proportionnel à la différence de phases mesurée entre ces deux signaux et dont la valeur est positive ou négative selon le signe de la différence $f_1/N - f_{quartz}$. Ce signal de sortie est envoyé en entrée d'un circuit de pompe de charge et d'un filtre 20 délivrant en sortie un signal appliqué sur l'entrée de commande de l'oscillateur 12 permettant d'ajuster sa fréquence d'oscillation de sorte à ce que $f_1/N = f_{quartz}$ une fois la boucle stabilisée.

Avec un tel dispositif de synthèse de fréquence 10, la stabilité en fréquence du signal de fréquence f_1 délivré par l'oscillateur 12, sa dérive dans le temps et sa pureté spectrale dépendent essentiellement des caractéristiques du signal de

référence de fréquence f_{quartz} fourni par le résonateur 16 ainsi que du rang de division N des diviseurs de fréquence 14 . De plus, les fréquences synthétisées par le dispositif 10 dépendent également de la plage de fréquence d'oscillation de l'oscillateur 12 telles que :

$$f_{\text{ose min}} < N \cdot f_{\text{quartz}} < f_{\text{ose max}}$$

5 f_{osemin} et f_{osemax} étant respectivement les fréquences d'oscillation minimum et maximum de l'oscillateur 12 .

L'oscillateur 12 est par exemple réalisé sous la forme de paires croisées différentielles (résonateur couplé avec une résistance négative). Les diviseurs de fréquence 14 utilisent différentes architectures selon qu'ils soient positionnés en début
10 de chaîne (proche de la fréquence f_1 , c'est-à-dire du côté de l'oscillateur 12) ou en fin de chaîne, à plus basse fréquence (proche de la fréquence f_{quartz} , c'est-à-dire du côté du comparateur de phases 18). Aux fréquences élevées, les diviseurs de fréquence utilisent des circuits de type CML (« Current Mode Logic ») ou ILFD (« Injection Locked Frequency Divider »). Les diviseurs de fréquence fonctionnant à plus basses fréquences utilisent des
15 architectures purement numériques de type compteur. Les circuits formant les diviseurs de fréquence 14 peuvent être programmables afin que la valeur de la fréquence synthétisée par le dispositif 10 soit programmable (f_1 est dans ce cas un multiple de f_{quartz}) via le choix de la valeur de N (la valeur de f_{quartz} est fonction de la nature du résonateur 16 et n'est donc pas programmable).

20 Ce type de dispositif de synthèse de fréquence 10 présente l'inconvénient majeur d'utiliser une longue chaîne de diviseurs de fréquence 14 compte tenu de la valeur importante de N lorsque la différence entre f_{quartz} et f_1 est grande. Les premiers diviseurs de fréquence (ceux du côté de l'oscillateur 12) fonctionnant à hautes fréquences présentent une consommation électrique statique élevée. De plus, lorsque les
25 premiers diviseurs de fréquence emploient une architecture de type ILFD, ils utilisent dans ce cas des éléments résonants (inductances ou lignes de transmission) occupant une surface de circuit importante. D'autre part, la PLL utilise une rétroaction qui agit sur la fréquence d'oscillation de l'oscillateur 12 . Or, cette rétroaction peut mener la PLL à des
30 instabilités (non verrouillage de la fréquence f_1) du fait que cette boucle fonctionne à haute fréquence.

Un deuxième exemple de réalisation d'un dispositif de synthèse de fréquence 30, utilisé dans un système d'émission / réception à fréquence porteuse élevée (domaine RF), est représenté sur la figure 2.

Par rapport au dispositif 10 précédemment décrit, ce deuxième
5 dispositif de synthèse de fréquence 30 utilise une approche inverse consistant à multiplier la fréquence de référence f_{quartz} jusqu'à obtention de la fréquence requise f_1 . Comme représenté sur la figure 2, un tel dispositif 30 comporte un résonateur 16, par exemple similaire à celui du dispositif 10 précédemment décrit, délivrant en sortie le signal stable de référence de fréquence f_{quartz} . Ce signal est appliqué en entrée d'une chaîne de circuits
10 multiplicateur de fréquence 32 de rang N (représentée sous la forme d'un seul élément sur la figure 2) apte à délivrer en sortie le signal de fréquence $f_1 = N \cdot f_{\text{quartz}}$.

Le dispositif 30 ne comporte pas d'oscillateur ni de boucle à verrouillage de phase. Les premiers circuits multiplicateur de fréquences 32 (ceux se trouvant du côté du résonateur 16) fonctionnent à basses fréquences et utilisent des architectures
15 numériques standards. Par contre, les circuits multiplicateur de fréquence 32 se trouvant en fin de chaîne fonctionnent à hautes fréquences et utilisent des architectures à verrouillage sous-harmonique, ou font appel à des techniques dites « push-push », à distorsion, à amplification harmonique ou autres. La stabilité et la pureté du signal (bruit de phase) de fréquence f_1 obtenu en sortie du dispositif de synthèse de fréquence 30
20 dépendent essentiellement des caractéristiques du signal stable de référence fourni par le résonateur 16 et du rang de multiplication N .

Lorsque le rang de multiplication N est élevé (ce qui est le cas pour un dispositif de synthèse de fréquence faisant partie d'un système de communication RF), il est nécessaire d'utiliser un nombre important de circuits multiplicateur de fréquence
25 pour réaliser la chaîne 32, se traduisant par une consommation et une surface de circuit occupée importantes. De plus, il n'existe pas de circuit multiplicateur de fréquence programmable, ce qui rend le rang N fixe et ne permet pas au dispositif 30 de synthétiser des fréquences de manière programmable.

Un troisième exemple de réalisation d'un dispositif de synthèse de fréquence 40, utilisé par exemple dans un système d'émission / réception à fréquence porteuse élevée (RF), est représenté sur la figure 3.

L'architecture de ce dispositif 40 correspond à une combinaison des architectures des dispositifs de synthèse de fréquence 10 et 30 précédemment décrits. Une première synthèse de fréquence est effectuée à la fréquence f_1 en utilisant une architecture similaire à celle du dispositif 10 (en faisant appel à des éléments analogues aux éléments 12, 14, 16, 18, 20 du dispositif 10). Le signal de fréquence f_1 est ensuite multiplié par une chaîne de circuits multiplicateur de fréquence 42 de rang K afin d'obtenir en sortie un signal de fréquence $f_2 = K \cdot f_1 = K \cdot N \cdot f_{\text{quartz}}$.

Un tel dispositif 40 a pour avantage de pouvoir synthétiser des fréquences programmables (via la programmation du paramètre N) et d'augmenter la valeur de la fréquence pouvant être obtenue en sortie. Les fréquences synthétisées sont telles que :

$$f_{\text{osemin}} < N \cdot K \cdot f_{\text{quartz}} < f_{\text{oscmáx}}$$

Bien que le dispositif de synthèse de fréquence 40 résolve une partie des inconvénients des dispositifs de synthèse de fréquence 10 et 30, tous ces dispositifs de synthèse de fréquence ont pour inconvénient de faire appel à des chaînes complètes de diviseurs et/ou multiplicateurs de fréquence de rangs élevés (N et K pouvant être de l'ordre de plusieurs centaines ou plusieurs milliers), en raison des grandes différences entre les valeurs des fréquences porteuses destinées à être obtenues en sortie des dispositifs et les fréquences relativement basses pouvant être fournies par des résonateurs stables tels que des résonateurs à quartz. Or, ces chaînes complètes de circuits diviseurs ou multiplicateurs de fréquence présentent une importante consommation électrique et occupent une surface de circuit également importante.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Un but de la présente invention est de proposer un nouveau type de dispositif de synthèse de fréquence ne présentant pas les inconvénients des dispositifs de synthèse de fréquence de l'art antérieur exposés précédemment.

Pour cela, il est proposé un dispositif de synthèse de fréquence, comportant au moins :

- des premiers moyens aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,

5 - des deuxièmes moyens aptes à générer un signal périodique impulsionnel dont une fréquence centrale f_G est égale à $N.f_1$, avec N nombre entier supérieur à 1,

- des troisièmes moyens couplés aux premiers et deuxièmes moyens, aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à commander la
10 génération du signal périodique impulsionnel par les deuxièmes moyens seulement sur une partie de chaque période du signal périodique de fréquence f_1 ,

- des quatrièmes moyens aptes à générer, à partir du signal périodique impulsionnel délivré par les deuxièmes moyens, un signal périodique, par exemple sinusoïdal, de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

15 La présente invention propose en outre un dispositif de synthèse de fréquence, comportant au moins :

- des premiers moyens, ou premier générateur, aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,

- des deuxièmes et troisièmes moyens, ou deuxième générateur,
20 couplés aux premiers moyens et aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à générer un signal S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée inférieure à $T_i = 1/f_i$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,

- des quatrièmes moyens, ou troisième générateur, aptes à générer, à
25 partir du signal S_G , un signal périodique, par exemple sinusoïdal, dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale, ou pic principal, de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

Un tel dispositif permet de réaliser une synthèse de fréquence qui soit stabilisée en fréquence et en bruit. Ce dispositif se base sur une multiplication de
30 fréquence d'un signal, ou plus particulièrement une génération, à partir d'une basse

fréquence, d'un signal périodique complexe centré à plus haute fréquence, et une récupération de fréquence ultérieure afin d'obtenir un signal stabilisé en fréquence. En effet, les deuxièmes et troisièmes moyens génèrent, par exemple via la commande réalisée par les troisièmes moyens sur les deuxièmes moyens, un signal périodique
5 impulsionnel dont la fréquence centrale f_G est un multiple d'un premier signal généré de fréquence f_1 . Les troisièmes moyens peuvent agir sur les deuxièmes moyens comme un interrupteur de commande fonctionnant à la fréquence f_1 . On retrouve ainsi dans le spectre du signal délivré par les deuxièmes moyens et troisièmes moyens, correspondant par exemple à un signal sinusoïdal impulsionnel, ou plus généralement un signal
10 correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée T_H inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1, plusieurs raies centrées autour de la fréquence centrale $f_G = N.f_1$ et espacées de f_1 les unes des autres. Les quatrièmes moyens servent ensuite à récupérer dans ce spectre la raie souhaitée et générer en sortie un signal périodique, par exemple
15 sinusoïdal ou de forme sensiblement sinusoïdale, stable de fréquence centrale $f_2 = (N+i).f_1$.

Le dispositif selon l'invention permet donc de réaliser une synthèse haute fréquence (f_2) à partir d'un signal basse fréquence (fréquence f_1) et d'un générateur d'impulsions haute fréquence formé par les deuxièmes et troisièmes moyens.

20 Le dispositif selon l'invention permet de réaliser, entre la fréquence f_1 et la fréquence f_2 délivrée, une multiplication de fréquence d'ordre élevé sans présenter les inconvénients des multiplicateurs de fréquence de l'art antérieur. Le dispositif selon l'invention n'utilise pas de chaîne de multiplicateurs de fréquence traditionnels comme dans certains des dispositifs de synthèse de fréquence de l'art antérieur et a donc pour
25 avantage de réduire la consommation et la taille du dispositif de synthèse de fréquence. De plus, la fréquence synthétisée est programmable via la programmation des paramètres N et i .

Le dispositif selon l'invention a donc pour avantages, par rapport aux dispositifs de synthèse de fréquence de l'art antérieur comportant de longues chaînes de
30 circuits multiplicateurs ou diviseurs de fréquence, de réduire la consommation électrique

du dispositif, d'améliorer les performances de la synthèse de fréquence réalisée en termes de bruit de phase et de plage de fonctionnement fréquentiel, et de réduire également la complexité du design du dispositif.

Le dispositif de synthèse de fréquence selon l'invention ne fait pas appel à une longue chaîne de diviseurs de fréquence (source de consommation et de surface occupée importantes), ni à une PLL fonctionnant à haute fréquence (source d'instabilités à haute fréquence).

Le signal délivré par les quatrièmes moyens peut correspondre à un signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte des raies de fréquences multiples entiers de f_1 et dont la raie principale (présentant la plus grande amplitude parmi l'ensemble des raies spectrales) est à la fréquence $f_2=(N+i)f_1$.

Il est également proposé un dispositif de synthèse de fréquence comportant au moins :

- des moyens aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,
- des moyens aptes à générer, à partir du signal périodique de fréquence f_1 , un signal périodique impulsionnel dont une fréquence centrale f_G est égale à $N.f_1$, avec N nombre entier supérieur à 1, le signal périodique impulsionnel ayant périodiquement une valeur nulle sur une partie de la période du signal périodique de fréquence f_1 ,
- des moyens aptes à générer, à partir du signal périodique impulsionnel de fréquence centrale f_G égale à $N.f_1$, un signal périodique, par exemple, sinusoïdal, de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

Les deuxièmes moyens peuvent comporter au moins un oscillateur commandé en tension dont la plage d'oscillation libre inclut la fréquence centrale f_G c'est-à-dire $N.f_1$, la valeur de N pouvant être fonction d'une valeur d'une première tension de commande destinée à être appliquée en entrée de l'oscillateur commandé en tension. La plage d'oscillation libre peut être définie comme étant la gamme de fréquences comprises entre la fréquence minimale et la fréquence maximale atteignables par l'oscillateur commandé en tension en fonction de la première tension de commande.

Les troisièmes moyens peuvent être aptes à générer une tension d'alimentation des deuxièmes moyens sous la forme d'un autre signal périodique de fréquence f_1 dont le rapport cyclique peut être inférieur à 1.

5 Les troisièmes moyens peuvent comporter au moins un interrupteur relié à une entrée d'alimentation électrique des deuxièmes moyens et apte à être commandé par le signal périodique de fréquence f_1 destiné à être généré par les premiers moyens.

10 Les troisièmes moyens peuvent comporter au moins un interrupteur relié à une entrée d'alimentation électrique de l'oscillateur et apte à être commandé par le signal périodique de fréquence f_1 tel qu'il génère une tension d'alimentation de l'oscillateur non nulle seulement pendant une partie de chaque période T_1 .

15 Les troisièmes moyens peuvent comporter au moins un interrupteur relié à une sortie de l'oscillateur et apte à être commandé par le signal périodique de fréquence f_1 tel qu'il coupe une liaison électrique entre la sortie de l'oscillateur et l'entrée des quatrièmes moyens pendant une partie de chaque période T_1 .

20 Les quatrièmes moyens peuvent comporter au moins un oscillateur verrouillé par injection destiné à recevoir en entrée le signal périodique impulsionnel de fréquence centrale f_G (qui est périodiquement interrompu à la fréquence f_1) généré par les deuxièmes moyens, ou le signal S_G , et à être verrouillé au moins périodiquement à la fréquence f_2 la valeur de λ pouvant être fonction d'une valeur d'une deuxième tension de commande destinée à être appliquée en entrée de l'oscillateur verrouillé par injection. Ce ou ces oscillateurs verrouillés par injection peuvent réaliser une récupération d'au moins une des raies, correspondant à la fréquence f_2 du spectre du signal délivré par les deuxièmes moyens.

25 Les quatrièmes moyens peuvent comporter au moins un filtre passe-bande de fréquence centrale sensiblement égale à $\lambda/2$.

30 La valeur de la fréquence f_1 peut être supérieure à environ 1 GHz, et/ou la valeur de la fréquence f_2 peut être supérieure à environ 10 GHz, et/ou le signal périodique impulsionnel généré par les deuxièmes moyens peut être un signal sinusoïdal impulsionnel, et/ou les oscillations du signal S_G peuvent être sinusoïdales, et/ou le signal

périodique de fréquence f_2 , ou plus généralement le signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence f_2 , peut être un signal sensiblement sinusoïdal.

Les premiers moyens peuvent comporter au moins un dispositif résonateur et une boucle à verrouillage de phase apte à asservir la phase du signal périodique de fréquence f_1 délivré par un oscillateur commandé en tension de la boucle à verrouillage de phase sur une phase d'un signal périodique, par exemple un signal sinusoïdal, délivré par le dispositif résonateur. Ainsi, le dispositif de synthèse de fréquence peut faire appel à une boucle à verrouillage de phase fonctionnant à basse fréquence, ce qui permet de supprimer les risques d'instabilité engendrés par une PLL fonctionnant à une haute fréquence comme dans l'art antérieur.

En variante, les premiers moyens peuvent également comporter un dispositif résonateur apte à générer le signal périodique, qui est stable, de fréquence f_1 .

L'invention concerne également un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux, comportant au moins un dispositif de synthèse de fréquence tel que défini précédemment et couplé à un modulateur et/ou un démodulateur du dispositif d'émission et/ou de réception.

Il est également proposé un procédé de synthèse de fréquence, comportant au moins les étapes de :

- génération d'un signal périodique de fréquence f_1 ,
- génération, à partir du signal périodique de fréquence f_1 , d'un signal périodique impulsionnel dont une fréquence centrale f_G est égale à $N.f_1$, avec N nombre entier supérieur à 1, le signal périodique impulsionnel ayant périodiquement une valeur non-nulle seulement sur une partie de chaque période du signal périodique de fréquence f_1 ,

- génération, à partir du signal périodique impulsionnel de fréquence centrale f_G , d'un signal périodique de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

La présente invention concerne en outre un procédé de synthèse de fréquence, comportant au moins les étapes de :

- génération d'un signal périodique de fréquence f_1 ,

- génération, à partir du signal périodique de fréquence f_1 , d'un signal S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à Nf_1 , de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,

5 - génération, à partir du signal S_G , d'un signal périodique de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

Le fait que le signal périodique impulsionnel généré par les deuxièmes moyens ait une valeur non-nulle seulement sur une partie de chaque période du signal périodique de fréquence f_1 signifie que ce signal impulsionnel a périodiquement une
10 valeur nulle sur une partie de la période du signal périodique de fréquence f_1 .

La présente invention concerne également un procédé de synthèse de fréquence, comportant au moins les étapes de :

- génération d'un signal périodique de fréquence f_1 ,
- génération, à partir du signal périodique de fréquence f_1 , d'un signal
15 S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,

- génération, à partir du signal S_G , d'un signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre
20 entier.

Il est également proposé un procédé de réalisation d'un dispositif de synthèse de fréquence, comportant au moins les étapes de :

- réalisation de premiers moyens aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,
25 - réalisation de deuxièmes moyens aptes à générer un signal périodique impulsionnel dont une fréquence centrale f_G est égale à $N.f_1$, avec N nombre entier supérieur à 1,

- réalisation de troisièmes moyens couplés aux premiers et deuxièmes moyens, aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à commander

la génération du signal périodique impulsionnel par les deuxièmes moyens seulement sur une partie de chaque période du signal périodique de fréquence f_1 ,

- réalisation de quatrièmes moyens aptes à générer, à partir du signal périodique impulsionnel délivré par les deuxièmes moyens, un signal périodique de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

L'invention concerne enfin un procédé de réalisation d'un dispositif de synthèse de fréquence, comportant au moins les étapes de :

- réalisation de premiers moyens aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,
- réalisation de deuxièmes et troisièmes moyens, couplés aux premiers moyens et aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à générer un signal S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,
- réalisation de quatrièmes moyens aptes à générer, à partir du signal S_G , un signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

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 1 à 3 représentent schématiquement des dispositifs de synthèse de fréquence selon l'art antérieur,
- la figure 4 représente schématiquement un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention, selon un premier mode de réalisation,
- les figures 5A et 5B représentent respectivement la forme d'onde et le spectre d'un signal S_C généré dans un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention,

- les figures 6A et 6B représentent respectivement la forme d'onde et le spectre d'un signal S_G généré dans un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention,

5 - les figures 7A et 7B représentent respectivement la forme d'onde et le spectre d'un signal S_2 obtenu en sortie d'un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention,

- la figure 8 représente la sélectivité d'un circuit récupérateur de fréquence faisant partie d'un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention,

10 - les figures 9A et 9B représentent des formes d'ondes et des spectres des signaux générés dans un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention,

- la figure 10 représente le spectre d'un signal S_G généré dans un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention, selon un exemple de réalisation,

15 - la figure 11 représente le spectre d'un signal S_2 obtenu en sortie d'un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention, selon un exemple de réalisation,

20 - la figure 12 représente le bruit de phase d'un signal S_2 obtenu en sortie d'un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention, selon un exemple de réalisation,

- la figure 13 représente schématiquement un système de communication, également objet de la présente invention, comportant un dispositif de synthèse de fréquence selon l'invention ;

25 - les figures 14A et 14B représentent de signaux S_2 obtenus en sortie d'un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention, selon un exemple de réalisation ;

- la figure 15 représente schématiquement un dispositif de synthèse de fréquence, objet de la présente invention, selon un deuxième mode de réalisation.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas
5 nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

10 On se réfère tout d'abord à la figure 4 qui représente un dispositif de synthèse de fréquence 100 selon un premier mode de réalisation.

Le dispositif 100 comporte un oscillateur 102 par exemple de type VCO fournissant en sortie un signal périodique S_i de fréquence f_i , par exemple sinusoïdal de fréquence d'oscillation f_1 . La fréquence f_i est contrôlée par une tension appliquée sur une
15 entrée de commande 104 de l'oscillateur 102. Afin de verrouiller et stabiliser la fréquence d'oscillation f_1 du signal S_i , l'oscillateur 102 est asservi par une boucle de verrouillage de phase (PLL). Cette PLL comporte un ou plusieurs diviseurs de fréquence 106 aptes à diviser la fréquence du signal S_i par un nombre A entier ou fractionnaire. On obtient en sortie du ou des diviseurs de fréquence 106 un signal périodique de fréquence f_i/A qui est
20 ensuite comparé à un signal périodique de référence très stable de fréquence f_{stable} fourni par un résonateur 108, par exemple à quartz. Le facteur A est choisi tel que la fréquence f_i/A soit proche de la fréquence f_{stable} . Une comparaison entre ces deux signaux est réalisée par un comparateur de phases 110 (PFD) générant un signal de sortie proportionnel à la différence de phases mesurée entre ces deux signaux, dont la valeur
25 est positive ou négative selon le signe de la différence $f_i/A - f_{stable}$.

Ce signal de sortie est envoyé en entrée d'un circuit de pompe de charge et d'un filtre 112 délivrant en sortie le signal appliqué sur l'entrée de commande 104 de l'oscillateur 102 afin d'ajuster la fréquence d'oscillation f_1 , de sorte à ce que
 $f_i/A = f_{stable}$.

Les éléments 102, 106, 108, 110 et 112 permettent d'obtenir un signal périodique S_j , par exemple sinusoïdal, qui soit stable en fréquence. En variante, il est possible de remplacer ces éléments 102, 106, 108, 110 et 112 par n'importe quel dispositif ou structure apte à fournir un tel signal périodique S_i stable en fréquence, correspondant par exemple à un seul dispositif résonateur lorsqu'un tel dispositif résonateur peut fournir directement le signal S_i . Le choix du type de dispositif ou structure générant le signal périodique S_1 peut notamment être fait en fonction de la fréquence f_1 souhaitée. Un dispositif résonateur seul peut être suffisant si la fréquence f_i ne dépasse pas une valeur au-delà de laquelle il peut alors être nécessaire de faire appel à une PLL pour générer le signal S_1 .

Le dispositif de synthèse de fréquence 100 comporte en outre un générateur de train d'oscillations répétées périodiquement (appelé par la suite « TORP ») dans la bande de fréquences à synthétiser et un récupérateur de fréquence.

Dans ce premier mode de réalisation, le générateur de TORP est composé d'un oscillateur 114 de type VCO contrôlé en tension par un signal de contrôle V_{ctrl} , et des moyens d'alimentation électrique commandés 116 alimentant électriquement l'oscillateur 114 et qui sont commandés par le signal S_1 de fréquence f_i délivré par l'oscillateur 102. Sur l'exemple de la figure 4, cette alimentation électrique commandée correspond à une source de courant commandée 116 fonctionnant comme un interrupteur interrompant périodiquement (période $T_i = 1/f_1$) l'alimentation électrique de l'oscillateur 114. Cette source de courant commandée peut correspondre à un transistor MOS comportant une grille sur laquelle est appliqué le signal S_i . De manière générale, ces moyens 116 peuvent comporter un interrupteur relié à une entrée d'alimentation électrique de l'oscillateur 114 et apte à être commandé par le signal périodique S_i .

L'oscillateur 114 est donc commuté par cet interrupteur mettant alternativement l'oscillateur 114 en état ON et en état OFF, c'est-à-dire interrompant ou non la fourniture d'un signal de sortie par l'oscillateur 114, successivement à la fréquence f_i . L'oscillateur 114 est commandé par un signal S_c correspondant au courant généré par la source de courant 116 (et donc à la tension d'alimentation fournie à l'oscillateur 114) et dont la forme d'onde correspond sensiblement à un signal carré positif de fréquence f_i

(ce signal carré n'est pas parfait et peut présenter une forme trapézoïdale, comme c'est le cas du signal S_C représenté sur la figure 5A). Ainsi, lorsque le signal de commutation S_C met l'oscillateur 114 en marche, un signal S_G correspondant à un train d'oscillations est créé à la sortie du VCO. Une demi-période $T_i/2$ (avec $T_i = 1/f_i$) plus tard, l'oscillateur 114 est éteint et l'oscillation est interrompue. L'alternance de l'état ON et de l'état OFF toutes les demi-périodes $T_i/2$ correspond au cas où le signal S_C présente un rapport cyclique égal à 0,5. Le signal S_C représenté sur la figure 5A allume l'oscillateur 114 pendant une durée T_H qui est égale, dans cet exemple, à $T_i/2$.

Toutefois, ce rapport cyclique (égal à T_H/T_i) peut être différent de 0,5, et plus généralement compris entre 0 et 1, les valeurs 0 et 1 étant exclues, la durée de l'état ON pouvant être supérieure ou inférieure à celle de l'état OFF.

Ainsi, un signal puisé S_G est créé à une fréquence centrale **fou** correspondant à la fréquence d'oscillation libre de l'oscillateur 114, avec une période de répétition égale à T_i . Le signal S_G correspond donc à un TORP, c'est-à-dire ici un train d'oscillations de fréquence **fou** de durée inférieure à $T_i = 1/f_i$ et répété périodiquement avec une période de répétition égale à T_i . Le signal S_G a donc périodiquement une valeur nulle sur une partie de chaque période T_i , cette partie de chaque période T_i correspondant approximativement à la partie de chaque période T_i au cours de laquelle le signal S_C a une valeur nulle. Le signal S_G a la particularité d'avoir sa phase verrouillée sur celle du signal de fréquence f_1 fourni par l'oscillateur 102 et a une fréquence centrale f_{OL} qui est sensiblement égale à un multiple entier de f_1 ($f_{OL} \approx N \cdot f_1$). Cette propriété est due au fait qu'au démarrage de l'oscillation, l'oscillateur 114 présente une élasticité élevée et se verrouille facilement sur une harmonique **N** de la fréquence f_1 avec **N** tel que le produit $N \cdot f_1$ soit le plus proche de la fréquence d'oscillation libre **f_o** de l'oscillateur 114 lorsqu'il se trouve en oscillation libre. La valeur de **N**, et donc celle de la fréquence f_{OL} , dépendent de la valeur de la tension $V_{ct,i}$ appliquée en entrée de l'oscillateur 114.

Le spectre équivalent du signal S_G présente une enveloppe dont la forme correspond à un sinus cardinal dont les composantes sont des sinusoïdes de fréquence centrale **N.f₁**. Les raies du spectre de S_G sont espacées les unes des autres de f_1 . Les figures 5A et 5B représentent respectivement la forme d'onde (domaine temporel) et le

spectre (domaine fréquentiel) du signal S_G . De même, les figures 6A et 6B représentent respectivement la forme d'onde et le spectre du signal S_G . Sur la figure 6A, on voit que dans chaque train d'oscillations du signal S_G , les amplitudes des oscillations sont croissantes lors du démarrage de l'oscillateur 114 et sont décroissantes lors de l'arrêt de l'oscillateur 114. De plus, les oscillations des trains d'oscillations de S_G sont similaires, en termes de phase, d'amplitude et de fréquence, d'un train à l'autre.

D'un point de vue analytique, le signal S_G est obtenu par la convolution dans le domaine temporel entre un sinus fenêtré, de fréquence f_{OL} (correspondant à la fréquence d'oscillation libre de l'oscillateur 114) et de largeur de fenêtre égale à T_H avec $\Pi_{T_H} \varepsilon]0, T_1[$, et un peigne de Dirac de période égale à T_1 . Le signal S_G peut donc s'exprimer sous la forme :

$$S_G(t) = [\sin(2 \cdot \pi \cdot f_{OL} \cdot t) \cdot \Pi_{T_H}(t)] \otimes \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - k \cdot T_1)$$

$\Pi_{T_H}(t)$ est la fonction de fenêtrage correspondant à :

$$\Pi_{T_H}(t) = \begin{cases} 0 & \forall t < 0 \\ 1 & \forall t \in]0, T_1[\\ 0 & \forall t > T_H \end{cases}$$

Le spectre fréquentiel du signal S_G correspond dans ce cas à :

$$|S_G(f)|_{f>0} = \left[\frac{1}{2} \delta(f - f_{OL}) \otimes T_H \cdot \text{sinc}(\pi \cdot f \cdot T_H) \right] \cdot f_1 \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - k \cdot f_1)$$

Pour chacune des raies de fréquences f_i du spectre du signal S_G (f_i étant des multiples de f_1), l'amplitude A_i de chacune de ces raies peut être exprimée par l'équation :

$$A = \frac{1}{2} \text{sinc}(\pi (f_i - f_{OL}) \cdot T_H)$$

Le signal S_G est ensuite utilisé pour obtenir en sortie du dispositif 100 un signal S_2 périodique, par exemple sinusoïdal, dont le spectre fréquentiel comporte une

raie, ou pic, principale, c'est-à-dire de plus forte valeur par rapport aux autres raies, de fréquence f_2 correspondant à la fréquence à synthétiser par le dispositif 100. Aussi, afin d'obtenir un spectre correspondant, ou s'approchant, d'un sinus pur sans les raies adjacentes (correspondant aux raies à $(N+x).f_1$, avec x nombre entier, sur le spectre du signal S_G représenté sur la figure 6B, lorsque $f_2 = f_{OL}$, le dispositif 100 comporte un circuit de récupération de fréquence 118, ou circuit de récupération de raie, dont l'entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur puisé 114. Le circuit récupérateur de fréquence 118 joue le rôle de filtre passe-bande et rejette les raies adjacentes à la fréquence à récupérer. On obtient, à la sortie du circuit récupérateur de fréquence 118, un signal S_2 périodique dont la raie principale a pour fréquence $N \cdot f_1$ lorsque $f_2 = f_{OL}$, par exemple un signal sinusoïdal avec une enveloppe sensiblement constante dont la fréquence f_2 est par exemple égale à $N \cdot f_1$. Le bruit de phase du signal S_2 est égal au bruit de phase du signal S_1 plus $20\log(N)$, ou N est le facteur de multiplication entre f_1 et f_2 :

$$phN \frac{f_2}{dBc/Hz} = P h_N \frac{f_1}{dBc/Hz} + 20\log(N),$$

Les figures 7A et 7B représentent respectivement la forme d'onde (domaine temporel) et le spectre (domaine fréquentiel) du signal S_2 . Ainsi, on obtient en sortie du dispositif 100 un signal S_2 de spectre pur, c'est-à-dire comportant une unique raie à la fréquence f_2 verrouillée sur f_{stable} , toutes les autres composantes non désirées ayant été rejetées par le circuit récupérateur de fréquence 118.

Les oscillateurs 102 et 114 sont par exemple réalisés sous la forme de paires croisées différentielles (résonateurs couplés avec une résistance négative). L'oscillateur 114 peut par exemple être réalisé comme décrit dans le document « A 60 GHz UWB impulse radio transmitter with integrated antenna in CMOS65nm SOI technology » de A. Siligaris et al., Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF), 2011 IEEE 11th Topical Meeting on, pp. 153-156, 17-19 Jan. 2011. L'oscillateur 102 peut par exemple être réalisé comme décrit dans le document « A 17.5-to-20.94GHz and 35-to-41.88GHz PLL in 65nm CMOS for wireless HD applications » de O. Richard et al., Solid-State Circuits Conférence Digest of Technical Papers (ISSCC), 2010 IEEE International, pp.252-253, 7-11 Feb. 2010.

Le circuit récupérateur de fréquence 118 joue un rôle de filtre passe-bande de très haute sélectivité, et peut correspondre à un circuit oscillateur verrouillé, ou synchronisé, par injection (ILO) ou plusieurs circuits ILO disposés en cascade. La réalisation d'un tel ILO est par exemple décrite dans le document « A 50 GHz direct injection locked oscillator topology as low power frequency divider in 0.13 μm CMOS » de M. Tiebout, Solid-State Circuits Conference, 2003. ESSCIRC '03. Proceedings of the 29th European, pp. 73-76, 16-18 Sept. 2003.

Un tel circuit oscillateur fonctionne en continu et en l'absence de signal S_G appliqué en entrée (lorsque le signal S_G a périodiquement une valeur nulle), le circuit 118 délivre en sortie un signal sinusoïdal d'oscillation libre dont la fréquence $f_{osc_libre_118}$ est dans la même bande de fréquence que f_2 ($f_{osc_libre_118} \approx f_2$). La valeur de la fréquence $f_{osc_libre_118}$ dépend uniquement de la valeur d'un signal de contrôle V_{ctrl_118} appliqué sur une autre entrée du circuit récupérateur de fréquence 118. Lorsque sa première entrée est excitée par le signal S_G puisé délivré par l'oscillateur 114, le circuit récupérateur de fréquence 118 se verrouille à la raie du signal S_G la plus proche de $f_{osc_libre_118}$. Le signal de contrôle V_{ctrl_118} permet de positionner $f_{osc_libre_118}$ proche de $N \cdot f_1$ afin de centrer le signal S_2 exactement sur $N \cdot f_1$, c'est-à-dire f_G ou sur une raie adjacente de $N \cdot f_1$. Il est donc possible de verrouiller le circuit récupérateur de fréquence 118 sur une raie $(N + i) \cdot f_1$, avec i nombre entier (positif ou négatif ou nul), si le signal de contrôle V_{ctrl_118} est tel que $f_{osc_libre_118}$ se situe proche de la raie $(N + i) \cdot f_1$.

La fréquence f_2 synthétisée par le dispositif 100 est donc paramétrable et égale à :

$$f_2 = (N + i) \cdot f_1$$

La programmation, ou le réglage, de la valeur de la fréquence f_2 synthétisée s'effectue donc via les paramètres N et/ou i et/ou f_1 .

Les paramètres N et i peuvent être modifiés via la valeur du signal de contrôle V_{ctrl} de l'oscillateur 114 d'une part, et la valeur du signal de contrôle V_{ctrl_118} du circuit récupérateur de fréquence 118 d'autre part.

Une première possibilité de programmation de la valeur de la fréquence f_2 consiste à verrouiller l'oscillateur 114 directement sur la fréquence désirée en sortie tel que $f_{oL} = f_2 = N \cdot f_1$. En effet, comme expliqué précédemment, au démarrage de l'oscillation, l'oscillateur 114 présente une élasticité élevée et a tendance à se verrouiller facilement sur une harmonique N de la fréquence f_1 . La valeur de la fréquence d'oscillation de l'oscillateur 114 f_{oL} est donc fixée en réglant la valeur de V_{ctrl_j} telle que $f_{oL} = f_2 = N \cdot f_1$. La fréquence centrale f_{oi} du spectre de l'oscillateur 114 se verrouille alors sur la raie $N \cdot f_1$. Le circuit récupérateur de fréquence 118 voit alors à son entrée un signal S_G dont le spectre est un sinus cardinal de raies espacées de f_1 dont la raie centrale se trouve à $f_{oi} = N \cdot f_1$. Le signal de contrôle V_{ctrl_118} du circuit récupérateur de fréquence 118 est choisi pour que le verrouillage ait lieu sur la raie centrale, à la fréquence f_{oL} , c'est-à-dire avec $i = 0$. Ainsi, dans cette première programmation possible de la valeur de f_2 , la valeur de la fréquence synthétisée f_2 est choisie via le choix de la valeur du signal de contrôle V_{ctrl_j} de l'oscillateur 114 (déterminant la valeur de N), la valeur du signal de contrôle V_{ctrl_118} du circuit récupérateur de fréquence 118 étant constante et choisie telle que $i = 0$.

Une deuxième possibilité pour régler la valeur de f_2 consiste à verrouiller l'oscillateur 114 sur une fréquence $f_{oL} = N \cdot f_1$ avec N fixe (c'est-à-dire V_{ctrl_j} de valeur constante). Le spectre du signal de sortie S_G est un sinus cardinal de raies espacées de f_1 dont la raie centrale est à la fréquence f_{oi} . Le signal de contrôle V_{ctrl_118} du circuit récupérateur de fréquence est ensuite choisi pour que le verrouillage ait lieu sur une des raies adjacentes à la raie centrale f_{oi} correspondant à la fréquence f_2 recherchée (c'est-à-dire tel que $i \neq 0$), dans le lobe principal du spectre en sinus cardinal. Dans ce deuxième exemple de programmation, la valeur de la fréquence synthétisée f_2 est choisie via le choix de la valeur du signal de contrôle V_{ctrl_118} du circuit récupérateur de fréquence 118 (déterminant la valeur de i qui est différente de 0), la valeur du signal de contrôle V_{ctrl_j} de l'oscillateur 114 étant constante et choisie pour que la valeur de N soit telle que la raie de fréquence f_2 se situe dans le lobe principal du spectre en sinus cardinal de raie centrale à la fréquence f_{oi} telle que $f_{oi} = N \cdot f_1$.

Dans une troisième possibilité de programmation de la valeur de f_2 , il est possible de combiner les deux possibilités précédentes. Il s'agit alors de jouer à la fois sur le signal de contrôle V_{ctrl} de l'oscillateur 114 (jouant sur la valeur de N) et sur le signal de contrôle V_{ctrl_118} du circuit récupérateur de fréquence 118 (jouant sur la valeur de l) pour synthétiser la fréquence f_2 souhaitée.

Quelque soit la possibilité de programmation choisie parmi celles exposées précédemment, la valeur de f_2 peut également être modifiée via le réglage ou le choix de la valeur de la fréquence f_1 étant donné que la valeur de f_1 correspond à l'espacement des raies dans le spectre du signal S_G .

Le circuit récupérateur de fréquence 118 permet de sélectionner une raie située dans le lobe principal du spectre du signal S_G délivré par l'oscillateur 114. Il agit à la fois comme un filtre passe-bande très sélectif et comme un régénérateur de signal, par le biais du verrouillage réalisé sur la fréquence $(N+i)f_1$. La sélectivité du circuit récupérateur de fréquence 118, lorsque celui-ci correspond à un circuit de type oscillateur verrouillé par injection (ILO), est représenté sur la figure 8. La zone référencée 120 représente la plage de verrouillage d'un tel ILO qui, sur l'exemple de la figure 8, se verrouille sur la raie centrale du spectre du signal S_G qui est la plus proche de sa fréquence d'oscillation libre.

Le signal de sortie de cet ILO est composé principalement de cette raie mais la réjection des raies adjacentes n'est pas infinie. Ainsi, le signal S_2 obtenu en sortie du circuit récupérateur de fréquence 118 peut correspondre non pas à un signal sinusoïdal pur, mais à un signal périodique dont l'enveloppe n'est jamais nulle (contrairement au signal S_G dont l'enveloppe est périodiquement nulle) et dont le spectre fréquentiel présente une raie principale à la fréquence f_2 . Les raies secondaires de ce spectre, à des fréquences multiples de f_1 , sont atténuées par rapport aux raies secondaires du spectre du signal S_G . La figure 14A représente un spectre d'un signal S_2 obtenu par exemple avec un circuit récupérateur de fréquence 118 comprenant un seul ILO. Il est possible d'augmenter cette réjection en reliant en cascade (c'est-à-dire en série) un ou plusieurs autres ILO pour former le circuit récupérateur de fréquence 118 et atténuer ainsi encore plus les raies secondaires du spectre du signal S_2 , ce qui permet

d'améliorer la constance de l'enveloppe du signal S_2 . La figure 14B représente un spectre d'un signal S_2 obtenu par exemple avec un circuit récupérateur de fréquence 118 comprenant plusieurs ILO reliés en cascade. On voit sur cette figure que le signal S_2 correspond donc quasiment à un signal sinusoïdal pur.

5 Concernant la forme du spectre du signal 5_G , plus le rapport cyclique de ce signal est faible, plus le premier lobe du sinus cardinal est large. Ainsi, un petit rapport cyclique implique la présence d'un plus grand nombre de raies dans le lobe principal du spectre du signal 5_G , et donc plus de fréquences potentiellement synthétisables en faisant varier λ pour un N donné. Ce principe est illustré sur les figures 9A et 9B qui représentent
10 les formes d'ondes des signaux S_C et 5_G , et le spectre du signal 5_G , pour deux signaux S_C de rapports cycliques $\alpha_1 (=T_{H1}/T_1)$ et $\alpha_2 (=T_{H2}/T_1)$ différents, le rapport cyclique α_1 du signal 5_G représenté sur la figure 9A étant supérieure au rapport cyclique α_2 du signal S_C représenté sur la figure 9B.

 En variante, le circuit récupérateur de fréquence 118 peut correspondre
15 à un ou plusieurs filtres passe-bande reliés en cascade. Ce ou ces filtres sont réalisés tels que leur fréquence centrale soit proche de la raie du signal S_G de fréquence $(N+i).f_1$, ce qui permet de filtrer le signal S_G et récupérer la raie de fréquence $(N+i).f_1$ correspondant à la fréquence f_2 souhaitée. Ce ou ces filtres sont également réalisés tels qu'ils soient très sélectifs. Ce ou ces filtres peuvent être réalisés de plusieurs façons, par exemple sous la
20 forme de filtre BAW (à ondes acoustiques de volume), LC (à partir d'inductances et de capacités) ou encore de filtre SAW (à ondes acoustiques de surface). De plus, il est également possible que le circuit récupérateur de fréquence 118 comporte un ou plusieurs ILO et un ou plusieurs filtres passe-bande reliés en cascade.

 On se réfère à la figure 15 qui représente un dispositif de synthèse de
25 fréquence 200 selon un deuxième mode de réalisation.

 Par rapport au dispositif 100 précédemment décrit, l'oscillateur 114 n'est plus commandé par une source d'alimentation interrompue périodiquement, mais est alimenté en continu, fournissant un signal sinusoïdal de fréquence f_{oL} . Ce signal est envoyé en entrée d'un interrupteur 202 commandé par le signal périodique S_1 .
30 L'interrupteur 202 est périodiquement (période T_1) en position fermée pendant une

durée égale à T_H (par exemple égale à $T_1/2$ dans le cas d'un rapport cyclique de 0,5) et en position ouverte pendant une durée égale à $T_1 - T_H$

On obtient dans ce cas, en entrée du circuit 118, un signal S_G de type TORP, c'est-à-dire de type train d'oscillations de fréquence f_{OL} répété périodiquement avec une période de répétition égale à T_1 . Les oscillations des trains d'oscillations de S_G ne sont généralement pas similaires, en termes de phase, d'un train à l'autre.

D'un point de vue analytique, ce signal S_G correspond au produit d'un sinus de fréquence f_{OL} (la fréquence d'oscillation libre de l'oscillateur 114) et d'un signal carré périodique de période T_1 et d'une durée à l'état haut T_H avec $T_H \in]0, T_1[$ tel que :

$$S_G(t) = \sin(2\pi f_{OL} t) \cdot \left[\Pi_{3/4}(t) \otimes \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - k \cdot T_1) \right]$$

Le spectre fréquentiel du signal S_G correspond dans ce cas à :

$$|S_G(f)|_{f>0} = \frac{1}{2} \delta(f - f_{OL}) \otimes \left[T_H \cdot \text{sinc}(\pi \cdot f \cdot T_H) \cdot f_1 \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - k \cdot f_i) \right]$$

Pour chacune des raies de fréquences f_i , du spectre du signal S_G (avec $f_i = f_{OL} + i \cdot f_1$), l'amplitude A_i de chacune de ces raies peut être exprimée par l'équation :

$$A_i = \frac{T_H}{2 \cdot T_1} \text{sinc} \left(\pi \cdot i \cdot \frac{T_H}{T_1} \right)$$

Les différentes variantes de réalisation du circuit récupérateur de fréquence 118 précédemment décrites pour le dispositif de synthèse de fréquence 100 peuvent s'appliquer également au dispositif de synthèse de fréquence 200.

On décrit ci-dessous un exemple de réalisation du dispositif de synthèse de fréquence 100.

La PLL fournissant le signal S_i , la source de courant 116 et l'oscillateur 114 ainsi que le circuit récupérateur de fréquence 118 sont réalisés par exemple en technologie CMOS 65 nm par exemple sur SOI afin d'obtenir par exemple un dispositif de synthèse de fréquence conforme à la norme IEEE.802.15.3c relative aux réseaux WPAN, WirelessHD ou WiGig, dans lesquels les transmissions de signaux sont par exemple réalisées dans une gamme de fréquences comprise entre environ 57 GHz et 66 GHz. Les

éléments 102, 106, 108, 110 et 112 sont réalisés afin d'obtenir en sortie de l'oscillateur 102 un signal S_1 de fréquence f_1 égale à environ 2,16 GHz avec un signal de référence $f_{stable} = 36$ MHz. L'oscillateur 114 est par exemple réalisé afin de délivrer en sortie un signal S_G dont le spectre est représenté sur la figure 10. On voit sur ce spectre que les différentes raies, représentant différents canaux de communication possibles selon les normes de communication, sont bien espacées de f_1 les unes des autres. Les tensions de commande V_{ctrl} et V_{ctrl} sont choisies telles que le circuit récupérateur de fréquence 118 délivre un signal S_2 de fréquence $f_2 = 62,64$ GHz (canal 3 des normes). Le spectre du signal S_2 obtenu en sortie d'un tel dispositif de synthèse de fréquence 100 est représenté sur la figure 11. Enfin, le bruit de phase de ce signal S_2 est représenté sur la figure 12. Ceci s'applique également pour la réalisation du dispositif de synthèse de fréquence 200.

Le dispositif de synthèse de fréquence 100 ou 200 est par exemple utilisé dans un système de transmission RF 1000 dans un exemple d'architecture est représenté de manière schématique sur la figure 13. Le système de transmission 1000 comporte des éléments servant à réaliser une émission de signaux tels qu'un circuit de traitement en bande de base 1002 recevant en entrée l'information à émettre, un modulateur 1004, un amplificateur de puissance 1006 et une antenne d'émission 1008. Le dispositif de synthèse de fréquence 100 ou 200 est utilisé conjointement avec le modulateur 1004 afin de moduler le signal à la fréquence porteuse souhaitée (fréquence f_2), par exemple une fréquence RF de l'ordre d'un ou plusieurs GHz. Le système de transmission 1000 comporte également des éléments servant à réaliser une réception de signaux : un circuit de traitement qu'une antenne de réception 1010, un amplificateur faible bruit 1012, un démodulateur 1014 et un circuit de traitement en bande de base 1016. Le dispositif de synthèse de fréquence 100 est utilisé conjointement avec le démodulateur 1014 afin de démoduler le signal RF reçu en bande de base.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200), comportant au moins :

- 5 - des premiers moyens (102, 104, 106, 108, 110, 112) aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,
- des deuxièmes et troisièmes moyens (114, 116, 202), couplés aux premiers moyens (102, 104, 106, 108, 110, 112) et aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à générer un signal S_G correspondant à un train
- 10 d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,
- des quatrièmes moyens (118) aptes à générer, à partir du signal S_G , un signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

15

2. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon la revendication 1, dans lequel les deuxièmes moyens (114) comportent au moins un oscillateur commandé en tension dont la plage d'oscillation libre inclut la fréquence $N.f_1$, la valeur de N étant fonction d'une valeur d'une première tension de commande destinée
- 20 à être appliquée en entrée de l'oscillateur commandé en tension.

3. Dispositif de synthèse de fréquence (100) selon la revendication 2, dans lequel les troisièmes moyens (116) comportent au moins un interrupteur relié à une entrée d'alimentation électrique de l'oscillateur (114) et apte à être commandé par le
- 25 signal périodique de fréquence f_1 tel qu'il génère une tension d'alimentation de l'oscillateur (114) non nulle seulement pendant une partie de chaque période T_1 .

4. Dispositif de synthèse de fréquence (200) selon la revendication 2, dans lequel les troisièmes moyens (202) comportent au moins un interrupteur relié à une
- 30 sortie de l'oscillateur (114) et apte à être commandé par le signal périodique de

fréquence f_1 tel qu'il coupe une liaison électrique entre la sortie de l'oscillateur (114) et l'entrée des quatrièmes moyens (118) pendant une partie de chaque période T_1 .

5 5. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les quatrièmes moyens (118) comportent au moins un oscillateur verrouillé par injection destiné à recevoir en entrée le signal S_G et à être verrouillé au moins périodiquement à la fréquence f_2 , la valeur de λ étant fonction d'une valeur d'une deuxième tension de commande destinée à être appliquée en entrée de l'oscillateur verrouillé par injection.

10

6. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les quatrièmes moyens (118) comportent au moins un filtre passe-bande de fréquence centrale sensiblement égale à f_2 .

15

7. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la valeur de la fréquence f_1 est supérieure à environ 1 GHz, et/ou la valeur de la fréquence f_2 est supérieure à environ 10 GHz, et/ou les oscillations du signal S_G sont sinusoïdales, et/ou le signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence f_2 est un signal sensiblement

20

8. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les premiers moyens comportent au moins un dispositif résonateur (108) et une boucle à verrouillage de phase (102, 104, 106, 110, 112) apte à asservir la phase du signal périodique de fréquence f_1 délivré par un oscillateur commandé en tension (102) de la boucle à verrouillage de phase sur une phase d'un signal périodique délivré par le dispositif résonateur (108).

25

9. Dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel les premiers moyens comportent un dispositif résonateur apte à générer le signal périodique de fréquence f_1 .

5 10. Dispositif d'émission et/ou de réception de signaux (1000), comportant au moins un dispositif de synthèse de fréquence (100, 200) selon l'une des revendications précédentes couplé à un modulateur (1004) et/ou un démodulateur (1014) du dispositif d'émission et/ou de réception (1000).

10 11. Procédé de synthèse de fréquence, comportant au moins les étapes de :

- génération d'un signal périodique de fréquence f_1 ,
- génération, à partir du signal périodique de fréquence f_1 , d'un signal S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,
- génération, à partir du signal S_G , d'un signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

20 12. Procédé de réalisation d'un dispositif de synthèse de fréquence (100, 200), comportant au moins les étapes de :

- réalisation de premiers moyens (102, 104, 106, 108, 110, 112) aptes à générer un signal périodique de fréquence f_1 ,
- 25 - réalisation de deuxièmes et troisièmes moyens (114, 116, 202), couplés aux premiers moyens (102, 104, 106, 108, 110, 112) et aptes à recevoir en entrée le signal périodique de fréquence f_1 et à générer un signal S_G correspondant à un train d'oscillations de fréquence sensiblement égale à $N.f_1$, de durée inférieure à $T_1 = 1/f_1$ et répété périodiquement à la fréquence f_1 , avec N nombre entier supérieur à 1,

- réalisation de quatrièmes moyens (118) aptes à générer, à partir du signal S_6 , un signal périodique dont le spectre fréquentiel comporte une raie principale de fréquence $f_2 = (N+i).f_1$, avec i nombre entier.

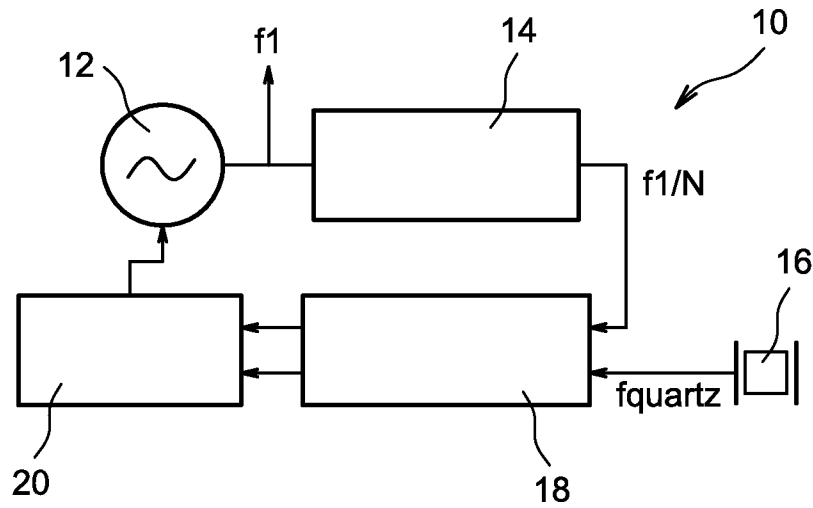


FIG. 1

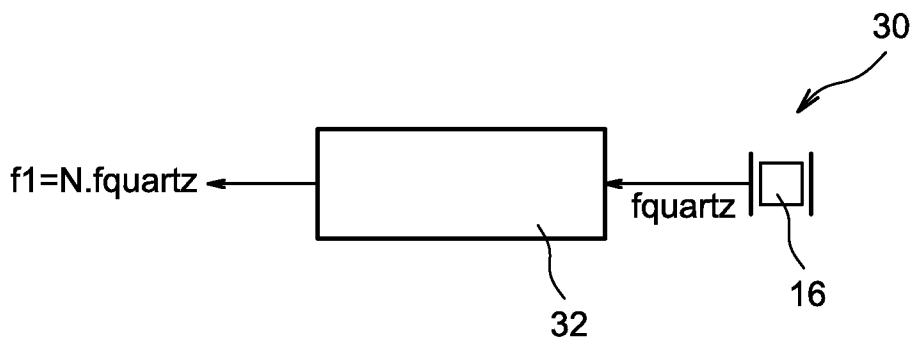


FIG. 2

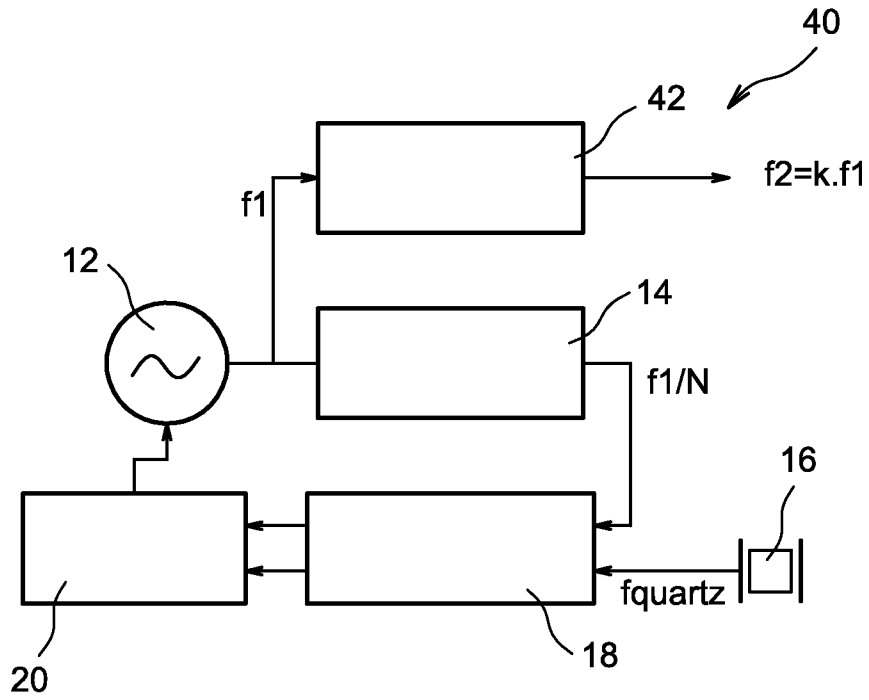


FIG. 3

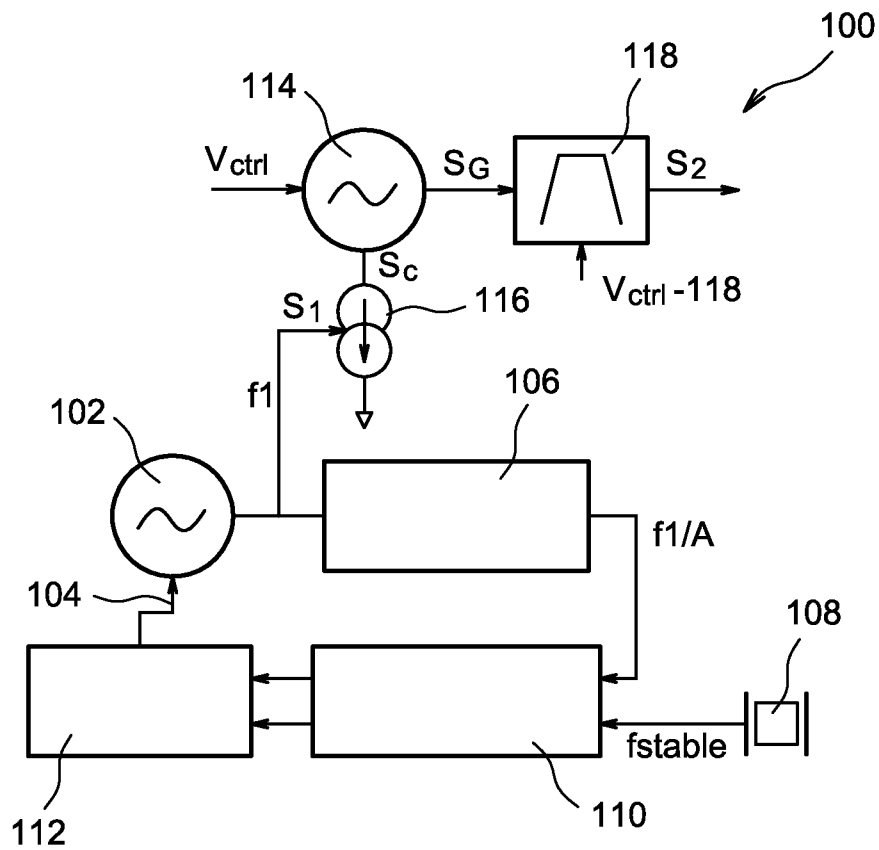


FIG. 4

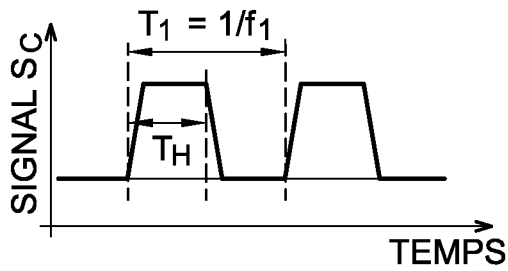


FIG. 5A

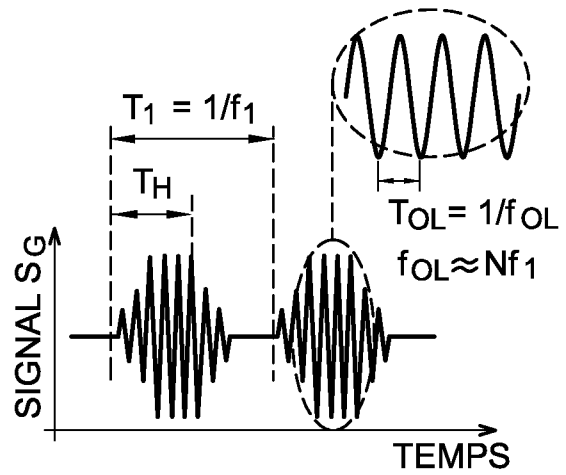


FIG. 6A

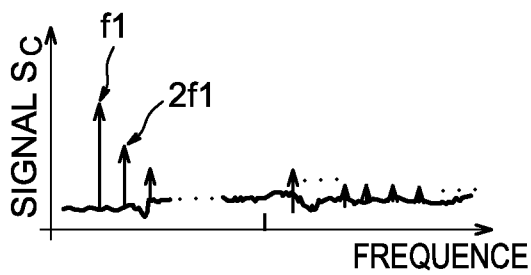


FIG. 5B

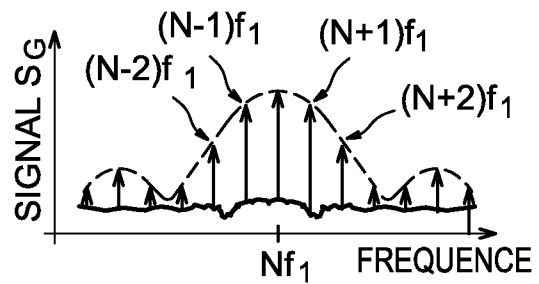


FIG. 6B

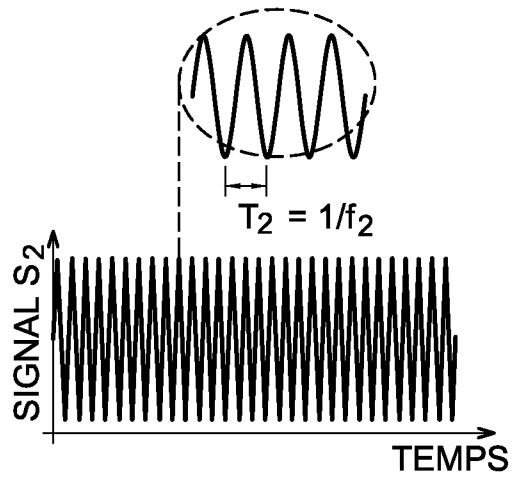


FIG. 7A

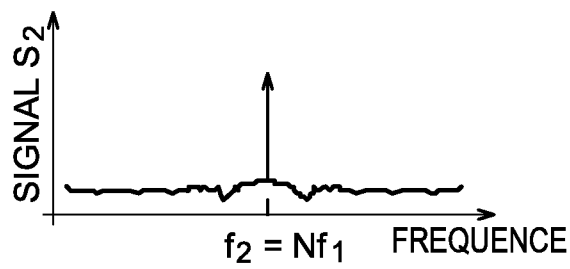


FIG. 7B

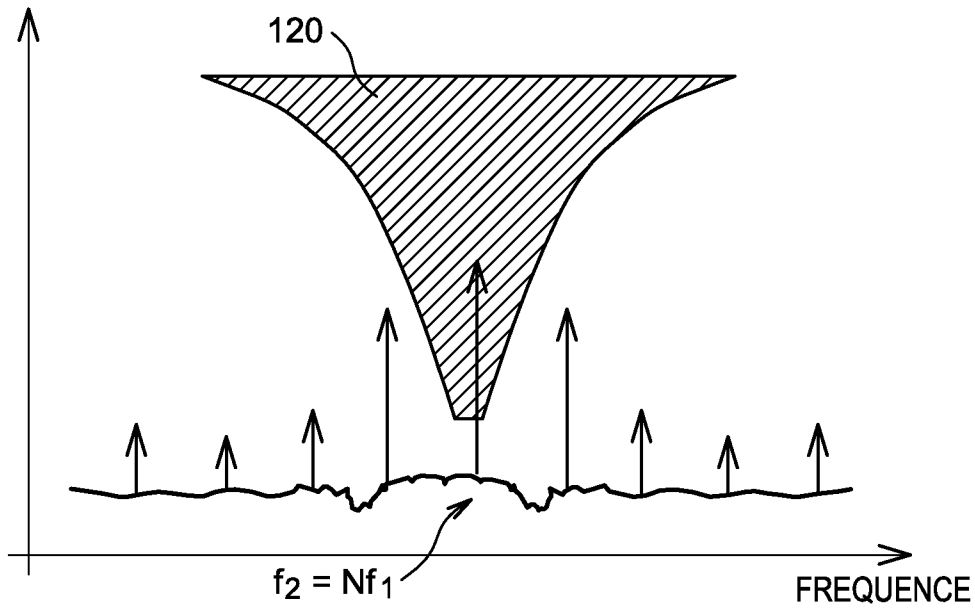


FIG. 8

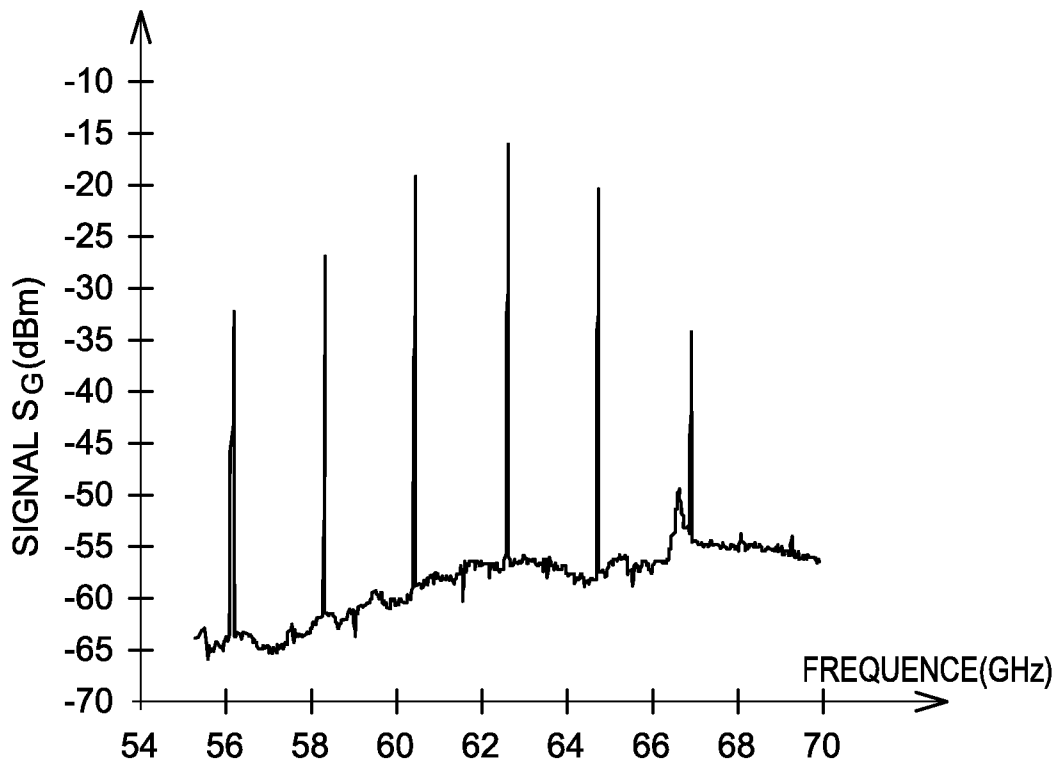
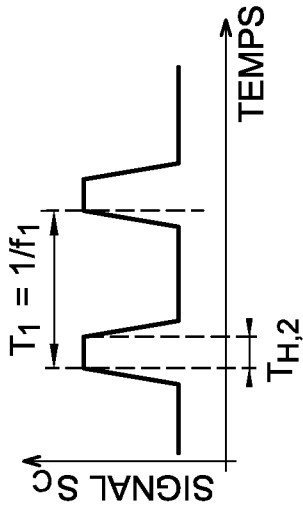
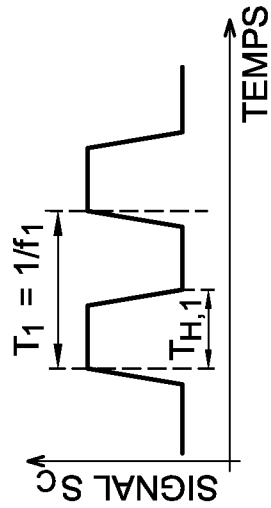


FIG. 10



$$\alpha_2 = T_{H,2}/T_1$$



$$\alpha_1 = T_{H,1}/T_1$$

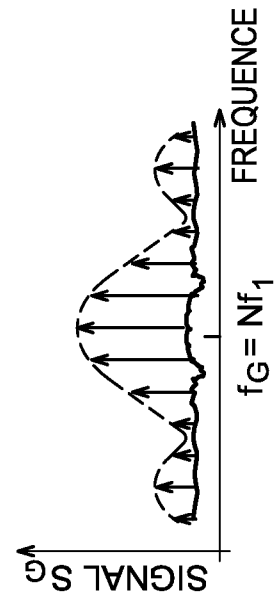
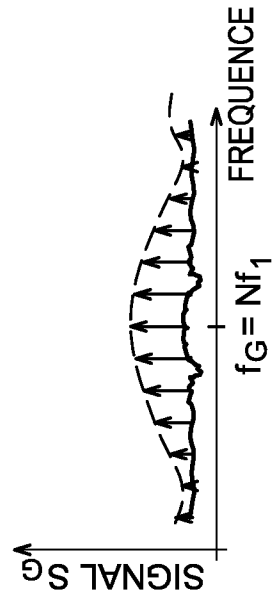
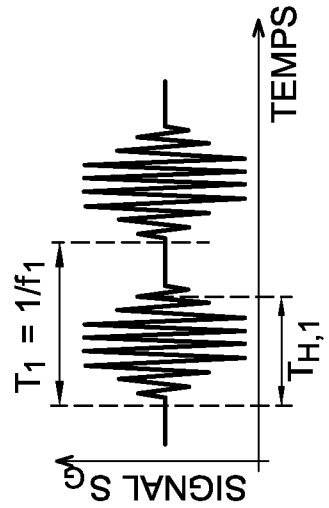
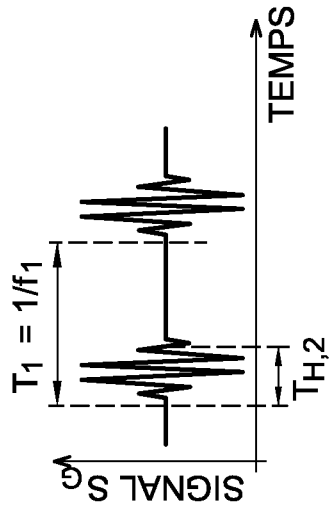


FIG. 9B

FIG. 9A

7 / 9

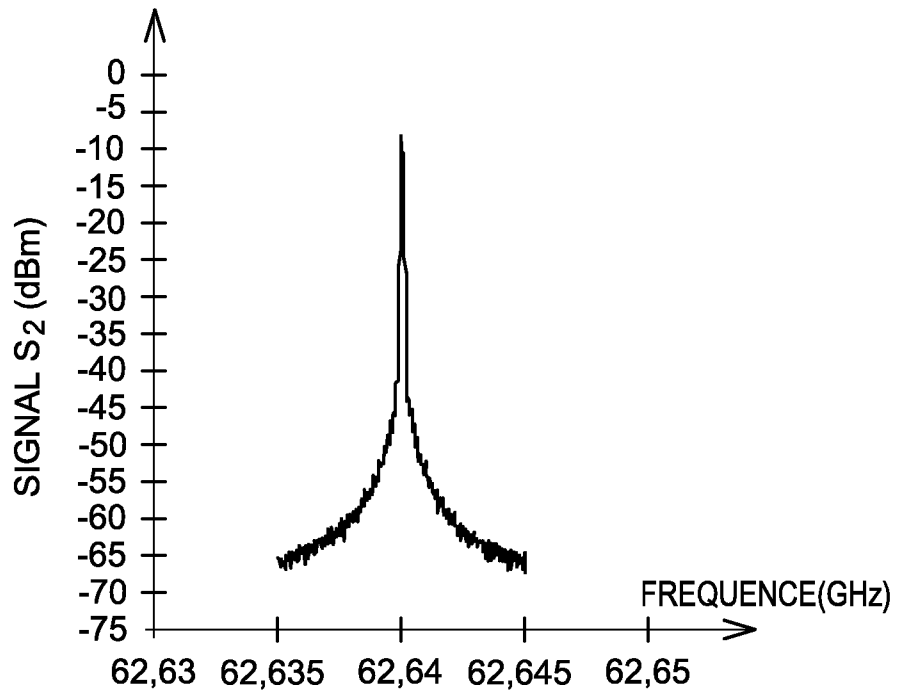


FIG. 11

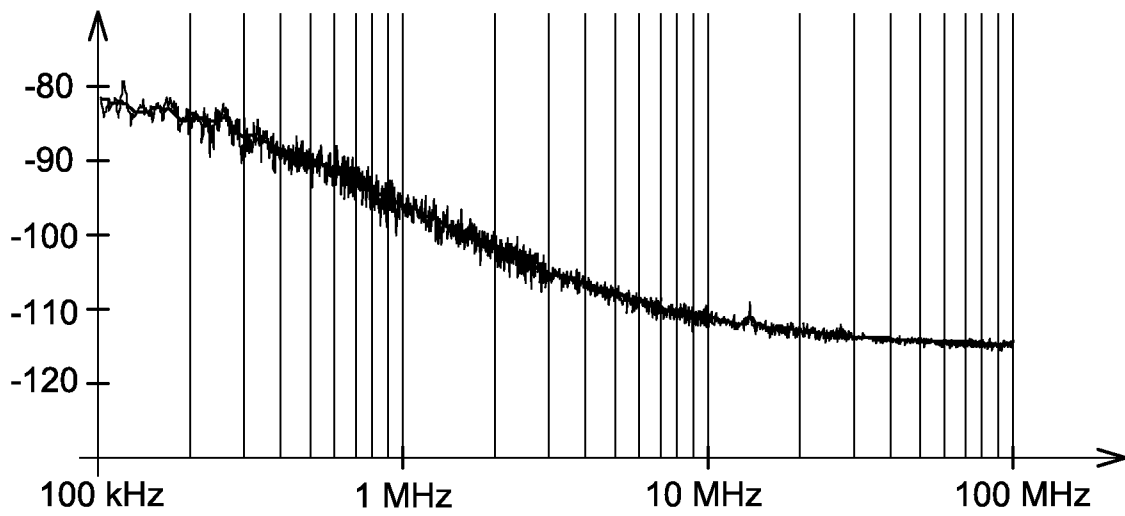


FIG. 12

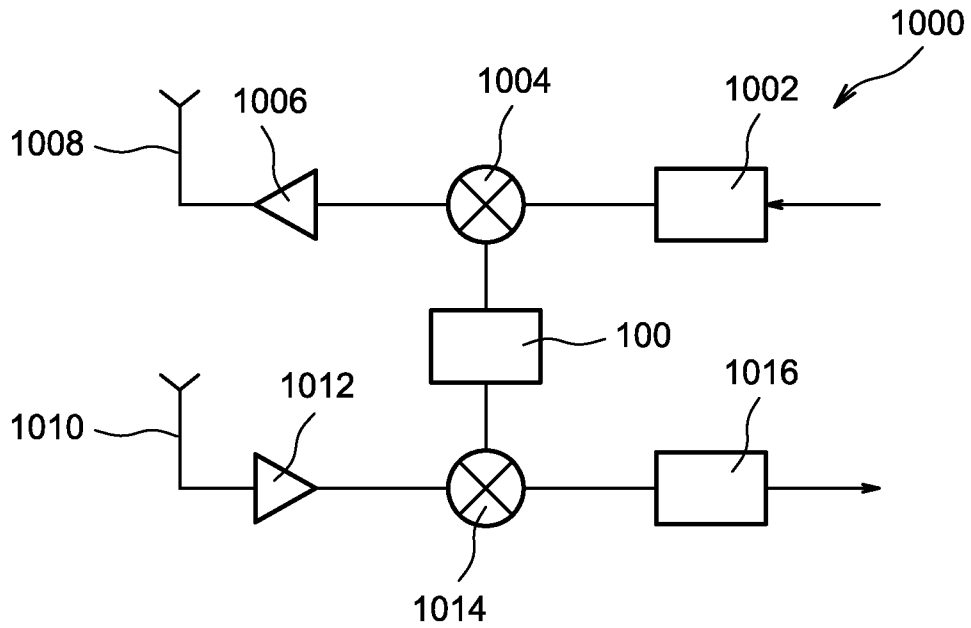


FIG. 13

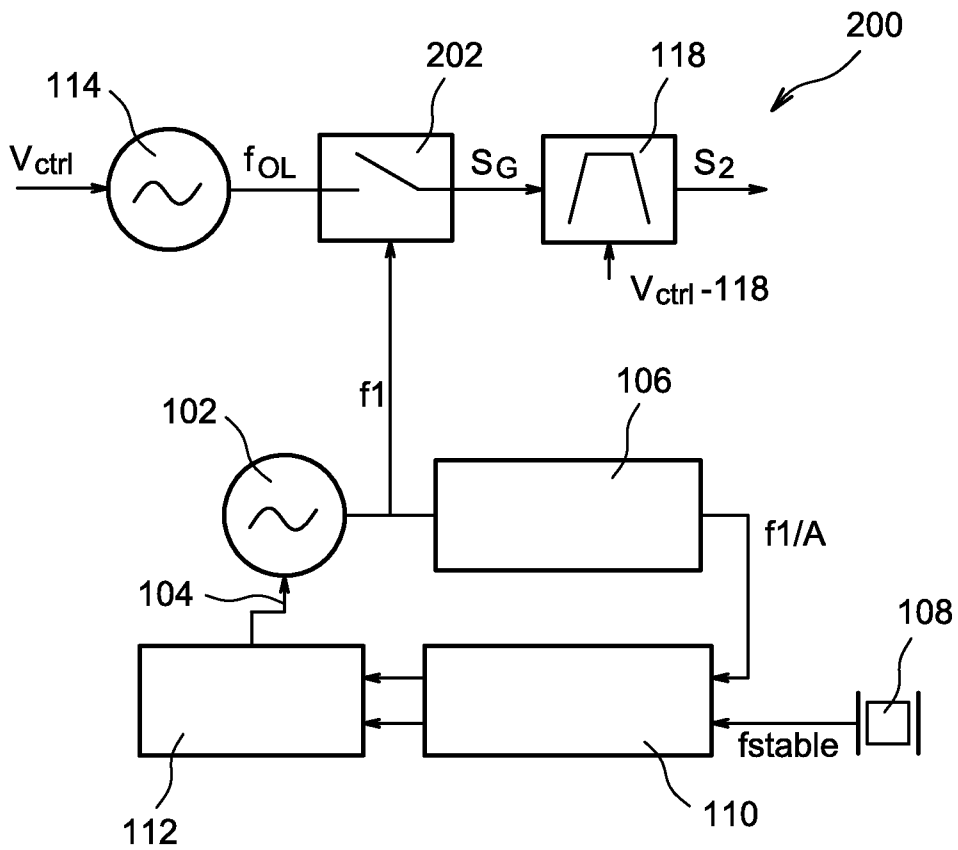


FIG. 15

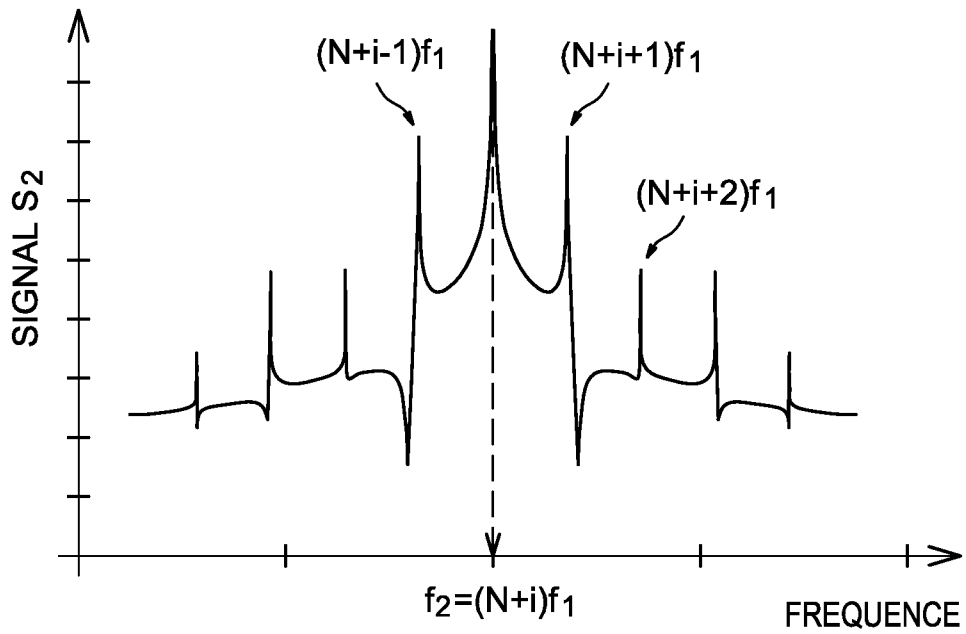


FIG. 14A

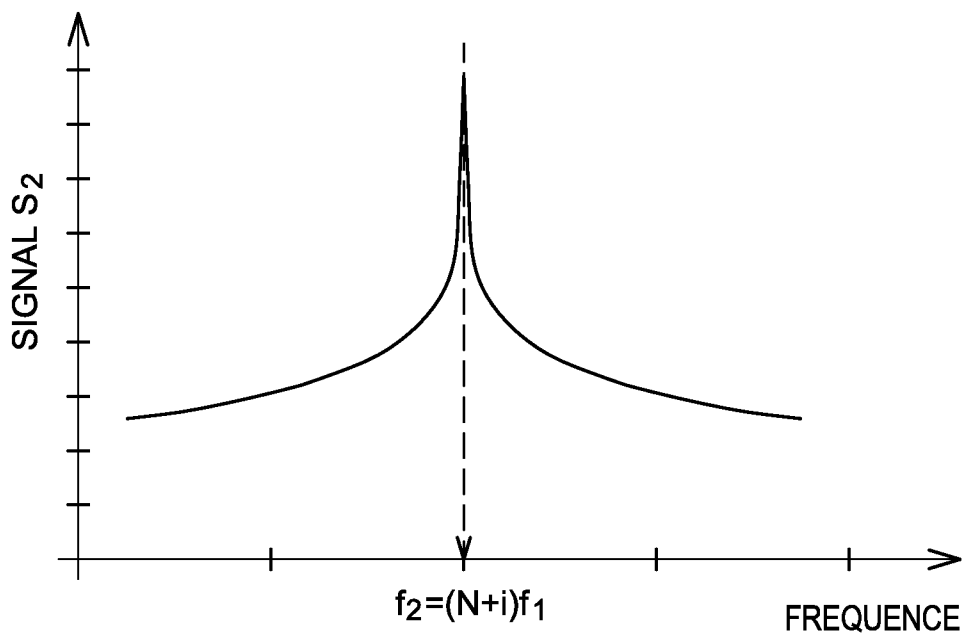


FIG. 14B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/074136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03L7/16 H04B1/717
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) onto both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification System followed by classification symbols)
H03L H03B H04B

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 , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>Wo 2008/069444 AI (KOREA ELECTRONICS TELECOMM [KR] ; LEE JONG-OH [KR] ; DOH YOUNME [KR] ; PY) 12 June 2008 (2008-06-12) paragraph [0050] ; figure 2 paragraph [0087] - paragraph [0097] ; figures 5-9 paragraph [0101] - paragraph [0102] ; figures 12, 15</p> <p align="center">----- -/- .</p>	1-3 ,6-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Spécial catégories of cited documents :

- "A" document defining the général 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 spécial 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

21 December 2012

Date of mailing of the international search report

10/01/2013

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

Aloui chi , Mohamed

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/074136

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>RUI XU ET AL: "Power-Efficient Switching-Based CMOS UWB Transmitters for UWB Communications and Radar Systems", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 54, no. 8, 1 August 2006 (2006-08-01), pages 3271-3277, XP001545203, ISSN: 0018-9480, DOI: 10.1109/TMTT.2006.877830</p> <p>Secti on: II. Carrier-Based UWB Transmitter Architecture; figure 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 11, 12
X	<p>NAWREEN KHAN ET AL: "A Low Power Frequency Synthesizer for 60-GHz Wireless Personal Area Networks", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS II: EXPRESS BRIEFS, IEEE, US, vol. 58, no. 10, 1 October 2011 (2011-10-01), pages 622-626, XP011363375, ISSN: 1549-7747, DOI: 10.1109/TCSI.2011.2164157</p> <p>Secti on: III. Proposed Architecture; figure 1(a)</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-4,6-11
X	<p>US 2009/175116 A1 (SONG TAEK-SANG [KR] ET AL) 9 July 2009 (2009-07-09) paragraph [0051] - paragraph [0082]; figures 3-5 paragraph [0100] - paragraph [0102]; figure 9</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 2, 6-11
X	<p>RAMESH HARJANI ET AL: "Fast Hoppping Injection on Locked Frequency Generation for UWB", ULTRA-WIDEBAND, 2007. ICUWB 2007. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 September 2007 (2007-09-01), pages 502-507, XP031159403, ISBN: 978-1-4244-0520-6</p> <p>Secti on: III. Proposed Architecture and Results (introduction part, page 504) III.A. Proposed Architecture; figure 6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 2, 6-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/074136

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008069444 A1	12-06-2008	NONE	

US 2009175116 A1	09-07-2009	JP 2009165109 A	23-07-2009
		TW 200931811 A	16-07-2009
		US 2009175116 A1	09-07-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/074136

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H03L7/16 H04B1/717 ADD..</p>				
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>				
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>				
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H03L H03B H04B</p>				
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>				
<p>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 , WPI Data</p>				
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X	<p>Wo 2008/069444 A1 (KOREA ELECTRONICS TELECOMM [KR] ; LEE JONG-OH [KR] ; DOH YOONME [KR]; PY) 12 juin 2008 (2008-06-12) a linéa [0050] ; figure 2 a linéa [0087] - a linéa [0097]; figures 5-9 a linéa [0101] - a linéa [0102]; figures 12,15</p> <p style="text-align: center;">----- -/- .</p>	1-3,6-12		
<p><input checked="" 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</p>				
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </td> </tr> </table>			<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>			
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p style="text-align: center;">21 décembre 2012</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">10/01/2013</p>		
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p style="text-align: center;">Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p style="text-align: center;">Aouichi , Mohamed</p>		

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>RUI XU ET AL: "Power-Efficient Switching-Based CMOS UWB Transmitters for UWB Communications and Radar Systems", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 54, no. 8, 1 août 2006 (2006-08-01), pages 3271-3277, XP001545203, ISSN: 0018-9480, DOI: 10.1109/TMTT.2006.877830 Section: II. Carrier-Based UWB Transmitter Architecture; figure 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 11, 12
X	<p>NAWREEN KHAN ET AL: "A Low Power Frequency Synthesizer for 60-GHz Wireless Personal Area Networks", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS II: EXPRESS BRIEFS, IEEE, US, vol. 58, no. 10, 1 octobre 2011 (2011-10-01), pages 622-626, XP011363375, ISSN: 1549-7747, DOI: 10.1109/TCSI.2011.2164157 Section: III. Proposed Architecture; figure 1(a)</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-4,6-11
X	<p>US 2009/175116 A1 (SONG TAEK-SANG [KR] ET AL) 9 juillet 2009 (2009-07-09) alinéa [0051] - alinéa [0082]; figures 3-5 alinéa [0100] - alinéa [0102]; figure 9</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 2, 6-11
X	<p>RAMESH HARJANI ET AL: "Fast Hoppping Injection Locked Frequency Generation for UWB", ULTRA-WIDEBAND, 2007. ICUWB 2007. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 septembre 2007 (2007-09-01), pages 502-507, XP031159403, ISBN: 978-1-4244-0520-6 Section: III. Proposed Architecture and Results (introduction part, page 504) III.A. Proposed Architecture; figure 6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 2, 6-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2012/074136

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008069444	A1	12-06-2008	AUCUN

US 2009175116	A1	09-07-2009	JP 2009165109 A 23-07-2009
			TW 200931811 A 16-07-2009
			US 2009175116 A1 09-07-2009
