



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
08.01.2003 Bulletin 2003/02

(51) Int Cl.7: **G04C 10/00**

(21) Numéro de dépôt: **02014630.4**

(22) Date de dépôt: **02.07.2002**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• **Klein, Eric**
2000 Neuchatel (CH)
• **Schafroth, Konrad**
3011 Berne (CH)

(30) Priorité: **02.07.2001 CH 12142001**

(74) Mandataire: **Micheli & Cie**
122, rue de Genève,
CP 61
1226 Thonex-Genève (CH)

(71) Demandeur: **Conseils et Manufactures VLG SA**
2008 Neuchâtel (CH)

(54) **Module électronique de régulation pour mouvement de montre à remontage mécanique**

(57) Module électronique de régulation pour mouvement de montre à remontage mécanique, comprenant un générateur (1) permettant de convertir l'énergie mécanique fournie par ledit mouvement de montre mécanique en un signal de mesure ([G+;G-]) et un circuit électronique (11) alimenté par ledit générateur. Le circuit électronique comprend un circuit de dissipation

d'énergie (9) permettant d'appliquer au moins deux couples de freinage distincts non nuls au générateur (1).

Le circuit électronique (11) comporte en outre un compteur pour contrôler le circuit de freinage. Le couple de freinage sélectionné par ledit circuit de commande dépend notamment de l'avance dudit générateur et est réduit, sans être supprimé, lorsque le signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma.

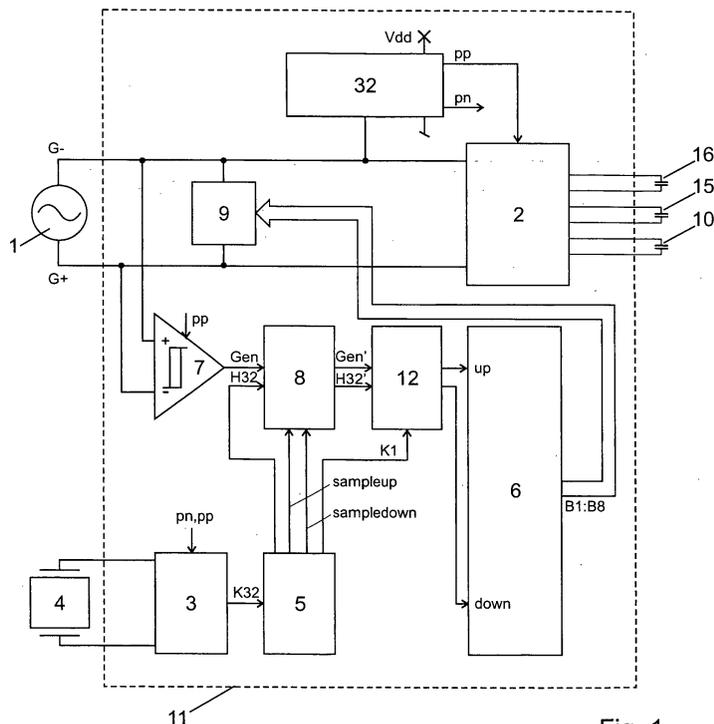


Fig. 1

Description

[0001] La présente invention concerne un module électronique de régulation pour mouvement de montre à remontage mécanique, et un procédé de régulation de la vitesse d'un mouvement de montre à remontage mécanique au moyen d'un module électronique.

[0002] Toutes les montres ont besoin d'une source d'énergie pour entraîner le mouvement et déplacer les aiguilles.

[0003] Dans le cas des montres mécaniques, cette énergie est fournie par l'utilisateur en remontant la couronne ou, dans le cas des montres automatiques, par les déplacements d'une masse oscillante provoqués par le mouvement du poignet et permettant de retendre un ressort.

[0004] Les mouvements de montre mécaniques utilisent le plus souvent un échappement à ancre comme organe de régulation pour garantir une marche précise de la montre. Cet élément purement mécanique ne permet toutefois pas d'assurer une précision de marche satisfaisante.

[0005] Les montres électroniques, notamment les montres à quartz, offrent une précision supérieure. L'énergie est le plus souvent fournie par une pile (batterie). Ces piles présentent notamment les inconvénients suivants :

- Nécessité de se rendre périodiquement auprès d'un horloger pour remplacer la pile.
- Risque de porter atteinte à l'étanchéité de la montre lors du remplacement.
- Nécessité de distribuer auprès d'un réseau de commerçants très large un vaste assortiment de piles différentes pendant une période aussi longue que possible.
- Problèmes écologiques liés à l'élimination des piles.
- Coût de remplacement et de changement non négligeable.

[0006] Différentes tentatives ont donc été effectuées pour supprimer les piles dans les montres à quartz. L'utilisation de cellules photovoltaïques est séduisante, mais impose des contraintes esthétiques importantes. Des sources d'énergie basées sur des gradients de température ou sur l'acidité de la peau du porteur en sont encore au stade expérimental. D'autres sources d'énergie envisageables pour d'autres appareils portables ne peuvent pas être suffisamment miniaturisées pour être intégrées dans le volume réduit d'une montre-bracelet.

[0007] Pour prolonger la durée de vie des piles, on connaît des montres à quartz dans lesquelles la pile est rechargée par une source d'énergie mécanique. Dans

ce cas, l'énergie mécanique produite par les déplacements de l'utilisateur est accumulée dans un ressort, comme dans les montres automatiques, puis transmise au travers d'un train d'engrenages à un générateur qui la convertit en énergie électrique utilisée pour recharger la pile. Cette pile alimente un mouvement à quartz conventionnel avec un moteur pas-à-pas horloger. Ce système permet donc de prolonger la durée de vie de la pile, mais pas de la supprimer complètement. Il est malgré tout nécessaire de la remplacer périodiquement. Par ailleurs, ces montres nécessitent un générateur en plus du moteur, ce qui occasionne un surcoût et occupe un volume non négligeable dans la montre. Enfin, le déplacement des aiguilles présente les à-coups caractéristiques, peu esthétiques, des montres à moteur pas-à-pas.

[0008] Le brevet CH597636 propose une construction permettant de supprimer complètement la pile d'une montre à quartz. Dans ce mouvement, l'énergie produite par les déplacements de l'utilisateur est accumulée dans un ressort, puis transmise au travers d'un train d'engrenages aux aiguilles de la montre ainsi qu'à un générateur qui la convertit en électricité (source de tension alternative). Cette source de tension est redressée pour alimenter en continu un circuit électronique incluant un oscillateur à quartz. Le circuit électronique règle la marche de la montre en agissant sur le couple électrique appliqué au générateur. Lorsque le générateur tourne trop rapidement, le circuit électronique le freine en le court-circuitant (freinage tout-ou-rien). La vitesse de consigne idéale est fournie par l'oscillateur à quartz.

[0009] Le document EP-B1-0239820 décrit un procédé de réglage de la vitesse d'un générateur dans lequel la vitesse du générateur est également réglée en tout-ou-rien à l'aide d'un signal de commande de frein. Le signal de commande de frein est synchronisé avec un signal de référence obtenu à partir d'un oscillateur à quartz. A chaque cycle du signal de référence, le signal de commande du frein passe tout d'abord de l'état logique zéro à l'état logique un puis retourne de l'état logique un à l'état logique zéro.

[0010] Le signal de commande de frein dépend donc uniquement du signal de référence et n'est pas synchronisé avec le signal de mesure produit par le générateur. Lorsque la phase ou la fréquence du signal de référence et du signal de mesure provenant du générateur sont très différentes, ce qui peut par exemple se produire au démarrage du système ou suite à un choc violent, les impulsions de commande du frein peuvent parfois se produire à l'instant le plus défavorable pour le générateur, par exemple lorsque la tension aux bornes de sortie passe justement par un maximum. Comme on le verra plus loin, cette situation peut provoquer un arrêt brutal de la montre.

[0011] EP-B1-0679968 décrit un autre module de commande permettant d'appliquer un freinage en "tout-ou-rien" au générateur. Lorsque le rotor du générateur

avance, le module de commande envoie des impulsions de commande très brèves qui ont pour effet de court-circuiter le générateur. Le freinage par court-circuitage étant très brutal, la durée des impulsions de freinage est nécessairement très brève.

[0012] Le procédé de freinage en tout-ou-rien décrit dans les documents ci-dessus a l'inconvénient d'imposer des décélérations très brèves et très intenses au rotor du générateur. Après chaque impulsion de freinage, le rotor et le train d'engrenages a besoin d'une énergie considérable pour accélérer puis retrouver une vitesse proche de la vitesse de consigne fixée par l'oscillateur à quartz. Ce mode de fonctionnement par à-coups est donc peu efficace énergétiquement, en sorte qu'une autonomie de la montre suffisante ne peut être obtenue qu'en utilisant des moyens de stockage d'énergie, sous forme mécanique dans le ressort ou sous forme électrique dans des capacités, très volumineux. Les mouvements de montre obtenus avec cette technologie ne peuvent donc pas être miniaturisés sans diminuer l'autonomie de la montre au-dessous d'un minimum acceptable.

[0013] La demande EP-A1-816955, à laquelle le lecteur se référera utilement, ainsi que le brevet EP-B1-0848842 décrivent un autre module de commande permettant d'appliquer au rotor du générateur un couple de freinage qui dépend de l'avance du rotor. Le circuit de freinage comporte plusieurs impédances de valeurs différentes qui peuvent être indépendamment sélectionnées pour appliquer différents couples de freinage distincts non nuls au générateur. L'impédance résultante du circuit de freinage dépend de l'avance dudit générateur. Ce dispositif permet donc d'appliquer un couple de freinage proportionnel à l'avance du générateur. Le générateur est dimensionné pour tourner légèrement plus rapidement que la vitesse de consigne, afin de permettre un réglage de la vitesse. En régime stable, le circuit de freinage freine donc en permanence avec un couple de freinage beaucoup plus faible que dans les systèmes de freinage en tout-ou-rien. Le freinage est interrompu uniquement lorsque le générateur tourne trop lentement, par exemple au démarrage ou suite à un choc. Ce module permet ainsi d'éviter les décélérations brutales du rotor et s'avère ainsi plus efficace énergétiquement.

[0014] Le module de commande décrit dans ce document a toutefois l'inconvénient de freiner même lorsque la tension alternative aux bornes du générateur passe par un maximum. Lorsque le générateur est en avance, c'est-à-dire dans la situation la plus usuelle, la tension crête-à-crête aux bornes de sortie du générateur est donc réduite par ce freinage. Les capacités de stockage ne peuvent donc utiliser qu'une tension de recharge diminuée. Afin de maintenir une tension d'alimentation suffisante pour le circuit électronique, il est donc nécessaire de surdimensionner légèrement le générateur ou en tous les cas de prévoir des capacités de stockage de l'énergie de valeur suffisante.

[0015] Ce problème se pose de façon encore plus cruciale dans le circuit décrit par le document EP-B1-239820 mentionné plus haut, puisque dans ce cas les impulsions de freinage, qui sont synchronisées avec le signal de référence du quartz, peuvent selon le déphasage relatif du signal de mesure et du signal de consigne parfois se produire juste au moment où la tension aux bornes du générateur est maximale. Le court-circuitage du générateur produit une chute de tension instantanée brutale, en sorte que les capacités de stockage ne sont plus du tout rechargées. Si la tension dans les capacités de stockage descend au-dessous du minimum requis, le circuit risque de s'arrêter complètement.

[0016] EP-A2-1041464 décrit un module de commande dans lequel le frein est actionné au moyen de trains d'impulsions de freinage. A chaque impulsion, le rotor est freiné brutalement, pendant une durée très brève, mais nécessitant néanmoins une accélération entre deux impulsions. Le rotor subit donc une multitude d'accélération et de décélérations successives durant chaque cycle. Par ailleurs, le circuit ne permet pas d'empêcher qu'une impulsion de freinage ne survienne au moment où la tension à la sortie du générateur passe par un extréma. Enfin, la génération de ces trains d'impulsions nécessite une logique combinatoire complexe et consommant un courant important.

[0017] Un but de l'invention est de proposer une nouvelle construction de module de régulation de montre à quartz sans pile permettant de supprimer les inconvénients des constructions connues, notamment les problèmes d'autonomie, de volume ou de stockage électrique dans une pile électrochimique.

[0018] Un autre but de l'invention est de proposer une nouvelle construction de module de régulation de montre à quartz sans pile, permettant de récupérer avec un minimum de pertes la tension crête à crête produite par le générateur pour alimenter le circuit tout en évitant les problèmes de décélérations brutales du rotor que connaissent les modules freinant en tout-ou-rien par court-circuitage du générateur.

[0019] Un autre but est d'améliorer le procédé de freinage à plusieurs niveaux suggéré dans EP-A1-816955 et de résoudre notamment le problème de chute de tension crête-à-crête provoqué par un freinage continu.

[0020] Un autre but de l'invention est de proposer une nouvelle construction de module de régulation à quartz sans pile pouvant être fabriqué et commercialisé librement et indépendamment des technologies proposées par d'autres constructeurs.

[0021] Ces objectifs sont atteints au moyen d'un module présentant les éléments de la revendication 1 et d'un procédé présentant les étapes de la revendication de procédé indépendante. Des variantes d'exécution sont en outre décrites dans les revendications dépendantes.

[0022] En particulier, ces objectifs sont atteints à l'aide d'un module électronique de régulation pour mou-

vement de montre à remontage mécanique, comprenant un générateur permettant de convertir l'énergie mécanique fournie par le mouvement de montre mécanique en un signal de mesure, un circuit électronique alimenté par ledit générateur et comprenant un circuit de freinage permettant d'appliquer au moins deux couples de freinage distincts non nuls audit générateur, ledit circuit électronique comportant en outre un circuit de commande du circuit de freinage, de manière à contrôler la vitesse de rotation dudit générateur, le couple de freinage sélectionné par ledit circuit de commande dépendant notamment de l'avance du générateur, et dans lequel le couple de freinage est réduit lorsque ledit signal de mesure passe par un extréma.

[0023] Par rapport aux modules de l'art antérieur, ce module de régulation a notamment l'avantage de réduire le freinage lorsque le signal de mesure passe par un extréma. Il est ainsi possible d'utiliser la tension crête-à-crête du signal de mesure pour charger les capacités de stockage avec une énergie suffisante pour alimenter le circuit. Comme le circuit de freinage permet d'appliquer au moins deux couples de freinages distincts non nuls, il est possible de réduire le freinage sans l'interrompre complètement, et d'éviter ainsi les décélérations brutales typiques des systèmes de freinage en tout-ou-rien.

[0024] Dans une variante préférentielle, le freinage est réduit pendant une durée fixe, ou du moins limitée, lorsque le signal de mesure passe par un extréma. La durée de réduction de freinage est choisie de manière à être suffisante pour garantir une recharge complète des capacités de stockage, tout en laissant une durée de freinage suffisamment longue pour permettre une régulation précise même avec des couples de freinage faibles.

[0025] Dans une variante préférentielle, le couple de freinage est progressivement réduit avant que ledit signal de mesure ne passe par un extréma, puis progressivement rétabli après que ledit signal de mesure a passé par ledit extréma. On évite ainsi tous les à-coups provoqués par des variations brusques du couple de freinage appliqué.

[0026] Par rapport aux modules connus dans l'art antérieur, le module de l'invention permet ainsi d'appliquer à chaque instant un couple de freinage qui dépend à la fois de l'avance du rotor et de la phase instantanée du signal de mesure aux bornes du générateur, de manière à obtenir les avantages suivants:

- Eviter les impulsions de freinage brusques, tout particulièrement lorsque le signal de mesure aux bornes du générateur passe par un extréma.
- Eviter les brusques variations du couple de freinage, de manière à garder une vitesse de rotation du rotor aussi constante que possible et aussi proche que possible de la vitesse de consigne donnée par l'oscillateur à quartz.

- Recharger les capacités de stockage au moment où la tension de sortie du générateur passe par un extréma en réduisant le freinage, mais sans l'interrompre brusquement.

[0027] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un exemple de réalisation de l'invention, illustré par les figures annexées qui montrent:

10 La figure 1 un schéma-bloc d'un exemple de module électronique de régulation selon l'invention.

La figure 2 un schéma électrique du système de dissipation énergétique.

15 La figure 3 un diagramme indiquant le couple de freinage en fonction de la valeur count dans le compteur.

20 La figure 4 un chronogramme indiquant un exemple de l'évolution des signaux H32 (signal de référence à 32 hertz), down, [G+; G-], Gen, up, ainsi que l'évolution de la valeur count dans le compteur

25 La figure 5 un diagramme montrant un exemple de l'évolution du couple de freinage dans une autre variante de l'invention.

30 La figure 6 un diagramme montrant un exemple de l'évolution du couple de freinage dans une autre variante de l'invention.

35 La figure 7 un chronogramme destiné à expliquer le fonctionnement du circuit d'anticoïncidence.

[0028] La figure 1 représente un schéma-bloc d'un circuit électronique de régulation 11 selon l'invention. Le circuit 11 est de préférence réalisé sous la forme d'un circuit intégré discret et est destiné à être monté sur un module, par exemple sur une carte de circuit imprimé, dans un dispositif électriquement autonome, par exemple une montre, un téléphone portable, une calculatrice ou un ordinateur de poche, une prothèse auditive ou médicale, etc. Outre le circuit électronique 11, le module comporte en outre un générateur électromécanique 1 destiné à alimenter électriquement le circuit électronique 11 et dont la vitesse de rotation doit être régulée. Dans le cas d'une montre mécanique, le générateur 1 est par exemple entraîné par le train d'engrenages (non représenté) de la montre où il occupe la place et la fonction dévolues habituellement à l'échappement à ancre. Un ressort (non représenté) chargé par un balancier (non représenté) entraîne en rotation le rotor du générateur 1 par l'intermédiaire du train d'engrenages. Le générateur 1 convertit l'énergie mécanique reçue en énergie électrique permettant d'alimenter le circuit 11. En variant l'impédance d'un circuit de dissipation d'énergie 9 connecté aux bornes du générateur, le circuit 11 par-

vient à contrôler la vitesse de rotation du rotor du générateur de manière à ce qu'elle corresponde à une vitesse de consigne donnée par un oscillateur à quartz 4.

[0029] Le générateur est par exemple du type décrit dans le brevet EP-B1-0851322. La fréquence de consigne de la tension alternative fournie par le générateur est de préférence de la forme 2^n Hz, n étant un nombre entier. Dans une variante préférentielle, le signal de sortie du générateur a une fréquence de 16 Hz. La partie mécanique de la montre correspond à l'état de la technique décrit par exemple dans le document CH597636.

[0030] Le générateur 1 est par exemple de type asynchrone et fournit une tension alternative entre les bornes G+ et G- avec une tension crête-à-crête de l'ordre de 0,4 Volts par exemple. Une tension supérieure n'est pas souhaitable car elle nécessiterait d'employer un générateur avec des dimensions plus importantes. La figure 4 illustre l'allure de la tension G+, G- aux bornes du générateur. Un redresseur et multiplicateur de tension 2 permet de convertir cette tension alternative en une tension continue Vdd d'environ 1 Volt suffisante pour alimenter le circuit 11. Le redresseur et multiplicateur 2 est par exemple du type décrit dans le brevet EP-B1-816955 déjà mentionnée. Il utilise de préférence un circuit permettant de commuter entre des diodes - lors du démarrage - et des transistors qui ont une chute de tension beaucoup plus faible, comme décrit dans le brevet EP-B1-0848842. Le redresseur et multiplicateur 2 charge une capacité de stockage 10 qui stocke temporairement l'énergie électrique produite par le générateur 1. Le redresseur et multiplicateur 11 utilise en outre deux capacités 15 et 16. Les capacités 10, 15, 16 sont de préférence réalisées sous la forme de condensateurs discrets externes au circuit 11, mais pourraient aussi dans une variante d'exécution être intégrées dans ce circuit.

[0031] Le redresseur et multiplicateur de tension 2 est de préférence alimenté en courant au moyen d'une source de courant 32 qui produit différents courants stabilisés pp, pn. Ces courants sont également utilisés pour alimenter d'autres composants du circuit 11.

[0032] Le circuit 11 illustré comporte un circuit de dissipation d'énergie 9 branché directement sur les sorties G+, G- du générateur 1. Le circuit de dissipation d'énergie pourrait toutefois aussi être branché sur la sortie du redresseur et multiplicateur 2, par exemple en parallèle avec la capacité 10. Comme on le verra plus loin, le circuit de dissipation d'énergie 9 est constitué dans cet exemple par un réseau de résistances branchées en parallèle et sélectionnables individuellement. Le couple de freinage appliqué au rotor du générateur est varié en sélectionnant le nombre de résistances branchées. Le circuit 9 pourrait toutefois aussi comporter d'autres types d'impédances ou même des éléments actifs, par exemple des sources de courant commandables.

[0033] Le circuit 11 comporte deux broches permettant de connecter une référence de fréquence externe, par exemple un quartz 4, à l'entrée d'un oscillateur 3.

L'oscillateur 3 alimente le quartz 4 en fournissant une boucle de contre-réaction pour stabiliser la fréquence du quartz. La sortie de l'oscillateur est un signal de référence K32 stable avec une fréquence stable de 32KHz par exemple. Ce signal de référence attaque un diviseur de fréquence 5 qui comporte une série de bascules afin de fournir en sortie un signal de consigne rectangulaire H32 avec une fréquence inférieure, par exemple 32 Hz, ainsi que différents autres signaux d'horloge sampleup, sampledown et K1 dont le rôle sera expliqué plus loin en relation avec la figure 7. Le signal H32 est illustré sur la figure 4 avec sa période $\lambda=1/32$ Hertz. Le diviseur de fréquence 5 peut de préférence être paramétré après la fabrication et le soudage du quartz, afin de compenser les imprécisions du quartz et les variations entre différents quartz.

[0034] Le circuit 11 comporte en outre un détecteur de passages par zéro 7 qui génère en sortie un signal rectangulaire Gen, illustré sur les figures 4 et 7, dont l'état change à chaque changement de signe de la tension entre les bornes G+; G- de sortie du générateur 1. La fréquence nominale du signal Gen est par exemple de 16 Hertz. Le détecteur de passages par zéro peut être réalisé par exemple au moyen d'un simple comparateur qui compare la tension G+ avec la tension G-. On utilisera de préférence un comparateur à hysthères avec un seuil positif Up et un seuil négatif Un afin d'éviter de générer des impulsions parasites lorsque le signal à la sortie de générateur est bruité et passe plusieurs fois par zéro. Un filtre analogique et/ou numérique peut aussi être utilisé pour supprimer les impulsions parasites provoquées par un signal bruité. Par exemple, le détecteur de passages par zéro 7 pourrait comporter un filtre numérique qui bloque toutes les impulsions de sortie pendant une durée prédéfinie, par exemple une durée légèrement inférieure à $1/64^{\text{ème}}$ de seconde, après chaque impulsion. Dans une variante préférentielle, aucun filtre n'est utilisé afin de simplifier le circuit et de réduire sa consommation.

[0035] Le signal de mesure Gen à la sortie du détecteur de passages par zéros 7 est fourni avec le signal de consigne H32 à 32 Hertz à l'entrée d'un circuit d'anticoïncidence 8. Le circuit 8 permet d'éviter que l'état du compteur 6 décrit plus loin ne prenne une valeur indéterminée lorsqu'une impulsion up et une impulsion down sont appliquées simultanément. La figure 7 illustre à l'aide de chronogrammes un exemple de fonctionnement de ce circuit. Il fait appel à deux signaux sampleup et sampledown générés par le diviseur de fréquence 5. Les signaux sampleup et sampledown sont des signaux rectangulaires avec une fréquence d'au moins 64 Hertz, par exemple une fréquence de 1 Kilohertz, et un rapport de cycle très faible; le déphasage entre sampleup et sampledown est de 180 degrés. Le circuit d'anticoïncidence 8 génère une impulsion H32' générée lors de la première impulsion sampledown après chaque flanc montant du signal H32 à 32 Hertz. La fréquence des impulsions H32' est donc également de 32 Hertz, mais

le rapport cyclique est plus faible que celui de H32 et la phase est calée sur celle du signal sampledown.

[0036] Le circuit d'anticoïncidence génère en outre une impulsion Gen' lors de la première impulsion sampleup après chaque flanc montant ou descendant du signal Gen. La fréquence du train d'impulsions Gen' est donc le double de celle du train d'impulsions Gen. En régime nominal, la fréquence des impulsions Gen' est de 32 Hertz et leur phase calée sur celle des impulsions sampleup.

[0037] Le déphasage entre les signaux d'échantillonnage permet d'assurer que les impulsions H32' et Gen' ne sont pas produites simultanément. L'échantillonnage dans le circuit d'anticoïncidence peut être effectué très simplement à l'aide de bascules. D'autres types de circuits d'anticoïncidence peuvent aussi être utilisés dans le cadre de cette invention.

[0038] Le circuit d'anticoïncidence fournit en sortie deux trains d'impulsions Gen' et H32' dont la fréquence correspond respectivement au double de celle du signal de mesure provenant du générateur 1 et à celle du signal de consigne provenant de l'oscillateur à quartz 3, 4. Lorsque la montre fonctionne normalement, les trains d'impulsions Gen' et H32' ont donc approximativement la même fréquence et un décalage de phase.

[0039] Ces deux trains d'impulsions sont transmis à un circuit de modulation de freinage 12 qui introduit des impulsions supplémentaires up' respectivement down', synchronisées à l'aide du signal K1 et dont le rôle sera expliqué plus loin. Les trains d'impulsions up et down ainsi modulés par le circuit 12 sont fournis aux entrées d'incrémentement up respectivement à l'entrée de décrémentation down d'un compteur bidirectionnel 6 à huit bits. L'état du compteur 6 peut prendre n'importe quelle valeur count entre 0 et 255; cette valeur est incrémentée à chaque flanc montant du signal sur l'entrée up et décrémentée à chaque flanc montant du signal down.

[0040] Le compteur 6 est ainsi incrémenté à chaque flanc montant ou descendant du signal Gen provenant du générateur 1 et décrémenté à chaque flanc montant du signal de consigne H32 produit par le quartz. L'état du compteur correspond à la différence entre le nombre d'impulsions up et le nombre d'impulsions down et dépend donc notamment, mais pas exclusivement, de la différence entre l'avance du rotor dans le générateur 1 et la référence donnée par le quartz. Comme on le verra plus loin, l'état du compteur est modulé par le circuit 12 et dépend aussi de la phase instantanée du signal de mesure Gen.

[0041] L'état du compteur 6 est représenté par 8 bits de sortie B1 à B8 qui commandent le circuit de dissipation d'énergie 9, comme on le voit en particulier sur la figure 2. Le circuit de dissipation d'énergie comprend plusieurs résistances 910 à 915 branchées en parallèle et pouvant être individuellement sélectionnées au moyen de transistors de commande 900 à 905. Les valeurs des différentes résistances correspondent aux poids des bits de commande correspondant. Ainsi les

bits de poids fort à la sortie du compteur actionnent des transistors permettant d'enclencher des résistances de faible valeur, provoquant un freinage plus intense du rotor du générateur.

5 **[0042]** Les signaux de sortie du compteur B1 à B8 pourraient commander directement les transistors de commande 900 à 905. Toutefois, dans la variante préférentielle illustrée, le nombre de bits de sortie du compteur 6 est supérieur au nombre de transistors et de résistances dans le circuit de dissipation d'énergie 9. Dans cet exemple, les 8 bits de sortie B1 à B8 commandent 6 résistances 910 à 915. La résistance 910 a par exemple une valeur de 120KOhms, tandis que les résistances de poids plus fort 911 à 914 ont des valeurs décroissantes, par exemple une résistance 911 de 60 KOhms, 912 de 30 KOhms, 913 de 15 KOhms et 914 de 6 KOhms. La résistance 915, dont le rôle est expliqué plus bas, a de préférence une valeur très élevée, par exemple 500 KOhms.

10 **[0043]** Une logique combinatoire (non représentée) dans le circuit 9 permet de calculer les six signaux de commande des six transistors 900 à 905 à partir des huit signaux de sortie du compteur 6. Dans cet exemple, la logique combinatoire permet de débrancher toutes les résistances 910 à 915 lorsque le bit B8 est inactif, c'est-à-dire lorsque la valeur dans le compteur 6 est inférieure à 128.

15 **[0044]** Les résistances sont branchées de manière sélective uniquement lorsque B8 est actif. Dans ce cas, le transistor 900 est passant lorsque le bit B1, commandant le transistor 900 pour connecter la résistance de forte valeur 910, est actif. De la même façon, les bits de poids plus fort B2 à B5 provoquent au travers des transistors 901 à 904 respectivement la sélection des résistances 911 à 914. Par ailleurs, lorsque B8 est actif en même temps que B6 et/ou B7, toutes les résistances 910 à 915 sont branchées en parallèle de manière à réduire au maximum l'impédance appliquée aux bornes du générateur. Le freinage est donc maximal et constant lorsque la valeur dans le compteur 6 excède 160, comme cela est illustré sur la figure 3.

20 **[0045]** La résistance 915 de forte valeur, par exemple 500 KOhms, reste branchée en permanence lorsque le bit B8 est actif. En régime de fonctionnement normal, un faible courant circule donc en permanence à travers cette résistance. La résistance 915 permet ainsi d'appliquer un couple de freinage en permanence lorsque le rotor du générateur avance par rapport à sa position idéale, et d'éviter des décélérations rapides si le freinage était entièrement interrompu.

25 **[0046]** Le couple de freinage appliqué dépend ainsi exclusivement de l'état count du compteur 6. On a vu que l'état de ce compteur dépend - notamment de l'avance du rotor du générateur 1 par rapport à la vitesse de consigne indiquée par l'oscillateur 3-4. Le couple de freinage appliqué augmente donc lorsque le rotor avance plus rapidement que la vitesse de consigne. L'utilisation d'impédances de grande valeur, supérieures à

100 KOhms, permet de régler le couple de freinage de manière extrêmement fine et notamment de maintenir un couple de freinage réduit mais néanmoins appliqué en permanence. Il est ainsi possible d'appliquer des variations du couple de freinage extrêmement progressives au rotor du générateur.

[0047] La figure 3 illustre le couple de freinage c appliqué au rotor du générateur par le circuit 9 en fonction de la valeur count dans le compteur 6. Dans cet exemple, le rotor n'est pas freiné lorsque la valeur dans le compteur est inférieure à 128. On évite ainsi d'appliquer un couple de freinage, même faible, au démarrage du système avant que le rotor n'ait atteint et dépassé durant un bref instant sa vitesse de consigne. Le couple de freinage augmente ensuite progressivement, de manière sensiblement linéaire, jusqu'à ce que le compteur atteigne la valeur 159. Lorsque la montre fonctionne normalement, le compteur 6 se trouvera presque toujours dans cette zone linéaire entre 128 et 159. Le couple de freinage c sature ensuite à une valeur importante lorsque le compteur atteint la valeur 160 et au-delà. Le couple de freinage appliqué pour ces valeurs est suffisant pour ralentir le rotor rapidement, même lorsqu'il a été accéléré par un choc, de manière à ramener rapidement le système dans la zone linéaire entre 128 et 159.

[0048] L'utilisation d'un compteur à 8 bits, qui compte jusqu'à 255, permet de prévenir le risque que le compteur cyclique ne fasse un tour complet et ne revienne à 0 au-delà de la valeur maximale. L'homme du métier comprendra que selon la place à disposition sur le circuit intégré 11 il est bien entendu également possible d'utiliser chaque bit de sortie du compteur 6 pour commander directement une résistance dans le système de dissipation d'énergie 9.

[0049] Selon l'invention, et en retournant à la figure 1, le circuit 11 comporte en outre un circuit de modulation de freinage 12 permettant de modifier l'état du compteur 6 en fonction de la phase du signal de mesure $[G+; G-]$ aux bornes du générateur 1. Le circuit de modulation 12 comporte une logique combinatoire, qui n'est pas détaillée ici mais qui est à la portée de l'homme du métier, permettant d'ajouter des impulsions down' supplémentaires de décrémentation et des impulsions up' supplémentaires d'incrémentement du compteur 6. Les impulsions supplémentaires down' sont introduites dans le train d'impulsions H32' produit par le circuit d'anticoïncidence 8, comme on le voit également sur la figure 4. Les impulsions supplémentaires up' sont quant à elles introduites dans le train d'impulsions Gen' produit par le circuit d'anticoïncidence 8. Le circuit 12 est agencé de manière à ajouter une ou plusieurs impulsions supplémentaires down' 6 peu avant chaque extréma du signal $[G+; G-]$ et un nombre équivalent d'impulsions d'incrémentement up' juste après chaque extréma de ce signal.

[0050] Le circuit de modulation 12 permet ainsi de décrétement momentanément le compteur 6, et donc de réduire momentanément le couple de freinage, lors des

extrêmes de la tension $[G+;G-]$ aux bornes du générateur. Il est ainsi possible de limiter momentanément la chute de tension aux bornes du générateur, permettant ainsi de récupérer une tension maximale pour recharger les capacités de stockage 10, 15 16 et de garantir une alimentation suffisante du circuit.

[0051] Le train d'impulsions down produit par le circuit de modulation 12 est illustré sur la figure 4. Comme on le voit, ce train d'impulsions appliqué à l'entrée de décrémentation du compteur 6 comporte d'une part des impulsions H32' produites par le circuit d'anticoïncidence 8 à partir du signal de consigne H32, et d'autre part des impulsions supplémentaires hachurées down' introduites par le circuit 12 peu avant chaque extréma de la tension $G+; G-$. La figure 4 illustre en outre le train d'impulsions up appliqué à l'entrée d'incrémentement du compteur 6. Le signal up comprend les impulsions Gen' produites par le circuit d'anticoïncidence 8 à partir du signal de mesure Gen ainsi que des impulsions supplémentaires hachurées up' introduites par le circuit 12 peu après chaque extréma de la tension $G+; G-$.

[0052] Dans l'exemple illustré, le circuit de modulation 12 génère deux impulsions supplémentaires down' et deux impulsions supplémentaires up' avant respectivement après chaque passage à zéro du signal produit par le générateur 1. La première impulsion down' est générée après un intervalle de durée $T1$, par exemple 4 millisecondes, après la détection du passage par zéro de la tension aux bornes du générateur 1 (en tenant compte de l'hystérèse). La seconde impulsion down' est générée juste après la première impulsion down', par exemple une milliseconde plus tard. La première impulsion up' est générée après un intervalle de durée $T2$, par exemple 8 millisecondes, après chaque impulsion Gen'. La seconde impulsion up' est générée juste après la première impulsion up', par exemple une milliseconde plus tard.

[0053] La troisième ligne du chronogramme de la figure 4 illustre l'évolution de la tension entre les bornes $G+$ et $G-$ du générateur 1. La courbe régulière représente la tension sinusoïdale qui serait produite si aucun couple de freinage n'était appliqué par le circuit 11; la courbe plus saccadée montre comment cette tension est réduite lorsqu'un couple de freinage correspondant aux valeurs successives count dans le compteur 6 est appliqué au générateur. Lorsque le rotor du générateur est en avance comme sur cette figure, on constate que la tension $[G+;G-]$ est réduite en permanence: le circuit 11 freine durant tout le cycle. Le couple de freinage appliqué est toutefois momentanément réduit lorsque l'amplitude du signal aux bornes du générateur est maximale en valeur absolue. Le circuit est donc capable de recharger les capacités de stockage 10, 15, 16 avec une tension de crête proche du maximal théorique.

[0054] La quatrième ligne du chronogramme de la figure 4 illustre le signal rectangulaire Gen à la sortie du détecteur de passages par zéro 7. Sur l'exemple illustré, le détecteur de passages par zéro est constitué par un

comparateur à hysth re. Le signal Gen passe de l'état logique un à l'état logique zéro lorsque la tension entre les bornes G+ et G- du générateur 1 descend en-dessous de la valeur négative -Un et retourne à l'état logique un lorsque la tension G+;G- rejoint le seuil positif Up. Les seuils Up et Un ont été fortement exagérés sur la figure mais pourront, selon le niveau de bruit sur le signal d'entrée, être plus rapprochés.

[0055] Les impulsions supplémentaires down' et up' sont générées indépendamment de l'avance relative du signal de mesure Gen et du signal de consigne H32. L' tat count du compteur 6 n'est donc pas représentatif de la différence entre le nombre d'impulsions de référence H32' produites par l'oscillateur à quartz 3, 4 et le nombre d'impulsions de mesure Gen produites par le générateur, mais dépend également de la phase instantanée du signal G+, G- entre les bornes du générateur 1.

[0056] La dernière ligne sur la figure 4 ne représente pas un signal physique, mais indique l'évolution de la valeur count dans le compteur bidirectionnel 6. Le couple de freinage appliqué est, dans la partie linéaire de la figure 3, sensiblement proportionnel à cette valeur count. Cette valeur est incrémentée à chaque impulsion up et décrémentée à chaque impulsion down. On constate que, à chaque demi-cycle du signal Gen, la valeur count est réduite puis rétablie progressivement et pendant une durée limitée de manière à réduire progressivement et sans à-coups le couple de freinage appliqué lorsque la tension aux bornes du générateur est maximale. L'invention permet donc d'appliquer un couple de freinage en permanence au générateur 1 qui dépend de l'avance du rotor et qui est en outre modulé selon la phase instantanée du signal G+, G- aux bornes du générateur de manière à optimiser la charge des capacités de stockage 10, 15, 16 et sans variations brusques du couple de freinage appliqué.

[0057] Si le générateur tourne à une fréquence largement supérieure à la vitesse de consigne, par exemple suite à un choc, un passage à zéro du signal [G+; G-] peut survenir avant la dernière impulsion supplémentaire up' déclenchée par le passage à zéro pr c dent. Ce nouveau passage par zéro déclenche une nouvelle série d'impulsions supplémentaires down' et up' qui se chevauche avec la série d'impulsions supplémentaires précédentes. Le compteur peut alors dans certaines conditions prendre momentanément des valeurs inattendues qui ne correspondent pas au couple de freinage que l'on souhaite appliquer. Afin d'éviter ces perturbations transitoires, dans une variante préférentielle de l'invention, une impulsion up ne déclenche d'impulsions supplémentaires up' et down' que si l'intervalle de réduction de freinage provoqué par le passage à zéro pr c dent est complètement terminé. Dans une autre variante, la durée des intervalles T1 et T2 est rendue dépendante de la fréquence du signal [G+; G-].

[0058] Sur l'exemple de la figure 4, deux impulsions de décrémentation supplémentaires down' et deux impulsions d'incrémentation supplémentaires up' sont uti-

lis es. Le nombre d'impulsions supplémentaires utilisées peut toutefois être plus important afin de provoquer une réduction plus importante ou plus progressive du couple de freinage. La figure 5 illustre un exemple de l'évolution du couple de freinage dans lequel 4 impulsions supplémentaires down' et up' sont utilisées.

[0059] La figure 6 illustre une variante de l'invention dans laquelle le couple de freinage appliqué en permanence au générateur est pulsé. L'amplitude des impulsions, et/ou l'amplitude d'une composante continue additionnée aux impulsions, et/ou dans l'exemple illustré le rapport de cycle des impulsions, dépend de la valeur dans le compteur 6. Comme dans les exemples précédents, cette valeur est modul e de manière à réduire le freinage, sans l'interrompre complètement, lorsque l'amplitude de la tension aux bornes du générateur passe par un extréma. Selon l'invention, la couple de freinage C ne retombe pas à zéro, même entre les différents pics de freinage pulsé.

[0060] L'homme du métier imaginera facilement d'autres moyens pour réduire pendant une durée limitée, sans variation brusque, le couple de freinage appliqué au rotor. Le couple de freinage peut aussi varier de manière continue, notamment lorsque le circuit de dissipation d'énergie est constitué par une source de courant contrôlable, ou en utilisant des impédances dont la valeur peut être variée en continu.

[0061] Dans les exemples discutés ci-dessus, le couple de freinage est réduit temporairement et de manière progressive en ajoutant des impulsions supplémentaires down' et up' à l'entrée du compteur bidirectionnel 6. Il serait aussi possible, dans le cadre de modifications à la portée de l'homme du métier, d'agir sur la sortie du compteur 6 à l'aide d'un soustracteur agencé pour soustraire pendant une durée limitée une valeur fixe ou variable. De la même façon, il serait aussi possible d'agir directement sur le circuit de dissipation d'énergie 9 et d'employer par exemple une impédance ou un réseau d'impédances de valeur résultante contrôlable en parallèle ou en série avec les autres impédances. On pourrait alors commander la valeur de cette impédance pour qu'elle dépende de la phase instantanée de la tension à la sortie du générateur, de manière à augmenter progressivement l'impédance résultante lorsque la tension aux bornes du générateur passe par un extréma.

[0062] Le fonctionnement du module de régulation décrit ci-dessus est de type intégral; la contre-réaction appliquée sous la forme d'un couple de freinage au générateur 1 dépend notamment, mais pas exclusivement, de la différence accumulée dans le compteur 6 entre le nombre d'impulsions up provenant du générateur et le nombre d'impulsions down provenant de l'oscillateur à quartz. Lorsqu'une correction plus rapide est souhaitable, par exemple s'il est important que la montre corrige les erreurs de marche très rapidement afin d'afficher en chaque instant une heure précise, il est aussi possible dans le cadre de cette invention d'appliquer une régulation proportionnelle à la vitesse momen-

tanée du rotor, voire proportionnelle à la dérivée de cette vitesse momentanée, ou même une combinaison entre ces différentes possibilités de réglage, par exemple un réglage PID (proportionnel-intégral-différentiel).

Revendications

1. Module électronique de régulation pour mouvement de montre à remontage mécanique, comprenant:

un générateur (1) permettant de convertir l'énergie mécanique fournie par ledit mouvement de montre en un signal de mesure ([G+; G-]),
un circuit électronique (11) alimenté par ledit générateur,
ledit circuit électronique comprenant un circuit de dissipation d'énergie (9) permettant d'appliquer au moins deux couples de freinage distincts non nuls audit générateur (1),
ledit circuit électronique (11) comportant en outre un circuit de commande (5, 6, 8, 12) du circuit de freinage, de manière à contrôler la vitesse de rotation dudit générateur (1), le couple de freinage sélectionné par ledit circuit de commande dépendant notamment de l'avance dudit générateur,

caractérisé en ce que ledit circuit de commande du circuit de freinage est agencé de manière à réduire le couple de freinage lorsque ledit signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma.

2. Module électronique selon la revendication 1, dans lequel ledit couple de freinage est réduit sans être complètement supprimé lorsque ledit signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma, de manière à appliquer un couple de freinage en permanence lorsque ledit générateur est en avance par rapport à sa position idéale.

3. Module électronique selon la revendication 2, dans lequel ledit couple de freinage est réduit pendant un intervalle de durée fixe lorsque ledit signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma.

4. Module électronique selon la revendication 1, dans lequel ledit circuit de commande (5, 6, 8, 12) est réalisé de manière à appliquer un couple de freinage en permanence lorsque ledit générateur (1) est en avance, sauf pendant un intervalle de durée limitée lorsque ledit signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma.

5. Module électronique selon l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel ledit couple de freinage est progressivement réduit avant que ledit signal de me-

sure ([G+;G-]) ne passe par un extréma, puis progressivement rétabli après que ledit signal de mesure a passé par ledit extréma.

6. Module électronique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit circuit de freinage (9) comporte une pluralité d'impédances (910-915) de valeurs différentes pouvant être indépendamment sélectionnées par ledit circuit de commande (5, 6, 8, 12) de manière à varier le couple appliqué audit générateur (1),

la valeur de la plus grande impédance (915) étant supérieure ou égale à 100KOhms.

7. Module électronique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit circuit de commande (5, 6, 8, 12) du circuit de freinage (9) comporte un compteur bidirectionnel (6) qui est incrémenté à chaque demi-cycle dudit signal de mesure ([G+;G-]) et décrémenté à chaque demi-cycle d'un signal de référence (H32),

ledit compteur (6) étant en outre décrémenté avant que ledit signal de mesure ([G+; G-]) ne passe par un extréma, puis incrémenté après que ledit signal de mesure a passé par ledit extréma,

le couple de freinage appliqué étant déterminé par le contenu dudit compteur.

8. Module électronique de régulation pour mouvement de montre à remontage mécanique, comprenant:

un générateur (1) permettant de convertir l'énergie mécanique fournie par ledit mouvement de montre en un signal de mesure ([G+; G-]),

un circuit électronique (11) alimenté par ledit générateur,

ledit circuit électronique comprenant un circuit de dissipation d'énergie (9) comportant une pluralité d'impédances (910-915) de valeurs différentes pouvant être indépendamment sélectionnées de manière à permettre l'application d'au moins deux couples de freinage distincts non nuls audit générateur,

ledit circuit électronique comportant en outre un circuit de commande (5, 6, 8, 12) du circuit de dissipation d'énergie (9) permettant de contrôler la vitesse de rotation dudit générateur en sélectionnant différentes impédances dans ledit circuit de dissipation d'énergie (9) en fonction de l'avance dudit générateur,

caractérisé en ce que l'impédance résultante du circuit de dissipation d'énergie (9) lorsque le générateur est en avance et que ledit signal de mesure ([G+; G-]) passe par un extréma a une valeur finie supérieure ou égale à 100KOhms.

9. Procédé de régulation de la vitesse d'un mouvement de montre à remontage mécanique à l'aide d'un générateur (1) et d'un circuit électronique de contrôle dudit générateur (11), la vitesse dudit mouvement de montre étant réglée en contrôlant au moyen du circuit électronique de commande le couple de freinage appliqué audit générateur (1), au moins deux couples de freinage distincts non nuls pouvant être appliqués, 5
- caractérisé en ce que** le couple de freinage momentané est réduit lorsqu'un signal de mesure ([G+;G-]) à la sortie dudit générateur passe par un extréma. 10
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel le couple de freinage momentané dépend en outre de l'avance dudit générateur. 15
11. Procédé selon l'une des revendications 9 à 10, dans lequel un couple de freinage est appliqué en permanence lorsque ledit générateur (1) est en avance, ledit couple de freinage étant réduit ou interrompu pendant un intervalle de durée limitée lorsque ledit signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma. 20 25
12. Procédé selon la revendication 10, dans lequel ledit couple de freinage est progressivement réduit avant que ledit signal de mesure ([G+;G-]) passe par un extréma, puis progressivement rétabli après que ledit signal de mesure ([G+;G-]) a passé par ledit extréma. 30
13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel ledit module électronique peut imposer au moins 128 signaux de freinage différents audit générateur. 35

40

45

50

55

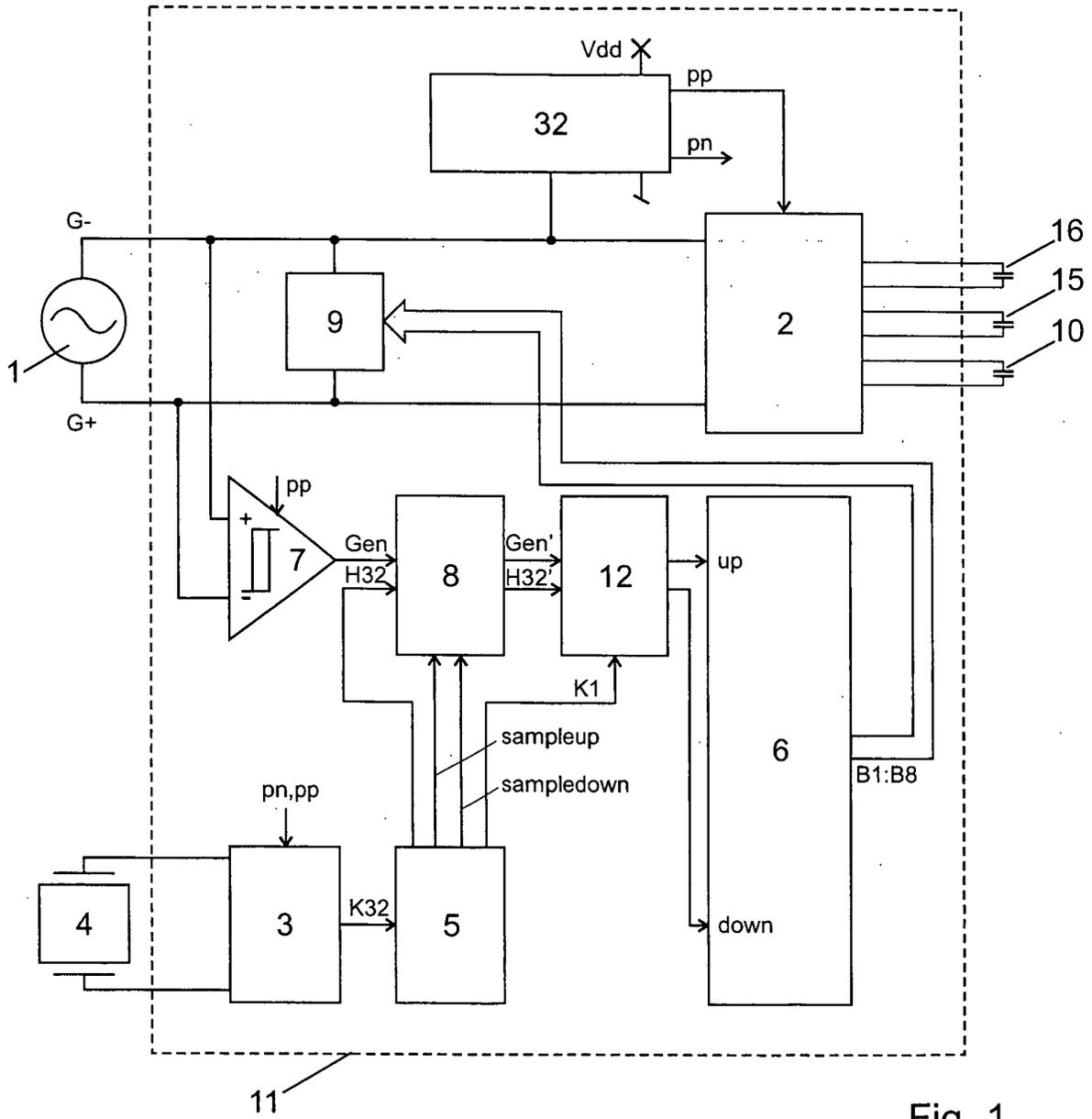


Fig. 1

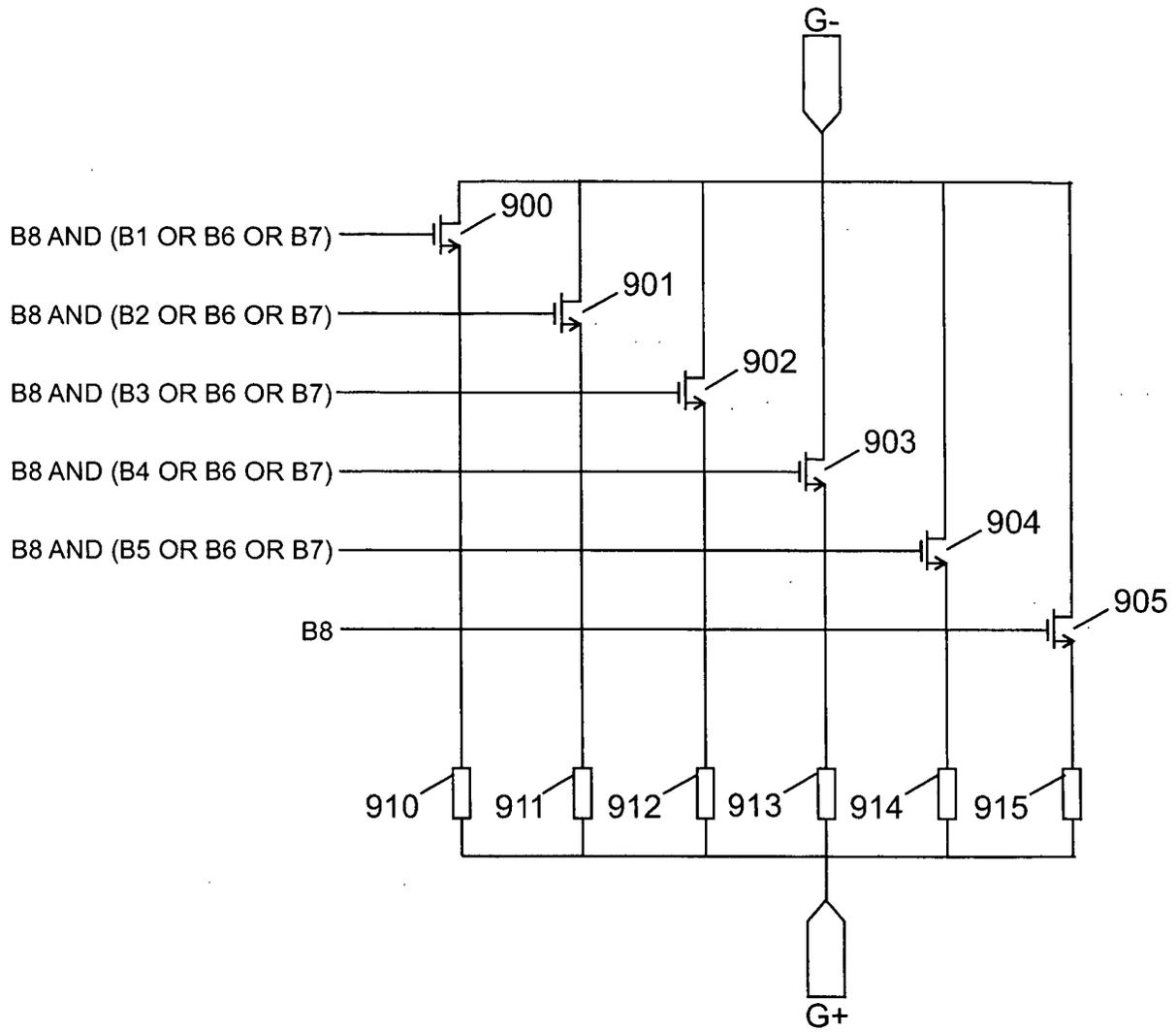


Fig. 2

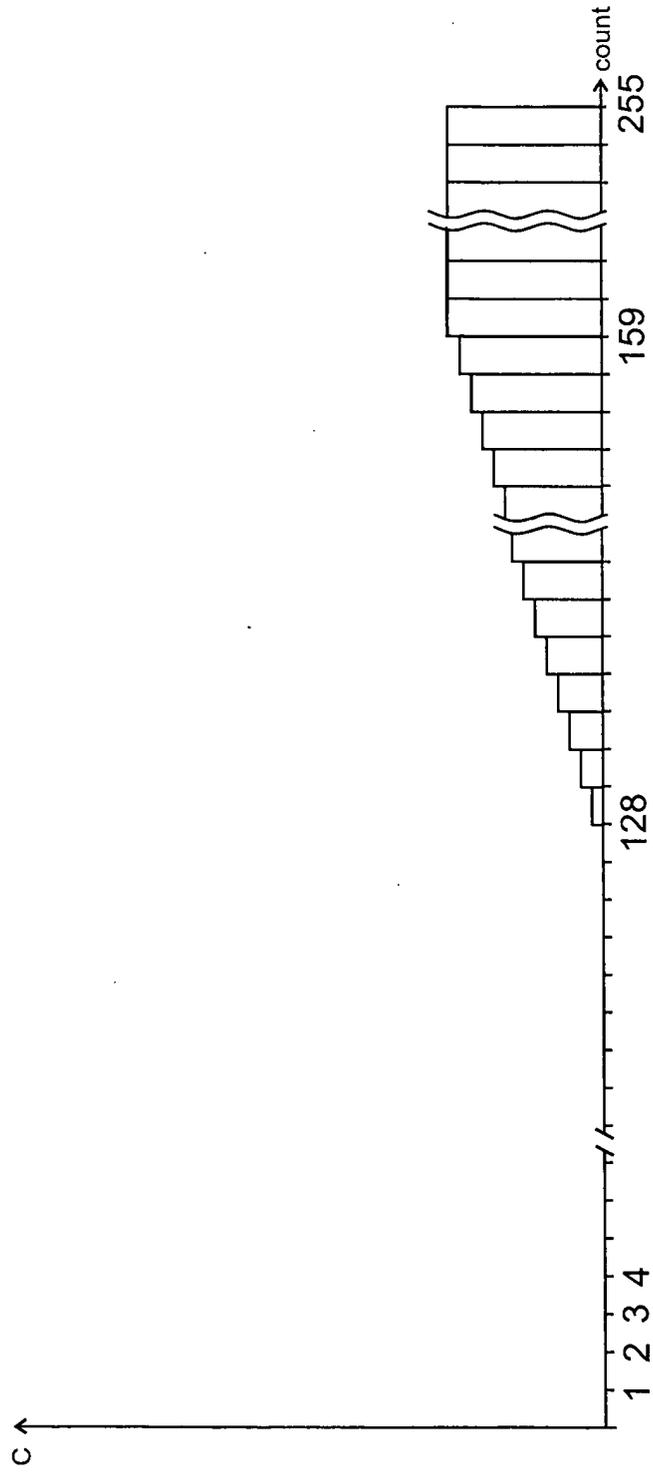


Fig.3

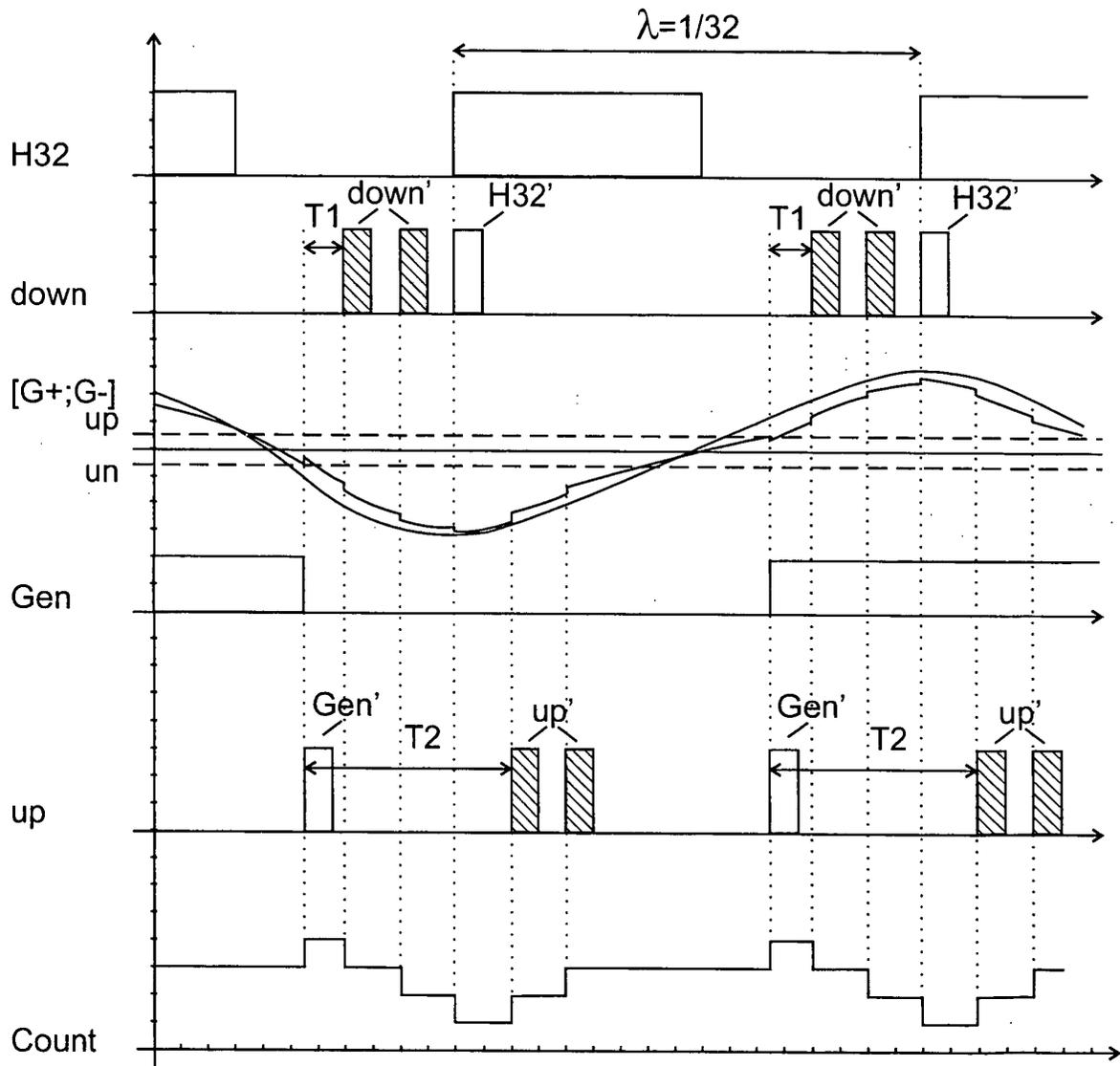
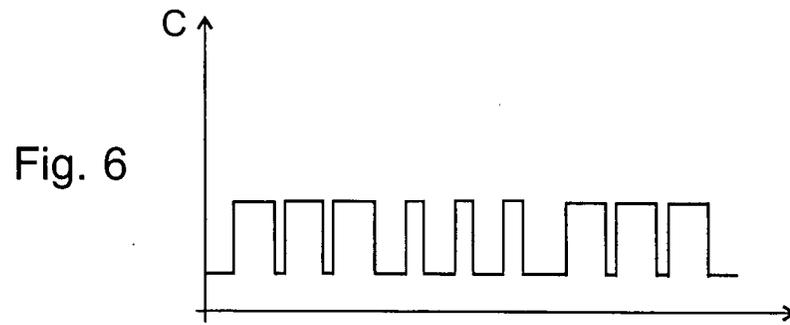
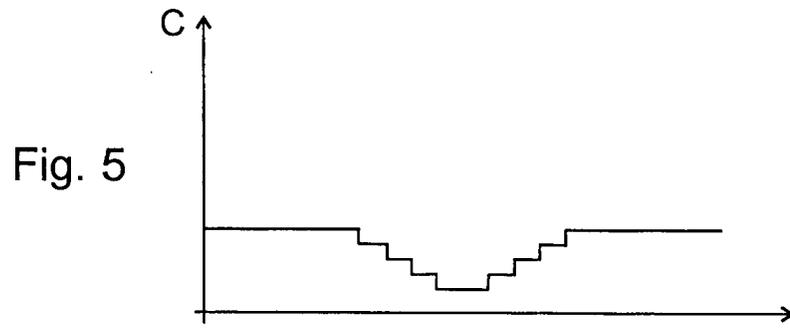


Fig. 4



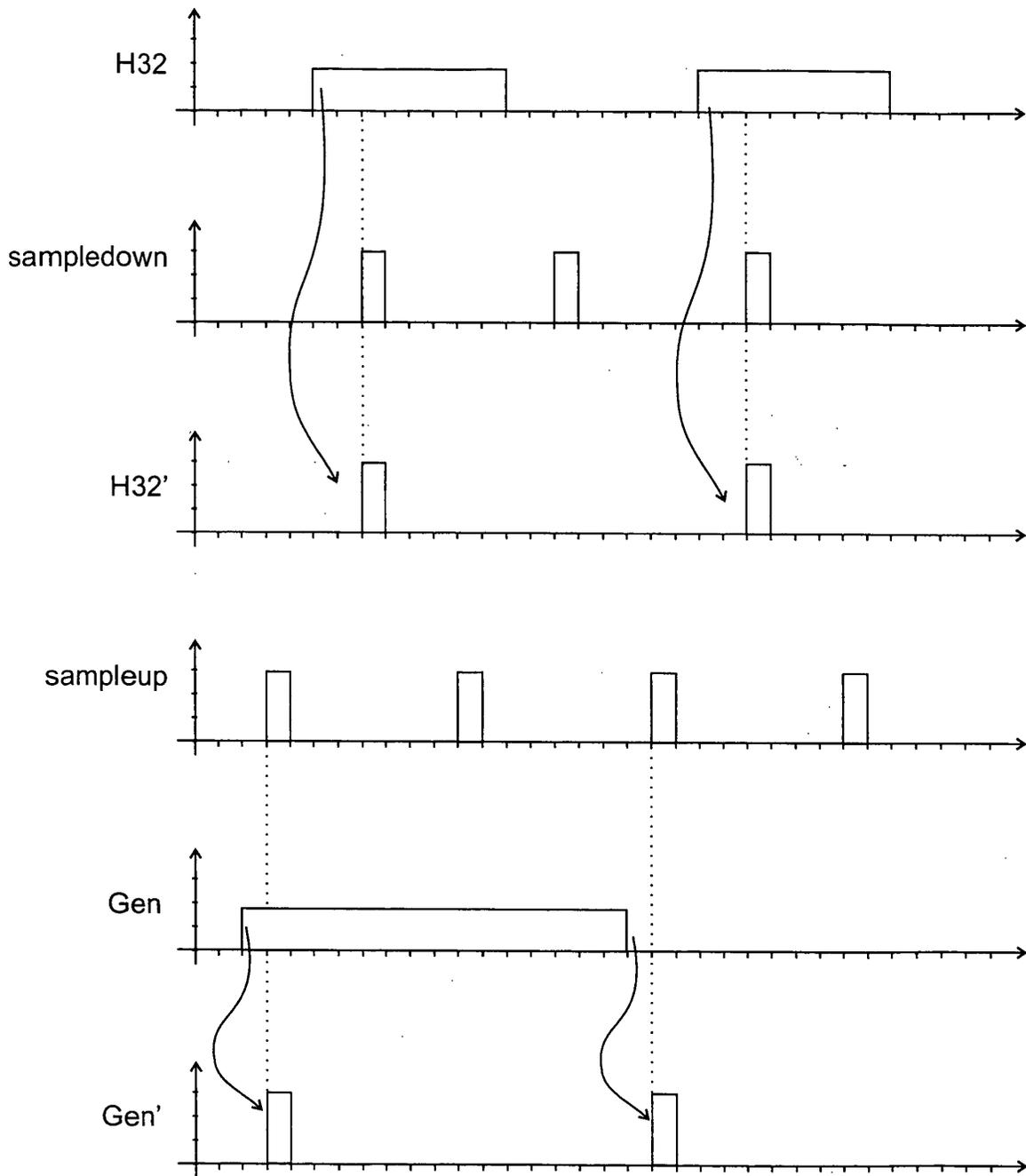


Fig. 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 01 4630

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
D,A	EP 1 041 464 A (SEIKO EPSON CORP) 4 janvier 2000 (2000-01-04) * colonne 1, ligne 1 - colonne 17, ligne 42 *	1-13	G04C10/00
D,A	EP 0 816 955 A (RONDA AG) 7 janvier 1998 (1998-01-07) * colonne 1, ligne 1 - colonne 2, ligne 40 *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			G04C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 octobre 2002	Examineur Exelmans, U
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 92 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 01 4630

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10-10-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1041464	A	04-10-2000	JP 2000314782 A	14-11-2000
			JP 2000346964 A	15-12-2000
			CN 1267845 A	27-09-2000
			EP 1041464 A2	04-10-2000
			JP 2001343469 A	14-12-2001
			US 2001030909 A1	18-10-2001
			JP 2001337179 A	07-12-2001
EP 0816955	A	07-01-1998	DE 59601785 D1	02-06-1999
			DK 848842 T3	08-11-1999
			EP 0848842 A1	24-06-1998
			EP 0816955 A1	07-01-1998
			GR 3030192 T3	31-08-1999
			HK 1012204 A1	24-03-2000
			JP 11502024 T	16-02-1999
			US 5881027 A	09-03-1999

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82