

(19)



(11)

**EP 0 806 710 B2**

(12)

**NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:  
**23.01.2008 Bulletin 2008/04**

(51) Int Cl.:  
**G04C 10/00 (2006.01) G04C 3/00 (2006.01)**

(45) Mention de la délivrance du brevet:  
**16.08.2000 Bulletin 2000/33**

(21) Numéro de dépôt: **97107371.3**

(22) Date de dépôt: **05.05.1997**

(54) **Stabilisation d'un circuit électronique de régulation du mouvement mécanique d'une pièce d'horlogerie**

Stabilisation einer elektronischen Schaltung zur Regelung des mechanischen Gangwerks einer Zeitmessvorrichtung

Stabilisation of an electronic circuit for regulating the mechanical movement of a timepiece

(84) Etats contractants désignés:  
**CH DE FR GB LI**

(30) Priorité: **07.05.1996 FR 9605720**

(43) Date de publication de la demande:  
**12.11.1997 Bulletin 1997/46**

(73) Titulaire: **ASULAB S.A.**  
**2074 Marin (CH)**

(72) Inventeur: **Bernasconi, Ermanno**  
**2000 Neuchâtel (CH)**

(74) Mandataire: **Balsters, Robert et al**  
**I C B,**  
**Ingénieurs Conseils en Brevets S.A.,**  
**7, rue des Sors**  
**2074 Marin (CH)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 664 612 EP-B- 0 274 035**  
**DE-A- 3 903 706 US-A- 3 727 079**  
**US-A- 3 944 936 US-A- 4 312 058**  
**US-A- 4 795 915 US-A- 4 799 003**  
**US-A- 5 019 722 US-A- 5 043 653**  
**US-A- 5 278 462**

- "Halbleiterschaltungstechnik", U. Tietze et Ch. Schenk, 10. Auflage, Springer-Verlag, pages 247-249, Fig 10.34 (1993)

**EP 0 806 710 B2**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une pièce d'horlogerie comprenant un générateur d'énergie électrique comportant un rotor et des moyens pour fournir l'énergie électrique en réponse à une rotation du rotor, et étant régulé par un circuit électronique comprenant des moyens de freinage du rotor du générateur, selon le préambule de la revendication 1.

**[0002]** Généralement, dans de telles pièces, une source d'énergie mécanique entraîne un générateur d'énergie électrique pour alimenter le circuit électronique. Le rotor du générateur lui-même, peut être freiné par le circuit électronique afin de réguler le mouvement mécanique en l'asservissant par exemple, sur la fréquence d'un quartz. L'intérêt de ces pièces d'horlogerie est d'avoir un mouvement très précis, régulé par quartz ou autre, sans nécessiter de pile ou d'accumulateur à durée de vie limitée.

**[0003]** Une telle pièce d'horlogerie est décrite par exemple dans le brevet US-A-3 937 001 dans laquelle la pulsation de la tension alternative du générateur est comparée à la fréquence d'un quartz. Dans ce dispositif, lorsque les pulsations du générateur prennent de l'avance par rapport aux impulsions du quartz, on freine le rotor en court-circuitant le générateur par une résistance. Mais quand le mouvement prend une certaine avance, la durée de freinage du rotor du générateur peut devenir très importante, au risque de voir la tension d'alimentation issue du générateur devenir insuffisante pour le circuit électronique.

**[0004]** Le document EP-A-0 679 968 décrit une autre pièce d'horlogerie palliant cet inconvénient, en prévoyant de freiner le rotor pendant de brefs intervalles de temps fixes par rapport à sa période de rotation. Le document démontre notamment que le freinage doit être déclenché aux instants où la valeur de la tension alternative issue du générateur est faible. Des impulsions de freinage sont ainsi appliquées dès l'instant où la tension alternative change de signe, ce qui est détecté par un comparateur dont le seuil est fixé au potentiel de référence, la tension nulle.

**[0005]** On constate malheureusement que de telles pièces d'horlogerie se dérèglent. Une agitation de ces pièces ou des chocs angulaires répétés provoque ainsi l'apparition d'un retard non corrigé par l'asservissement.

**[0006]** Les figures 1 à 4 illustrent l'allure de la tension alternative  $U_g$  et d'impulsions de mesure SM obtenues avec deux comparateurs à seuil de l'état de la technique. Des résultats de mesure effectués avec un comparateur à seuil de tension nulle sont illustrés aux figures 1 et 2. La figure 1 représente l'évolution de la tension  $U_g$  en fonction du temps, la valeur 0 de la tension correspondant au seuil nul. La figure 2 représente en fonction du temps, les impulsions SM en sortie du comparateur à seuil nul, le signal de mesure SM variant d'un état "0" à un état "1" selon le résultat de la comparaison. On voit notamment qu'un parasite électrique sur la tension  $U_g$ , à l'instant  $t_1$

provoque l'apparition d'une impulsion I1 parasite sur le signal de mesure SM. Ce parasite électrique peut être simplement un report du bruit de masse.

**[0007]** Ainsi les dysfonctionnements constatés semblent dus à une impulsion parasite I1 enregistrée par le circuit électronique comme des pulsations normales I2 ou I3 du rotor

**[0008]** Pour supprimer ces impulsions parasites, on peut prévoir un filtre de lissage du signal. Mais le filtrage retarde l'apparition des impulsions normales. Or, les impulsions de freinage doivent être appliquées sans retard, tant que la tension  $U_g$  est faible, comme on l'a vu ci-dessus. Cette solution nécessite en outre d'encombrants condensateurs de filtrage qui s'opposent à la miniaturisation et à l'intégration du circuit électronique.

**[0009]** Une autre solution envisageable consiste à élever le seuil du comparateur. Cependant le seuil du comparateur doit remplir deux conditions contradictoires. D'une part, il doit être suffisamment élevé pour masquer les impulsions parasites. D'autre part, il doit être assez faible pour que les impulsions de freinage apparaissent quand la tension du générateur est faible, comme on l'a vu précédemment.

**[0010]** Aux figures 3 et 4 sont représentés de façon similaire aux figures 1 et 2 des résultats de mesure obtenues avec un comparateur à seuil élevé. De manière équivalente, le comparateur pourrait être un amplificateur de Schmidt à deux seuils de valeurs écartées. Le seuil  $U_t$  est représenté en pointillés sur le chronogramme de la tension  $U_g$  du générateur, voir figure 3. On voit ainsi un affaiblissement de la tension du générateur  $U_g$  lors du freinage à l'instant  $t_4$ , et l'apparition de doubles impulsions 14 et 15 (voir figure 4), ce qui est à l'opposé du but recherché.

**[0011]** Un but de la présente invention est de stabiliser le fonctionnement d'une pièce d'horlogerie à mouvement mécanique régulé par un circuit électronique.

**[0012]** En particulier, un but de l'invention est de connaître l'origine de tels dysfonctionnements et d'y remédier.

**[0013]** Un autre but est de réaliser une pièce d'horlogerie miniature dont le circuit électronique est simple et fiable.

**[0014]** En cherchant à atteindre ces buts, la Demanderesse a identifié un phénomène surprenant au cours d'expérimentations délicates sur ces pièces d'horlogerie.

**[0015]** En effet, on a constaté que les seuils des circuits de détection utilisés auparavant dépendent en fait de la valeur de la tension d'alimentation. De façon surprenante, lors du freinage du rotor, l'affaiblissement de la tension du générateur suffit à faire dériver le seuil du comparateur qui génère alors une nouvelle impulsion. Ainsi pour un comparateur courant tel qu'un amplificateur de Schmidt ayant un faible seuil  $U_{th}$  positif et un faible seuil  $U_{tb}$  négatif, le comparateur délivre des doubles impulsions au lieu de ne délivrer qu'une seule. En effet, la chute de la tension  $U_g$  fournie par le générateur peut atteindre une valeur supérieure au seuil positif  $U_{th}$  du comparateur,

ainsi déclenchant l'apparition d'une impulsion parasite. Ce phénomène se produit uniquement lors de la commande de freinage, donc juste après l'apparition de la première impulsion.

**[0016]** C'est l'identification de ce problème méconnu qui a permis la Demanderesse de le résoudre par une pièce d'horlogerie comprenant un générateur d'énergie électrique comportant un rotor et des moyens pour fournir ladite énergie électrique en réponse à une rotation dudit rotor, une source d'énergie mécanique couplée mécaniquement audit rotor pour l'entraîner en rotation, des moyens de mesure couplés audit générateur pour générer des impulsions de mesure de la pulsation d'une tension alternative fournie par le générateur qui correspond à la pulsation du rotor, des moyens de freinage répondant à une commande de freinage pour appliquer audit rotor un couple de freinage, et un circuit électronique comportant des moyens de référence pour produire un signal ayant une fréquence de référence, et des moyens d'asservissement agencés à commander lesdits moyens de freinage lorsque lesdites impulsions de mesure sont en avance par rapport audit signal de référence de sorte que la fréquence de référence régule la pulsation dudit rotor et ladite source mécanique, cette pièce étant caractérisée en ce que ledit circuit électronique comporte en outre des moyens d'inhibition (Inh) synchrone des impulsions de mesure et agencés de sorte qu'un dédoublement desdites impulsions de mesure soit supprimé.

**[0017]** Ainsi, selon l'invention, pendant la commande de freinage, la détection des impulsions de mesure est inhibée, de façon à supprimer de tels dédoublements d'impulsions sans retarder sensiblement le freinage par rapport au changement de signe de la tension du générateur.

**[0018]** De façon avantageuse, l'invention prévoit que les moyens d'inhibition sont corrélés avec une commande de freinage fournie par la boucle d'asservissement.

**[0019]** Un mode de réalisation préféré se caractérise en ce que les moyens d'inhibition génèrent une commande de freinage, la temporisation de cette commande étant contrôlée par la boucle d'asservissement.

**[0020]** Un autre mode de réalisation prévoit que les moyens d'inhibition comportent une base de temps et répondent à l'apparition ou à la disparition d'une impulsion de mesure.

**[0021]** D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante et des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs; parmi les dessins annexés :

- les figures 1 à 4, précédemment décrites, représentent des chronogrammes de la tension alternative et d'impulsions de mesure obtenues sur des pièces d'horlogerie à mouvement mécanique régulé par un circuit électronique de l'état de la technique;
- la figure 5 représente un schéma de principe de circuit électronique de régulation du mouvement mé-

- canique d'une pièce d'horlogerie selon l'invention;
- la figure 6 représente un chronogramme de la tension alternative aux bornes d'un générateur de la pièce d'horlogerie de la figure 5;
- 5 - les figures 7 à 11 représentent des chronogrammes d'impulsions obtenues en divers points du circuit de la figure 5, et
- la figure 12 représente schématiquement un mode de réalisation de circuit électronique de temporisateur Tmr du circuit électronique de régulation de la figure 5.

**[0022]** La partie électromécanique de la pièce d'horlogerie selon l'invention est représentée schématiquement à la figure 5. Elle comporte une source 2 d'énergie mécanique comme un ressort spiral, couplée par l'intermédiaire de trains d'engrenages 4 symbolisées par des traits mixtes à des moyens d'affichage de l'heure, comme des aiguilles de cadran, la source 2 d'énergie mécanique étant couplée également à un rotor 3a d'un générateur d'énergie électrique 3. Le générateur 3 comprend encore une bobine 3b inductive, le rotor 3a comportant un aimant bipolaire représenté conventionnellement par une flèche. Cette partie ne sera pas décrite en détail car elle peut être réalisée de diverses manières, bien connues des spécialistes.

**[0023]** En fonctionnement, la source 2 d'énergie mécanique entraîne la rotation du rotor 3a et il apparaît une tension alternative  $U_g$  aux bornes B0, B1 de la bobine 3b. Dans la présente, la borne B0 est considérée comme la borne de référence ayant un potentiel de référence  $V_0$ . La tension  $U_g$  du générateur sera mesurée sur la borne B1, par rapport au potentiel de référence  $V_0=0$  Volt de la borne B0 (voir figure 5).

**[0024]** Cette tension alternative  $U_g$  est appliquée à un redresseur 5 pour alimenter en tension continue un circuit électronique 1 de régulation du mouvement. Un exemple de réalisation préférée de redresseur sera indiqué plus tard.

**[0025]** Comme nous allons le voir, le circuit électronique 1 peut réguler le mouvement mécanique de la pièce d'horlogerie en agissant sur des moyens de freinage du rotor 3a du générateur 3 prévus à cet effet.

**[0026]** Le mouvement d'horlogerie indiquera l'heure courante lorsque le rotor tourne à une vitesse donnée, que nous appellerons vitesse normale.

**[0027]** La vitesse libre du rotor, c'est à dire en l'absence de freinage, sera légèrement plus rapide que cette vitesse normale. Lorsque le mouvement aura pris du retard, on pourra ainsi laisser le rotor tourner à sa vitesse libre et rattraper le retard. Au contraire, lorsque le mouvement aura de l'avance, une commande de freinage fournie par le circuit électronique 1 limitera la vitesse du rotor en dessous de la vitesse normale afin que le mouvement perde cette avance. D'autres détails sur le choix de ces vitesses et du mode de freinage sont donnés dans le document EP-A-0 679 968, susmentionné, dont le contenu est incorporé par référence et auquel on se reportera

autant de fois que nécessaire.

**[0028]** Ainsi, la pièce d'horlogerie comporte encore des moyens de mesure de la vitesse du mouvement. Ils sont constitués, de préférence, par des moyens de mesure de la pulsation du rotor. L'invention cherche à obtenir des impulsions de mesure qui correspondent bien à chaque pulsation du rotor, par exemple une impulsion par tour. Ces impulsions de mesure sont en effet traitées par le circuit électronique 1 afin de mesurer la dérive du mouvement et de fournir éventuellement une commande de freinage. Ces moyens de mesure et le traitement des impulsions seront détaillés avec le circuit électronique.

**[0029]** Le freinage est obtenu en court-circuitant la bobine 3b du générateur 3. Le courant électrique circulant alors dans cette dérivation provoque en effet l'apparition d'un champ magnétique s'opposant à la cause du courant donc s'opposant au mouvement du rotor. On peut envisager de dériver le courant dans une résistance de faible valeur. Cependant le mode de réalisation préférée de l'invention prévoit un interrupteur électronique K connecté directement entre les deux bornes B0, B1 de la bobine 3b du générateur. On obtient ainsi un freinage très puissant.

**[0030]** L'interrupteur électronique K est avantageusement constitué d'un transistor bipolaire ou à effet de champ, comme cela est expliqué dans le document EP-A-0 679 968 susmentionné. D'autres équivalents étant bien connus des spécialistes. Le fonctionnement de cet interrupteur électronique K ne sera pas détaillé ici.

**[0031]** Bien entendu, un tel court-circuit provoque la chute de la tension  $U_g$  du générateur, la tension devenant sensiblement nulle pendant la commande de freinage.

**[0032]** La figure 3, déjà décrite ci-dessus, montre par exemple l'allure de la tension alternative  $U_g$  lors d'un cycle de freinage, à comparer à la figure 1 représentant la tension  $U_g$  en l'absence de freinage. On voit que sur une demi-période  $t_0$ - $t_6$ , il y a un intervalle de temps  $t_4$ - $t_5$ , pendant lequel le freinage étant commandé, le générateur court-circuité fournit toute son énergie à l'interrupteur K.

**[0033]** Pour limiter la baisse consécutive de la tension d'alimentation  $V+$ ,  $V-$  fournie par le redresseur 5, le document EP-A-0 679 968 indique que la commande de freinage doit être appliquée aux instants où la tension  $U_g$  est proche de 0 et pendant un bref intervalle de temps, inférieur de préférence à  $1/8$  de la pulsation de la tension alternative  $U_g$ .

**[0034]** Dans un exemple de réalisation, le rotor 3a a ainsi une vitesse normale de quatre tours par seconde et la durée des impulsions de freinage appliquées à l'interrupteur K est limitée à environ 5 ms, soit  $1/50$  de la pulsation de 250 ms de la tension  $U_g$ .

**[0035]** Le circuit électronique 1 de régulation du mouvement de la pièce d'horlogerie, tel qu'illustré à la figure 5, est constitué principalement d'un oscillateur Osc fournissant un signal ayant une fréquence de base FO, de moyens de mesure, référencés Trig et Inh, de la pulsation du rotor 3a et d'un circuit d'asservissement en fréquence,

contrôlant une commande de freinage du rotor.

**[0036]** Le circuit d'asservissement en fréquence commande le freinage lorsque des impulsions de mesure IN fournies par les moyens de mesure Trig, Inh, et ayant une fréquence correspondant à la pulsation du rotor, sont en avance par rapport à des impulsions, référencées FR, fournies par l'oscillateur Osc, et ayant une fréquence de référence issue de la fréquence de base FO de l'oscillateur Osc, par exemple en divisant le signal FO afin d'obtenir un signal ayant la fréquence de référence.

**[0037]** A cet effet, le circuit d'asservissement comporte, de préférence, un correcteur de fréquence Div qui met en forme le signal ayant une fréquence de base FO et délivre des impulsions à une fréquence de référence FR. Le correcteur Div peut être simplement un circuit diviseur de fréquence, bien connu des spécialistes et ne sera donc pas détaillé ici.

**[0038]** On mentionnera cependant que des impulsions de fréquence intermédiaires F1 peuvent être extraites de tels circuits.

**[0039]** Dans le mode de réalisation présenté à la figure 5, l'oscillateur Osc est un quartz ayant une fréquence propre FO de 32'768 Hz. Le diviseur Div divise le signal ayant la fréquence FO afin d'obtenir une série d'impulsions FR ayant une fréquence de référence de 4 Hz correspondant à la pulsation normale du rotor. Enfin, des impulsions F1 d'une fréquence intermédiaire valant 4'096 Hz peuvent également être extraites du diviseur. Bien entendu, ces valeurs ne sont données qu'à titre d'exemple.

**[0040]** Ces impulsions F1, qui ont ici donc une période de 0,244 ms, sont destinées à servir de base de temps ou de temporisation à la commande de freinage précitée et à cadencer toute la logique.

**[0041]** Le circuit d'asservissement comporte encore un comparateur, référencé Cmp, délivrant un signal AV indiquant l'avance (ou le retard) du mouvement par rapport à la fréquence de référence FR. Ce comparateur Cmp peut être par exemple un compteur-décompteur, ou compteur réversible, totalisant la différence du nombre d'impulsions de mesure IN, reçues sur son entrée "+", et du nombre d'impulsions de référence FR reçues sur son entrée "-", tel que décrit dans le document EP-A-0679 968 susmentionné. L'état ou le niveau du signal AV disponible en sortie du comparateur Cmp indique alors si les pulsations du rotor sont en avance ou pas sur la fréquence de référence FR.

**[0042]** Le circuit d'asservissement comporte enfin un temporisateur Tmr, ou registre, délivrant des impulsions de durée déterminée. Une première des deux entrées du temporisateur Tmr est connectée à la sortie du circuit Inh, et l'autre entrée reçoit du diviseur Div les impulsions Fi utilisées pour déterminer la durée des impulsions de sortie. Le temporisateur comporte encore une borne de validation recevant le signal AV du comparateur Cmp. Le temporisateur Tmr délivre à sa sortie des impulsions de freinage, référencées IF, de durée fixe après l'apparition d'impulsion de mesure IN, si toutefois le signal AV

indique que les pulsations du rotor sont en avance sur la fréquence de référence FR.

**[0043]** Dans l'exemple de réalisation suivi, le freinage aura bien une durée inférieure à 5 ms, en programmant un compteur interne de temporisateur Tmr dénombrant vingt impulsions F1 ayant une période de 0,244 ms pour générer une impulsion de freinage IF ayant donc une durée de 4,88 ms.

**[0044]** Des modes de réalisation préférés de temporisateur Tmr seront détaillés à la suite de la description des moyens de mesure de la pulsation du rotor.

**[0045]** La figure 6 représente un exemple de chronogramme de la tension alternative Ug délivrée par le générateur 3 lorsque des impulsions de freinage sont appliquées. Sur la figure 6, on voit en traits pointillés, deux niveaux de tension de seuil Uth et Utb de valeur réduite par rapport à l'amplitude de la tension Ug. Le seuil Uth est positif, légèrement supérieur à la valeur de référence 0 de la tension alternative Ug. Le seuil Utb est négatif, de préférence, symétrique au seuil Uth par rapport à la tension 0.

**[0046]** De préférence, l'invention prévoit en effet que les moyens de mesure de la pulsation comportent un amplificateur à hystérésis ou "trigger" de Schmidt, référencé Trig sur la figure 5. La figure 7 montre un chronogramme d'impulsions obtenues à la sortie de l'amplificateur Trig. On voit que la sortie IM de l'amplificateur passe à un premier niveau (état 0) à partir de l'instant b2 auquel la tension d'entrée Ug devient inférieure au seuil inférieur Utb; la sortie IM reste à ce premier niveau tant que la tension Ug n'est pas supérieure au seuil supérieur Uth. A l'instant h3, la tension Ug dépassant ce seuil Uth, et la sortie IM passe à un second niveau (état "1"), en générant ainsi une impulsion H3 qui dure réciproquement jusqu'à l'instant b4 quand la tension Ug descend sous le seuil inférieur Utb. La réalisation d'un tel amplificateur (également appelé bascule de Schmidt ou "Schmidt-trigger") étant bien connu des spécialistes et ne sera donc pas détaillée ici.

**[0047]** Un avantage d'un tel amplificateur à hystérésis est d'être peu sensible aux bruits électriques, contrairement aux comparateurs à seuil unique de l'état de la technique (voir figure 1). En particulier, le "trigger" Trig à double seuil Uth, Utb n'enregistre pas les parasites de tension inférieure à la différence des seuils Uth - Utb.

**[0048]** De plus, le "trigger" de Schmidt avec seuil positif Uth et seuil négatif Utb ne devrait pas être sensible au retour de la tension Ug à la valeur 0 pendant les périodes de freinage.

**[0049]** Toutefois pour disposer de deux tensions de seuil opposées Uth et Utb, le circuit électronique 1 dispose de préférence d'une alimentation symétrique continue V-, V0, V+. Classiquement, une bonne alimentation symétrique comporte un générateur à point milieu et un redresseur simple avec un condensateur entre deux sorties V+ et V-, la sortie de référence V0 étant prise au point milieu. Cette solution a pour inconvénient de diminuer de moitié l'amplitude de la tension alternative Ug

mesurable, amplitude déjà faible aux bornes d'une bobine 3b miniature.

**[0050]** Le mode de réalisation préféré de l'invention comporte un redresseur 5 symétrique tel qu'illustré à la figure 5. Ce redresseur comprend notamment une sortie de référence Vo reliée à la borne de référence B0 du générateur 3, et deux condensateurs disposés respectivement entre une sortie de tension V+ ou V-, et la sortie V0. Le fonctionnement du circuit redresseur 5 destiné à réguler l'alimentation continue du circuit électronique 1 ne sera pas décrit en détail car il peut être réalisé de diverses manières bien connues des spécialistes.

**[0051]** On notera cependant que chaque condensateur est rechargé à chaque alternance sensiblement au niveau de la valeur crête de la tension alternative Ug.

**[0052]** A la figure 7, on voit que le signal de sortie IM du "trigger" Trig ne reste pas au niveau bas (état "0") pendant que la tension Ug est inférieure au seuil inférieur Utb du "trigger" Trig donc à partir de l'instant b4, mais que ce signal IM présente des impulsions dédoublées H3 et H5.

**[0053]** La Demanderesse a découvert, au cours d'expérimentations élaborées, que ce phénomène surprenant se produit lors de freinage pendant la demi-alternance négative comme illustré aux figures 6 à 11. Un cycle de freinage est par exemple représenté à la figure 10 par l'état "1" du signal AV. Le phénomène semble dû à la dérive des seuils Uth et Utb du "trigger" de Schmidt Trig. On remarque en effet qu'il n'y a pas de dédoublement d'impulsion au début du cycle de freinage. La figure 7 montre par exemple l'absence de dédoublement au début de l'impulsion H3, au moment de la première impulsion de freinage F3, représentée schématiquement à la figure 11. Le dédoublement de l'impulsion H3-H5 apparaît seulement à la seconde impulsion de freinage F4. En fait, la valeur crête de la tension alternative Ug est diminuée après la première impulsion F3 de freinage. Aussi, la valeur de la tension redressée V+ s'affaiblit. Cette dérive de la tension d'alimentation semble provoquer une dérive des seuils Uth et Utb du "trigger" Trig. Ainsi on a constaté que, à l'impulsion de freinage F4 suivante, la chute de la tension Ug peut atteindre une valeur supérieure au seuil Uth en déclenchant donc l'apparition d'une impulsion parasite H5 représentée à la figure 7. Le phénomène peut être provoqué aussi par l'existence d'une certaine tension de déchet aux bornes de l'interrupteur K (voir figure 5). Cette tension de déchet pourrait empêcher la tension Ug de revenir à une valeur strictement nulle.

**[0054]** Pour éviter ce problème, l'invention prévoit des moyens d'inhibition synchrone des impulsions de mesure.

**[0055]** A cet effet, le circuit électronique 1 selon l'invention comporte en outre un circuit d'inhibition synchrone Inh recevant les impulsions de mesure IM délivrés par le comparateur à seuil Trig, l'ensemble constituant ainsi les moyens de mesure de la pulsation du rotor 3a.

**[0056]** L'expression générale d'"inhibition synchrone"

sera entendue comme une inhibition déclenchée par des signaux, de préférence par des impulsions internes au système formé par la pièce d'horlogerie, son générateur, le circuit électronique et son oscillateur. En particulier, l'inhibition d'impulsions de mesure pourra être synchronisée sur les impulsions elles-mêmes, une première impulsion déclenchant l'inhibition de l'apparition des impulsions suivantes. Comme divers équivalents sont à la portée du spécialiste, la présente demande vise tout "inhibition synchrone" sans préciser la source de synchronisation.

**[0057]** Selon un premier mode de réalisation, le circuit d'inhibition Inh comporte une base de temps (interne ou externe) et, normalement, il transmet les impulsions de mesure IM venant de l'amplificateur Trig directement vers le temporisateur Tmr. Toutefois, quand le circuit d'inhibition Inh est activé, le circuit ne transmet plus les impulsions IM, pendant une durée d'inhibition. L'inhibition débute lors de l'apparition et/ou de la disparition d'une impulsion, c'est-à-dire que le circuit d'inhibition réagit sur les flancs montant ainsi que descendant des impulsions IM, et sa durée d'activation est temporisée par sa base de temps. Par exemple, en se reportant à la figure 6 et aux figures 7, et 8 qui représentent respectivement les différentes impulsions transmises par l'amplificateur Trig (figure 7) et par le circuit d'inhibition Inh (figure 8), le circuit d'inhibition transmet normalement les impulsions de mesure H1, H3 et H7, respectivement sous forme d'impulsions M1, M3 et M5, car leurs transitions aux instants b2, h3, b4, h7 sont séparées par des intervalles de temps supérieurs au temps d'inhibition ti. Mais ce circuit d'inhibition ne transmet pas l'impulsion parasite H5 qui apparaît pendant le temps d'inhibition ti débutant au front descendant (instant b4) de l'impulsion H3, voir la figure 8.

**[0058]** Selon une variante non représentée du premier mode de réalisation, le circuit d'inhibition génère une impulsion normale IN de durée déterminée à chaque front d'impulsion de mesure IM sauf si ce front apparaît pendant une impulsion normale IN. Un tel circuit d'inhibition peut être réalisé de façon analogue au temporisateur Tmr précité. Le circuit Inh comporte par exemple un monostable multivibrateur sensible aux transitions des impulsions de mesure IM appliquées à son entrée. Au front montant d'une impulsion IM, le monostable délivre ainsi en sortie une impulsion normale IN de durée déterminée. De même, au front descendant d'une impulsion IM, le monostable délivre une autre impulsion normale IN de durée déterminée. On notera qu'un tel monostable délivre deux impulsions normales IN à chaque pulsation du rotor, donc que la fréquence des impulsions normales IN devra être comparée à une fréquence de référence FR double. On comprend que d'autres circuits d'inhibition équivalents bien connus des spécialistes peuvent également être utilisés.

**[0059]** Selon un autre mode de réalisation, illustré à la figure 5, le circuit d'inhibition reçoit sur une entrée des impulsions IF, représentée à la figure 11, chacune étant une commande de freinage pour freiner le rotor du gé-

nérateur, issue du temporisateur Tmr et l'inhibition correspond à la durée de freinage tf, voir figure 11. En effet, comme on l'a observé, les impulsions parasites de doublement apparaissent seulement pendant le freinage. On réalise ainsi une inhibition synchrone avec l'avantage de la simplicité.

**[0060]** Le mode de réalisation préféré de l'invention comporte toutefois une commande d'inhibition II de durée supérieure à la commande de freinage IF, et couvrant tous les instants de freinage. L'impulsion d'inhibition II couvre ainsi les instants suivants la fin de l'impulsion de freinage IF et l'apparition de l'impulsion II précède éventuellement l'apparition de cette impulsion IF. Ce "débordement" garanti que des retards de propagation de l'inhibition ou du freinage ou de la tension Ug ne déclenchent encore des impulsions parasites. Dans le mode de réalisation préférée de l'invention, Le temporisateur Tmr comporte deux sorties qui délivrent une impulsion d'inhibition II et une impulsion de freinage IF corrélées.

**[0061]** Le concept de "corrélation" désigne l'apparition simultanée, ou avec un délai de temps sensiblement constant de deux phénomènes physiques comme des signaux ou impulsions. On notera cependant que ces deux phénomènes peuvent avoir des durées différentes. Par exemple des impulsions corrélées temporairement peuvent avoir des largeurs différentes, ce qui est bien connu de l'homme du métier.

**[0062]** Pour illustrer la corrélation des impulsions issues du temporisateur Tmr du mode de réalisation préféré, reprenons l'exemple dans lequel, le temporisateur Tmr reçoit les impulsions F1 de période 0,244 ms sur une première entrée connectée à la sortie du diviseur Div. Quand une impulsion normale IN apparaît sur l'autre entrée, qui est connectée à la sortie des moyens d'inhibition, et si l'état du signal d'avance AV le commande au moyen d'une impulsion sur l'entrée de validation du temporisateur (voir la figure 5), le temporisateur Tmr délivre immédiatement une impulsion d'inhibition II. Une impulsion de freinage IF apparaît également à la sortie du temporisateur Tmr avec un retard d'une période F1 de 0,244 ms sur le début de l'impulsion d'inhibition II et un compteur interne limite sa durée à 21 impulsions F1 soit 5,124 ms. En effet, le compteur interne doit assurer que la durée de freinage est autour de 5 ms. Un autre compteur interne limite la durée de l'impulsion II à 25 impulsions F1, soit 6,1 ms. L'impulsion d'inhibition II finit donc 0,732 ms après la fin de l'impulsion de freinage IF.

**[0063]** Un mode de réalisation de circuit électronique de temporisateur Tmr fournissant de telles impulsions d'inhibition II et impulsions de freinage IF va maintenant être décrit en détail en se référant à la figure 12. Le circuit représenté est un circuit logique recevant les signaux d'impulsions de fréquence intermédiaire F1, le signal AV d'avance (ou de retard) et les impulsions de mesure IM précités et délivrant des signaux d'impulsions de freinage IF, d'impulsions d'inhibition II et d'impulsions normales IN précités.

**[0064]** Le circuit logique de la figure 12 comporte un

registre à décalage Reg, recevant les impulsions F1 en entrée d'horloge, le registre ayant quatre sorties R0, R1, R2 et R3, sur lesquelles apparaissent successivement une impulsion.

**[0065]** Selon l'exemple de réalisation précédent, les impulsions F1 ont une période de 0,244 ms. La sortie R3 génère ainsi des impulsions ayant une période de 0,976 ms, similaires mais retardées de 0,244 ms par rapport aux impulsions de la sortie R2. De plus, le registre Reg comporte une borne d'activation S qui est reliée à la sortie d'une porte "ET", référencée And, effectuant l'opération logique ET entre le signal d'avance AV et le signal d'impulsions de mesure IM. Lorsque la borne S passe à l'état "1", le registre Reg est activé et la sortie R1 passe à l'état "1". A l'impulsion F1 suivante, la sortie R2 passe à l'état "1", la sortie R1 étant remise à l'état "0".

**[0066]** La sortie R3 est connectée à un compteur Cptr qui va permettre de limiter la durée des impulsions IF, II et IN. Le compteur peut par exemple s'incrémenter jusqu'à la valeur cinq, une sortie de retenue Q passant à l'état "1" après un décompte de cinq impulsions R3. Le comptage est initialisé et la sortie Q est remise à l'état "0" si la borne d'initialisation R est à l'état "1". La sortie Q du compteur Cptr est connectée à l'entrée d'horloge d'une bascule Fli, de type bascule D. Cette bascule comporte encore une entrée de donnée recevant l'état "0". Une borne S de mise à un, permet de forcer l'état des sorties Q et NQ respectivement aux états "1" et "0". La borne S de mise à un est également connectée à la sortie de la porte logique And.

**[0067]** Considérons que les pulsations du rotor sont en avance sur la fréquence de référence FR. Le signal d'avance AV est dans l'état "1". A l'instant h, lorsque la tension Ug dépasse, en montant, le seuil Uth, une impulsion de mesure IM passe à l'état "1". Les bornes S du registre Reg et de la bascule Fli sont alors dans l'état "1". La bascule Fli est activée et sa sortie Q passe à l'état "1". Le signal de sortie Q de la bascule Fli est appliqué à une entrée d'une porte "Ou", référencée Ou, dont la sortie délivre les impulsions d'inhibition II. Dès l'instant h, le signal d'impulsions d'inhibition II passe donc à l'état "1". La porte Ou effectue en fait l'opération logique OU entre la sortie Q de la bascule Fli et une sortie Q d'une autre bascule Flo. Cette deuxième bascule Flo, de type bascule D, reçoit sur son entrée de donnée le signal de sortie Q de la bascule Fli. Cependant, le signal de sortie R2 du registre à décalage Reg est appliqué à l'entrée d'horloge de la bascule Flo. Le transfert de la donnée Q sur la sortie de la bascule Fli sera ainsi retardé jusqu'à la transition suivante du signal R2. Les deux sorties Q des bascules Fli et Flo sont également appliquées aux deux entrées d'une porte Et effectuant l'opération logique ET. La sortie de la porte Et fournit enfin le signal d'impulsions de freinage IF.

**[0068]** En reprenant l'exemple de réalisation précédent, la transition du signal R2 se produit 0,244 ms après l'instant h. De sorte que l'impulsion de freinage IF apparaît 0,244 ms après l'apparition de l'impulsion d'inhibition

II.

**[0069]** Par ailleurs, la sortie NQ de la bascule Fli est connectée à la borne d'initialisation R du compteur Cptr. A l'instant h, la sortie NQ passant à l'état "0", le compteur est activé et se met à compter les impulsions R3 issues du registre Reg. Selon l'exemple de comptage, après cinq périodes d'impulsions R3, la sortie Q du compteur Cptr passera à l'état "1". Cette transition sur l'entrée d'horloge conduit la bascule Fli à reproduire en sortie Q l'état "0" de la donnée. La sortie NQ passe alors à l'état "1" en initialisant le compteur Cptr et sa sortie Q. Les sorties Q du compteur Cptr et de la bascule Fli restent alors à l'état "0", cette situation perdurant tant qu'une transition de l'état "0" à "1" n'apparaît pas sur la borne S de mise à un de la bascule Fli.

**[0070]** Selon l'exemple de réalisation précédent, le comptage du compteur Cptr est synchronisé sur le signal R3 0,488 ms après l'instant h. Le comptage dure 4,88 ms comme indiqué précédemment. Donc 5,368 ms après l'instant h, la sortie Q du compteur Cptr passe à l'état "1". Aussitôt les sorties Q et NQ de la bascule Fli repassent aux états "0" et "1" respectivement. Le compteur est réinitialisé et le reste jusqu'à une nouvelle impulsion de mesure IM. Le signal d'impulsion de freinage IF repasse ainsi à l'état "0" à l'instant h+5,368 ms.

**[0071]** Cependant, la sortie Q de la bascule Flo est toujours à l'état "1" jusqu'à la transition suivante de la sortie R2 du registre Reg.

**[0072]** Selon l'exemple de réalisation, cette transition se produit 0,732 ms après la réinitialisation du compteur Cptr, soit à l'instant h + 6,1 ms. L'impulsion d'inhibition II disparaît ainsi 0,732 ms après la disparition de l'impulsion de freinage IF.

**[0073]** Les signaux du circuit de temporisateur Tmr restent dans cet état tant qu'une nouvelle impulsion de mesure IM n'apparaît pas.

**[0074]** Finalement, on voit que le circuit de temporisateur Tmr délivre des impulsions d'inhibition II et de freinage IF corrélées, la durée d'une impulsion d'inhibition II couvrant et débordant la durée de l'impulsion de freinage IF pour éviter toute erreur lors des commutations.

**[0075]** Le circuit de la figure 12 illustre également une réalisation de circuit d'inhibition Inh. Selon cet exemple, le circuit d'inhibition Inh est une bascule de type D sensible à l'état de l'entrée de validation E. Le signal d'impulsions d'inhibition II est appliqué à cette entrée E, l'entrée de donnée recevant les impulsions de mesure IM et la sortie de donnée délivrant les impulsions normales IN.

**[0076]** En fonctionnement, la sortie des impulsions normales IN d'un tel circuit Inh recopie l'état du signal d'impulsion de mesure IM uniquement si l'entrée de validation E est à l'état "0". Pendant l'inhibition, c'est à dire lorsque le signal d'inhibition II est à l'état "1" (entre l'instant h et l'instant h + 6,1 ms, selon l'exemple de réalisation), l'état de la sortie est inchangé quels que soient les transitions du signal d'impulsions de mesure IM.

**[0077]** On voit finalement que les moyens d'inhibition permettent d'éliminer les impulsions parasites qui occa-

sionnaient un retard non corrigé de la pièce d'horlogerie.

**[0078]** On voit en outre que les moyens d'inhibition combinés à des moyens de mesure comportant un amplificateur à hystérésis confèrent à la pièce d'horlogerie une bonne immunité aux parasites électriques en général.

**[0079]** Les condensateurs du redresseur 5 peuvent avantageusement avoir des capacités relativement faibles puisqu'il n'est plus nécessaire de fournir des tensions de seuil rigoureusement stables aux moyens de mesure.

**[0080]** L'homme du métier verra aisément que de nombreuses modifications peuvent être apportées à la pièce d'horlogerie qui vient d'être décrite sans que celle-ci sorte pour autant du cadre de la présente invention.

**[0081]** On mentionnera en particulier que les durées des impulsions de freinage IF peuvent être modulées selon l'importance de l'avance des impulsions de mesure IM sur les impulsions de référence FR. Cette variante s'applique particulièrement bien à un circuit d'asservissement comportant une boucle à verrouillage de phase, le circuit fournissant alors un signal AV dont le niveau peut varier proportionnellement au déphasage des impulsions IN par rapport aux impulsions de freinage IF, et le niveau du signal AV modulant alors la durée des impulsions de freinage IF fournit par le temporisateur Tmr.

## Revendications

### 1. Pièce d'horlogerie comprenant :

- un générateur d'énergie électrique (3) comportant un rotor (3a) et des moyens (3b) pour fournir ladite énergie électrique en réponse à une rotation dudit rotor (3a),
- une source d'énergie mécanique (2) couplée mécaniquement audit rotor (3a) pour l'entraîner en rotation,
- des moyens de mesure (Trig) couplés audit générateur (3) pour générer des impulsions de mesure de la pulsation d'une tension alternative fournie par le générateur (3) qui correspond à la pulsation du rotor (3a),
- des moyens de freinage (K) répondant à une commande de freinage pour appliquer audit rotor (3a) un couple de freinage durant des intervalles de temps limités, et
- un circuit électronique (1) comportant des moyens de référence (Osc) pour produire un signal ayant une fréquence de référence (FR), et des moyens d'asservissement (Div, Cmp, Tmr) agencés à commander lesdits moyens de freinage (K) lorsque lesdites impulsions de mesure sont en avance par rapport audit signal de référence de sorte que la fréquence de référence régule la pulsation dudit rotor et ladite source mécanique,

ladite pièce étant **caractérisée en ce que** ledit circuit électronique (1) comporte en outre des moyens d'inhibition (Inh) synchrone des impulsions de mesure (IM) et agencés de sorte qu'un dédoublement desdites impulsions de mesure soit supprimé durant lesdits intervalles de temps limités de freinage.

2. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** lesdits moyens d'inhibition (Inh) sont corrélés avec les moyens de freinage (K).
3. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'**une commande de freinage (IF) fournie par la boucle d'asservissement est également utilisée pour commander lesdits moyens d'inhibition (Inh), la boucle contrôlant une temporisation de cette commande.
4. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** lesdits moyens d'inhibition (Inh) inhibent la transmission des impulsions de mesure (IM) pendant une durée temporisée, l'inhibition étant déclenchée lors de l'apparition ou de la disparition d'une impulsion de mesure.
5. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** lesdits moyens de mesure (Trig) comportent un filtre à hystérésis tel qu'un amplificateur de Schmidt.
6. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le générateur électrique est relié à un redresseur fournissant une alimentation symétrique.

## Claims

### 1. Timepiece comprising :

- an electrical energy generator (3) comprising a rotor (3a) and means (3b) for supplying said electrical energy in response to rotation of said rotor (3a),
- a source of mechanical energy (2) mechanically coupled to said rotor (3a) to cause said rotation of said rotor,
- measuring means (Trig) coupled to said generator (3) for producing measurement pulses of the angular frequency of an alternating voltage supplied by the generator (3) which corresponds to the angular frequency of the rotor (3a),
- braking means (K) responsive to a braking command signal for applying a braking torque to said rotor (3a) during limited time intervals, and
- an electronic circuit (1) comprising reference

means (Osc) for producing a signal having a reference frequency (FR), and slaving control means (Div, Cmp, Tmr) arranged to control said braking means (K) when said measurement pulses are ahead with respect to the reference signal such that the reference frequency regulates the angular frequency of said rotor and of said mechanical source,

said timepiece being **characterized in that** said electronic circuit (1) further comprises inhibition means (Inh) synchronous with said measurement pulses (IM) and arranged such as to avoid a splitting of said measurement pulses during said braking limited time intervals.

2. Timepiece according to claim 1, **characterized in that** said inhibition means (Inh) are correlated to said braking means (K).
3. Timepiece according to claim 1 or 2, **characterized in that** a braking command signal (IF) provided by a slave control loop is also used to control said inhibition means (Inh), the loop controlling a time delaying of said command.
4. Timepiece according to any of the claims 1 to 3, **characterized in that** said inhibition means (Inh) inhibit the transmission of measurement pulses during a time delay, the inhibition being triggered by the appearance or the disappearance of a measurement pulse.
5. Timepiece according to any of the claims 1 to 4, **characterized in that** said measuring means (Trig) comprises a hysteresis filter such as a Schmidt-amplifier.
6. Timepiece according to any of the claims 1 to 5, **characterized in that** the electrical generator is connected to a rectifier providing a symmetric power supply.

#### Patentansprüche

1. Zeitmessvorrichtung, umfassend:

- einen Generator (3) für elektrische Energie, der einen Rotor (3a) und Mittel (3b) zum Liefern der elektrischen Energie als Antwort auf eine Drehung des Rotors (3a) enthält,
- eine Quelle (2) für mechanische Energie, die mit dem Rotor (3a) mechanisch gekoppelt ist, um ihn rotatorisch anzutreiben,
- Messmittel (Trig), die mit dem Generator (3) gekoppelt sind, um Messimpulse für die Frequenz einer vom Generator (3) gelieferten Wechselspannung, die der Frequenz des Rotors (3a) entspricht, zu erzeugen,
- Bremsmittel (K), die auf einen Bremsbefehl an-

sprechen, um an den Rotor (3a) ein Bremsmoment während begrenzter Zeitperioden anzulegen, und

- eine elektronische Schaltung (1), die Referenzmittel (Osc) zum Erzeugen eines Signals mit einer Referenzfrequenz (FR) sowie Regelungsmittel (Div, Cmp, Tmr), die so beschaffen sind, dass sie die Bremsmittel (K) steuern, wenn die Messimpulse in bezug auf das Referenzsignal voreilen, umfasst, so dass die Referenzfrequenz die Frequenz des Rotors und die mechanische Quelle reguliert,

wobei die Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet ist, dass** die elektronische Schaltung (1) ausserdem Mittel (Inh) zum synchrones Sperren der Messimpulse (IM) enthält, die so beschaffen sind, dass eine Verdoppelung der Messimpulse während der begrenzten Bremszeitperioden unterdrückt wird.

2. Zeitmessvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sperrmittel (Inh) mit den Bremsmitteln (K) in einer Wechselbeziehung stehen.
3. Zeitmessvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bremsbefehl (IF), der von der Regelungsschleife geliefert wird, auch zum Steuern der Sperrmittel (Inh) verwendet wird, wobei die Schleife eine Verzögerung dieses Befehls steuert.
4. Zeitmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sperrmittel (Inh) die Übertragung der Messimpulse (IM) während einer verzögerten Dauer sperren, wobei die Sperrung bei Auftreten oder Verschwinden eines Messimpulses ausgelöst wird.
5. Zeitmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messmittel (Trig) ein Hysterese-Filter wie etwa einen Schmidt-Verstärker umfassen.
6. Zeitmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stromgenerator mit einem Gleichrichter verbunden ist, der eine symmetrische Versorgung schafft.

Fig .1

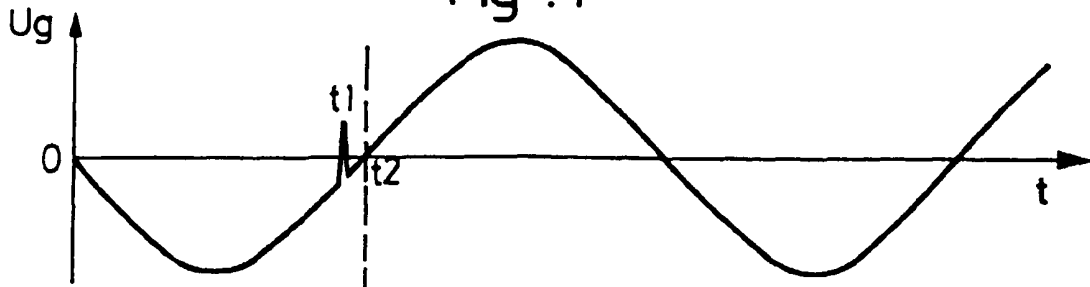


Fig .2

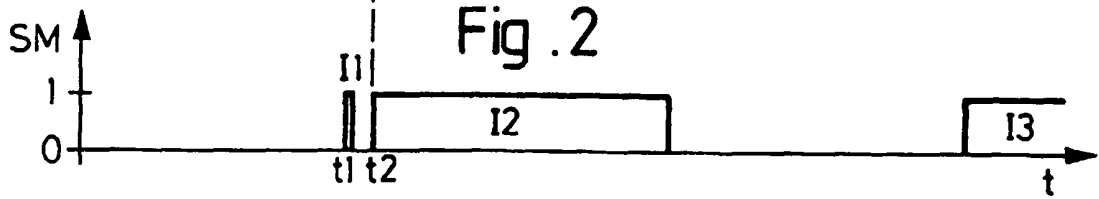


Fig .3

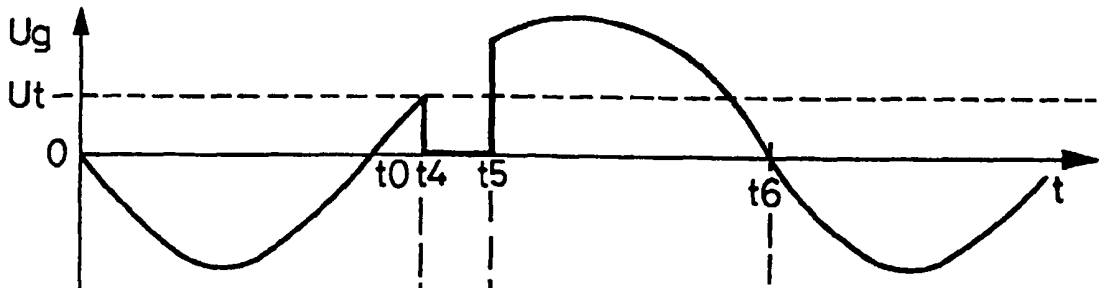
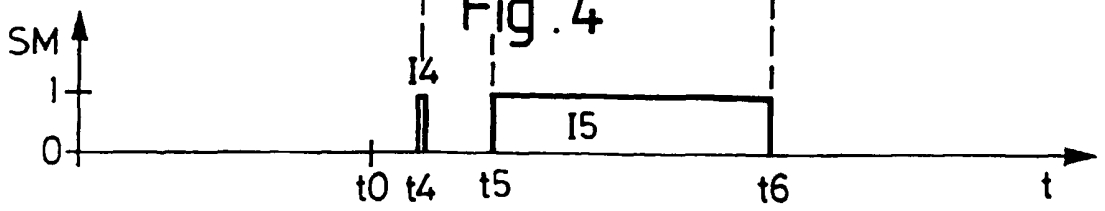


Fig .4



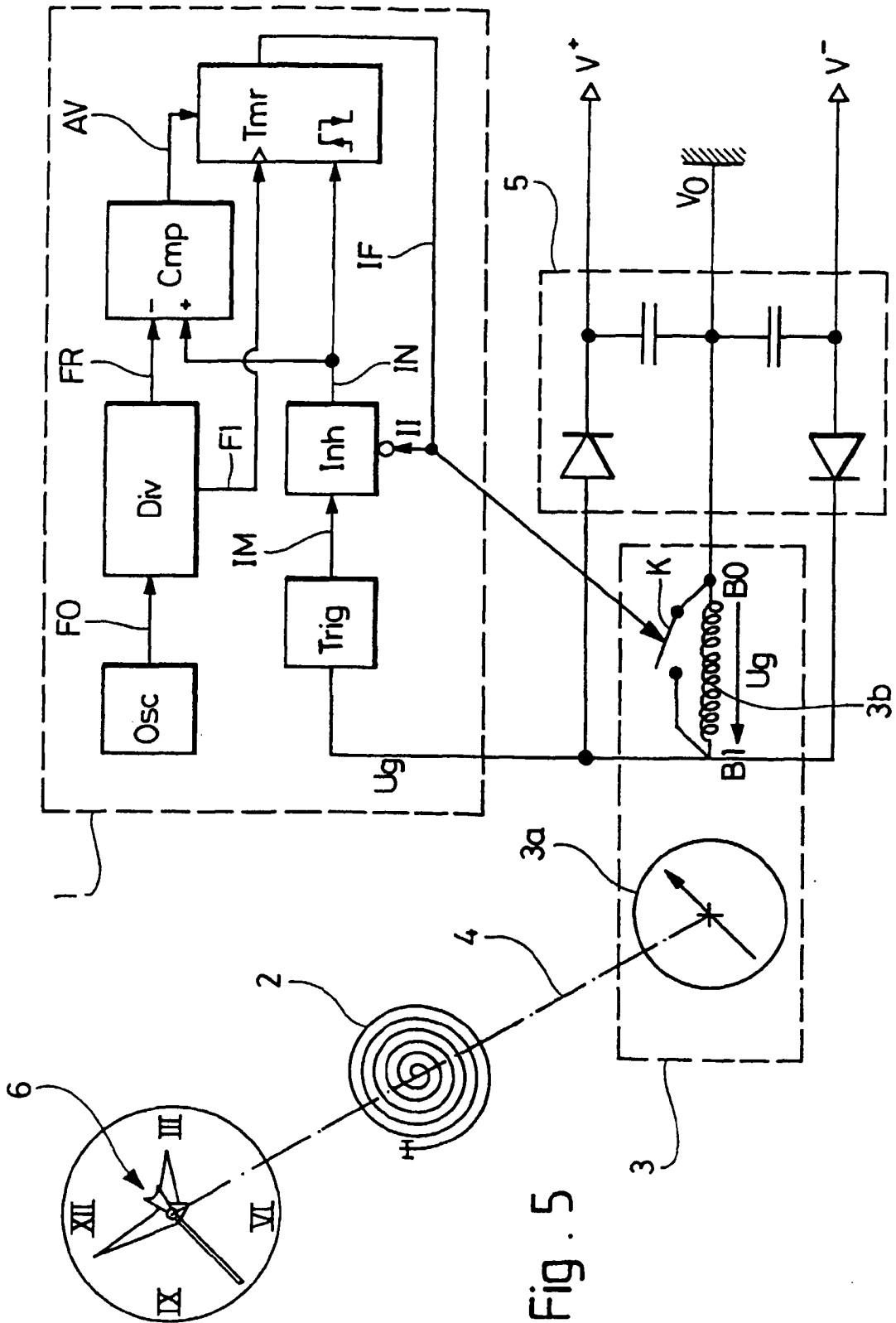


Fig. 5

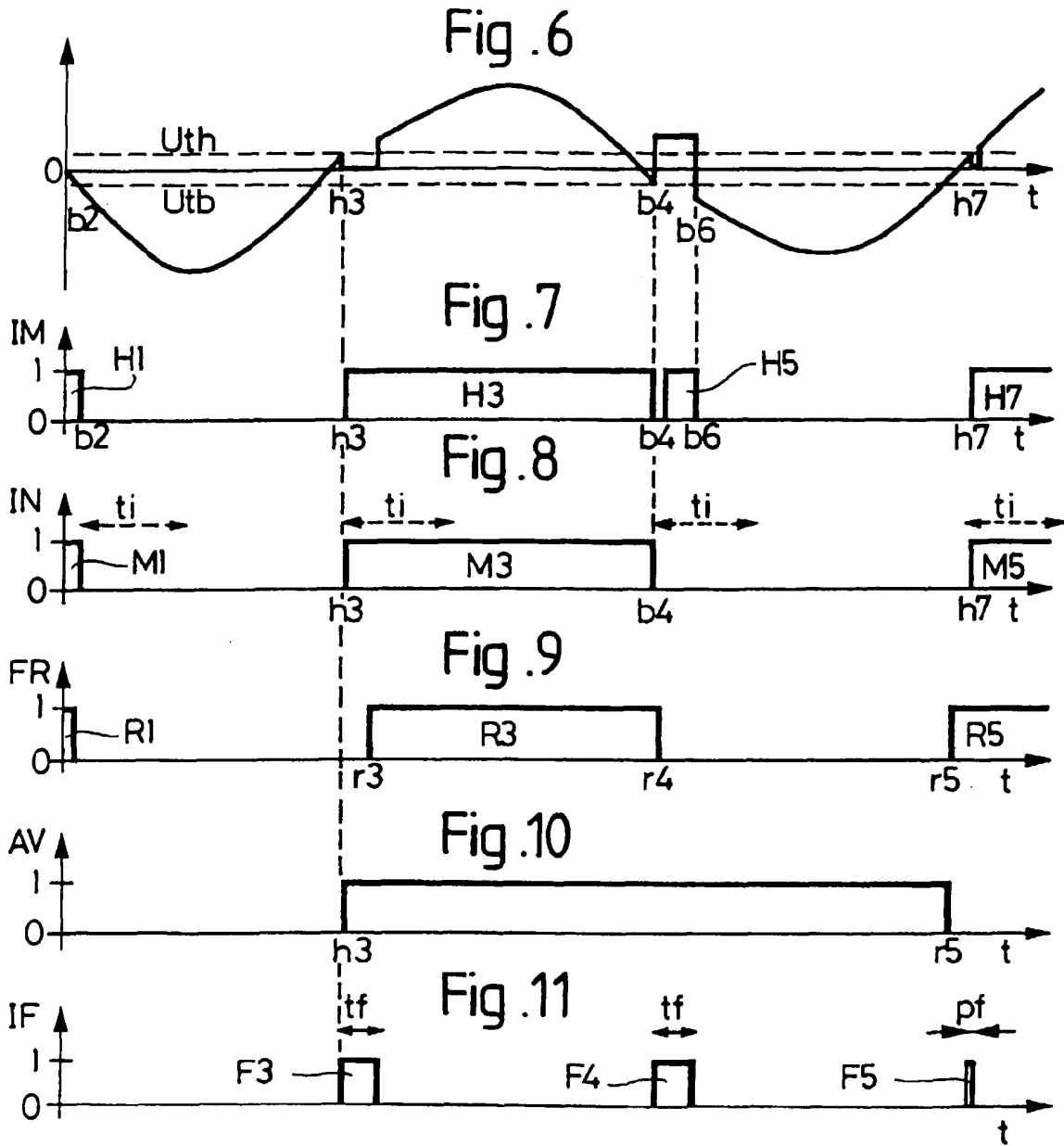


Fig . 12

