

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 729 082 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**13.01.1999 Bulletin 1999/02**

(51) Int Cl.6: **G04F 10/04, G04F 10/10**

(21) Numéro de dépôt: **96400306.5**

(22) Date de dépôt: **14.02.1996**

(54) **Chronométrie électronique très précise d'un événement**

Sehr genaue Chronometrierung eines Vorfalles

Very precise chrono-measurement of an event

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE**

(30) Priorité: **22.02.1995 FR 9502058**

(43) Date de publication de la demande:  
**28.08.1996 Bulletin 1996/35**

(73) Titulaire: **DASSAULT ELECTRONIQUE  
F-92210 Saint-Cloud (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Potier, Thierry  
78610 Auffargis (FR)**

• **Geesen, Michel  
92160 Antony (FR)**

(74) Mandataire: **Plaçais, Jean-Yves  
Cabinet Netter,  
40, rue Vignon  
75009 Paris (FR)**

(56) Documents cités:  
**DE-A- 2 855 819**                      **FR-A- 1 520 487**  
**FR-A- 1 578 540**

**EP 0 729 082 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

L'un des aspects de la chronométrie est la datation d'un événement par rapport à une référence de temps.

Réaliser électroniquement cette chronométrie est connu, mais devient particulièrement difficile lorsqu'une très grande précision est nécessaire, comme c'est le cas par exemple pour la chronométrie de l'arrivée de faisceaux laser, à des fins de mesure de distance, ou d'autres opérations fondées sur le temps, comme la synchronisation d'horloges distantes.

On considère ici qu'un événement est une transition d'un signal électrique détectant l'arrivée du faisceau laser, d'un niveau bas à un niveau haut. Le point de départ de la chronométrie est supposé connu.

Les fascicules-brevets FR-B-2 492 563 et plus particulièrement FR-B-2 493 553 ont décrit des solutions avec lesquelles la précision envisageable descend sous la nanoseconde, ainsi que différentes applications où cette précision est souhaitée.

La présente invention vise à faire mieux, notamment en descendant sous la centaine, ou mieux encore la dizaine de picosecondes.

De façon connue, le dispositif proposé comprend:

- une horloge formant référence de temps,
- des moyens pulsés par l'horloge, pour effectuer une chronométrie primaire de l'événement, à une période d'horloge près,
- des moyens logiques pour engendrer un créneau temporel, lié à l'écart temporel entre l'événement et une impulsion d'horloge de position connue par rapport à l'événement,
- un circuit à constante de temps, recevant ce créneau temporel, pour engendrer en réponse un signal électrique de durée fortement supérieure à celle du créneau temporel, et
- des moyens de mesure d'une grandeur physique relative à ce signal électrique, et représentative de la durée du créneau temporel, permettant par là une chronométrie secondaire de l'événement.

D'après le document FR-B-2 493 553, le créneau temporel commence avec l'événement, et se termine avec l'impulsion d'horloge suivante. Le circuit à constante de temps est un double intégrateur, utilisant la charge rapide d'un condensateur pendant le créneau temporel, suivie d'une décharge lente. Le temps de décharge définit un second créneau temporel. Le circuit peut être aménagé pour que la durée du second créneau temporel soit augmentée selon une loi connue, sensiblement monotone, par rapport à la durée du premier créneau temporel (d'où l'étirement temporel). Un compteur secondaire mesure alors la durée du second

créneau temporel, qui fournit la chronométrie secondaire fine de l'événement, de préférence par rapport à la même horloge.

La présente invention vient proposer une meilleure solution.

Tout d'abord, les moyens logiques sont aménagés pour produire un créneau temporel qui commence en un temps lié à l'événement et se termine en une impulsion d'horloge qui est au moins la seconde rencontrée après son début. En conséquence, la durée du créneau temporel devient supérieure ou égale à la période  $T_0$  de l'horloge. Elle est comprise entre  $T_0$  et  $(k+1) \cdot T_0$ , avec  $k$  au moins égal à 1.

Ensuite, le circuit à constante de temps est un filtre de caractéristiques choisies, possédant une constante de temps supérieure, en principe largement supérieure, à la durée nominale du créneau temporel.

Enfin, les moyens de mesure opèrent sur une partie choisie de la réponse du filtre au créneau temporel.

De préférence, le filtre est un filtre passe-bas, la partie choisie de sa réponse est au voisinage du maximum de cette réponse, et l'on a observé que l'amplitude de cette partie est alors représentative de la durée du créneau temporel.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, ainsi que des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est le schéma électrique simplifié d'un mode de réalisation de la présente invention;
- la figure 2 est un schéma détaillé de l'unité logique 2 de la figure 1;
- la figure 3 illustre quatre diagrammes temporels qui se correspondent et sont utiles à la compréhension de la figure 1;
- les figures 4A à 4C sont trois groupes de diagrammes temporels permettant de mieux comprendre la calibration du dispositif selon l'invention;
- la figure 5 est un schéma de principe détaillé du groupe d'éléments FPB, APO, et SB correspondant au mode de réalisation de la figure 1; et
- la figure 6 est un diagramme temporel permettant de mieux comprendre le fonctionnement du dispositif selon l'invention, à propos du schéma de la figure 5.

Les dessins annexés comportent de nombreux éléments de caractère certain, qu'il est difficile de définir complètement par le texte. En conséquence, ils font à ce titre partie intégrante de la description, et pourront contribuer à la définition de l'invention.

Il a déjà été indiqué que l'invention concerne la chronométrie très fine. A l'échelle souhaitée, sous la na-

noseconde, on ne va pouvoir dater un événement qu'à partir d'un instant de référence déterminé, mieux perceptible à l'homme que l'ordre de grandeur de la nanoseconde.

Sur la figure 1, le circuit comporte une horloge 1 opérant à une fréquence  $F_0$  qui est par exemple de 200 MHz. Cette horloge est d'une stabilité convenable pour la précision désirée, ce qui est considéré ici comme accessible à l'homme du métier. Le signal délivré par cette horloge 1 sert de premier signal d'entrée à une unité 2 regroupant des circuits logiques.

Cette unité 2 reçoit sur une seconde entrée EV, un second signal électrique, en échelon. Ce signal EV en échelon représente l'événement à dater. Cet échelon représente par exemple le temps de montée d'un photodétecteur recevant un faisceau laser.

Dans un mode de réalisation particulièrement performant, la présente invention vise à atteindre une précision temporelle de 2 à 3 picosecondes en valeur moyenne quadratique (RMS), pour un signal électrique en échelon dont le temps de montée est de 200 picosecondes.

Vue la précision recherchée, il convient d'utiliser des circuits électroniques logiques qui commutent très rapidement. A cet effet, les circuits logiques regroupés dans l'unité 2 sont de technologie ECL.

Pour décrire plus en détail l'unité 2, on se réfère à la figure 2, sur laquelle les composants logiques schématisés par des carrés sont de type "flip-flop".

Pour la raison déjà indiquée, il est procédé tout d'abord à un comptage primaire. A cet effet, la partie 21 de l'unité 2 comprend un compteur 210, recevant sur une première entrée CLK les impulsions de fréquence  $F_0$  et de période  $T_0 = 1/F_0$ , provenant de l'horloge 1. Le départ du comptage commence à un instant TRF, défini également par un signal en échelon ou une impulsion venant valider le compteur 210. Le comptage s'arrête au moment où un signal représentatif de l'échelon EV est appliqué à la seconde entrée PRE du compteur 210, après avoir traversé les composants FF1, CL3, FF3 et FF2.

A un moment approprié, l'état du compteur est stocké, par exemple dans un registre 212, qui est propre alors à fournir un signal numérique CHR1, représentant la chronométrie primaire, en principe non ambiguë mais dont la précision est limitée par la période d'horloge  $T_0$ . Le mode de transfert de l'état du compteur 210 dans le registre 212 peut dépendre du fait que le compteur 210 est synchrone ou asynchrone. On trouvera à cet effet des indications dans FR-2 492 563, déjà cité.

Ce qui vient d'être décrit correspond aux quatre premières lignes du chronogramme de la figure 3. Dans l'exemple illustré, l'échelon EV à dater (troisième ligne en partant du haut) intervient pendant le Nième état du compteur 210 à partir de l'instant de référence TRF. La valeur numérique CHR1 prélevée par la commande synchrone PRE et N ou N+1 selon la réalisation de la partie 21.

L'unité logique 2 comprend également un étage 22, dont la fonction est d'engendrer un créneau temporel IMP(t) (plus précisément un signal électrique formant créneau temporel), lié à l'écart temporel entre l'événement EV et une impulsion d'horloge de position connue par rapport à cet événement. IMP(t) résulte d'une opération logique, effectuée par le composant logique CL1, entre l'échelon EV issu de FF1 et le signal issu du troisième composant flip-flop FF3, représentatif des impulsions d'horloge de position délivrées par l'horloge 1. IMP(t) est représenté sur la dernière ligne de la figure 3.

Dans cet exemple, l'impulsion d'horloge de position connue correspond à la N+2(ième) impulsion de l'horloge 1, c'est-à-dire la seconde impulsion d'horloge qui suit l'échelon EV. On obtient ainsi le créneau temporel, noté IMP(t).

Mais, FF3 délivre également sur une seconde sortie, un signal CDE0 dont le front montant coïncide avec la fin du créneau temporel IMP(t). Cette impulsion CDE0 est appliquée sur la première entrée ARM d'un circuit numérique de temporisation 228 propre à fournir un retard temporel  $T_E$ , et dont la base de temps est le signal d'horloge 1 appliqué sur sa deuxième entrée CLK, ce qui fournit en sortie du circuit de temporisation 228 un signal CDE qui servira à commander l'échantillonnage de l'événement, lequel sera décrit plus loin.

Dès la génération du créneau IMP(t) par un échelon EV, la sortie Q de FF1 est maintenue à 0 grâce à la mémoire de FF2, ceci ayant pour effet d'ignorer tous les échelons EV postérieurs tant qu'une commande RESET=1 n'a pas été envoyée.

De préférence, l'unité 2 comporte encore un sous-ensemble 23, pour engendrer deux créneaux de calibration notés IMP1(t) et IMP2(t), respectivement de durée  $T_0$  et  $2T_0$ . Ce sous-ensemble 23 comprend plus particulièrement les deux composants flip-flop FF4 et FF5, dont les sorties respectives sont couplées par un second composant logique CL2 qui délivre le résultat de ses opérations logiques à FF3.

La synthèse des créneaux de calibration a lieu lorsque l'entrée EV est désactivée, c'est-à-dire après un créneau IMP(t) et avant la commande RESET=1 (les sorties Q de FF1 et FF2 sont alors à 0). Cette synthèse est commandée par un front montant du signal C\_IMP et le choix de IMP1(t) ou de IMP2(t) dépend de l'état du signal  $1/2$  :

- si  $1/2 = 1$  : la sortie Q de FF5 est maintenue à 0 et IMP1(t) est généré par FF3, FF4, CL2 et CL3 via CL1.
- Si  $1/2 = 0$  : FF5 est active et le créneau double IMP2(t) est généré par FF3, FF4, FF5, CL2 et CL3 via CL1.

Les signaux de commande C\_IMP,  $1/2$  et RESET sont issus d'un microprocesseur 5 qui sera décrit plus loin.

Comme indiqué sur la figure 4, les créneaux IMP1(t) et IMP2(t) permettent de fournir un encadrement de la durée du créneau IMP(t).

Ainsi, le signal en créneau IMP1(t) (figure 4B) correspond à la durée minimale de IMP(t), qui est la période  $T_0$  de l'horloge 1. Par ailleurs, le signal en créneau IMP2(t) (figure 4C) correspond à la durée maximale de IMP(t), qui est la période  $2T_0$ .

Si l'on revient maintenant à la figure 1, les trois signaux IMP(t), IMP1(t) ou IMP2(t) sont disponibles sur la même voie, le séquençement étant géré par le microprocesseur 5 dont il sera question plus loin.

Le créneau délivré à la sortie de l'unité logique ECL 2 est appliqué à un amplificateur APO, suivi d'un filtre passe-bas FPB, puis d'un circuit de mémorisation SB, lequel est de préférence un échantillonneur-bloqueur ou un suiveur-bloqueur.

Ce filtre, cet amplificateur et ce circuit de mémorisation sont décrits plus en détail sur la figure 5.

Les créneaux sont tout d'abord appliqués à un circuit de mise en forme 30, constitué d'un amplificateur écrêteur possédant une sortie en courant. On utilise par exemple un amplificateur différentiel à transistors.

La sortie de l'étage 30 est appliquée à un premier étage de filtrage 31. Il comporte une résistance 310 de valeur  $R_1$ , un condensateur 311 de valeur  $C_1$ , et un amplificateur 315. L'amplificateur choisi dans cet exemple est un amplificateur opérationnel rapide et à faible bruit, comme le modèle AD811 de la Société ANALOG DEVICES.

Dans un mode de réalisation avantageux, la constante de temps  $\tau_1$  du circuit constitué des composants 310 et 311, formée par le produit  $R_1 \cdot C_1$ , est choisie égale à environ 100 nanosecondes.

La sortie de l'amplificateur 315 est appliquée à un second étage de filtrage 32 commençant par une résistance 320 de valeur  $R_2$ , suivie d'un interrupteur à commutation rapide 321, et d'un condensateur 322 de valeur  $C_2$ , puis d'un amplificateur 323. Cet amplificateur est réalisé de préférence à l'aide d'un amplificateur opérationnel rapide et à faible bruit, muni d'entrées de type JFET.

La constante de temps  $\tau_2$  du circuit constitué des composants 320 et 322, formée par le produit  $R_2 \cdot C_2$ , est dans un mode de réalisation avantageux choisie égale à environ 500 nanosecondes.

Dans ce montage, on a placé la constante de temps la plus faible  $\tau_1$  avant la constante de temps la plus forte  $\tau_2$ , afin de réduire l'influence du bruit de l'amplificateur 315 sur la mesure de temps T.

On observe également que l'ensemble constitué de l'interrupteur 321 et du condensateur 322 ( $C_2$ ) définit le circuit de mémorisation qui est, dans l'exemple illustré, un suiveur-bloqueur qui va servir à fixer l'amplitude du signal à un moment défini par la commande CDE, après quoi l'amplitude pourra être mesurée par un convertisseur analogique-numérique 4, dont la sortie numérique est appliquée au microprocesseur 5.

L'étage 30, non représenté sur la figure 1, translate les niveaux logiques ECL et procure une amélioration de la qualité des créneaux IMP(t), IMP1(t) et IMP2(t). Les étages 31 et 32 forment l'amplificateur APO, le filtre passe-bas FPB et le suiveur-bloqueur SB de la figure 1. En fait dans le montage décrit, le filtre passe-bas comprend les deux étages 31 et 32, et donc il inclut le circuit suiveur-bloqueur.

Bien entendu, on pourrait utiliser un échantillonneur-bloqueur à la place du suiveur-bloqueur, mais cela compliquerait le montage.

Le rôle du montage illustré sur la figure 5, est de mémoriser les signaux à la sortie du filtre  $\tau_2$  à un instant choisi, afin de l'envoyer au convertisseur analogique-numérique 4. On pourrait également utiliser un convertisseur analogique-numérique de type FLASH qui ne nécessite pas une telle mémorisation mais dont la résolution reste limitée.

Par ailleurs, certains convertisseurs analogiques-numériques possèdent déjà en interne un échantillonneur-bloqueur, ce qui pourrait simplifier le montage. Cependant, compte tenu de la précision requise, ceux-ci supportent difficilement la nature impulsionnelle des signaux à traiter.

Le microprocesseur 5 assure la gestion de l'ensemble du dispositif. Il génère donc les signaux de commande RESET, C\_IMP et  $1/\sqrt{2}$ , ce qui lui permet d'être informé en permanence du fait que la mesure en cours, et donc le signal qu'il reçoit du convertisseur analogique-numérique 4, concerne soit un créneau IMP(t) correspondant à un véritable échelon EV, soit l'un ou l'autre des créneaux de calibration IMP1(t) et IMP2(t).

On peut également munir l'unité logique 2 d'une sortie PEV destinée à prévenir le microprocesseur 5 de l'arrivée d'un échelon EV.

Les figures 1 et 6 permettront de mieux comprendre le mécanisme de fonctionnement du dispositif selon l'invention.

L'impulsion IMP(t) est très brève. Sa durée maximale est au plus égale à deux fois la période  $T_0$  de l'horloge 1, soit  $T_{\max} = 10$  nanosecondes ( $F_0 = 200$  Mhz).

La Demanderesse a observé que, lorsqu'on applique ainsi un créneau à un filtre passe-bas dont la constante de temps résultante est largement supérieure à la durée du créneau, le signal de sortie du filtre se rapproche de sa réponse dite "impulsionnelle", qui est considérablement étirée dans le temps, comme le fait apparaître la courbe tiretée V(t) de la figure 6. Dans le jargon du spécialiste, une réponse impulsionnelle est obtenue lorsque le filtre reçoit en entrée un signal dont la représentation mathématique peut être assimilée à un "Dirac".

En outre, la Demanderesse a observé que, si l'on se place au voisinage du maximum de cette réponse V(T) (ou de l'un des maxima de cette réponse), l'amplitude du signal de sortie du filtre, existant à ce moment, constitue une représentation de la durée du créneau IMP(t), et ceci d'une manière relativement indépendan-

te de la forme d'onde exacte de ce créneau. En effet, il s'avère que, par un choix convenable de l'instant d'échantillonnage et des paramètres du filtrage, on peut obtenir un signal en sortie du filtre dont l'amplitude est une fonction pratiquement linéaire.

Plus la constante de temps résultant du filtrage est grande devant la durée maximale du créneau applicable à l'entrée du filtre, meilleure est la linéarité.

La linéarité peut être encore améliorée en utilisant un filtre à deux constantes de temps en cascade  $\tau_1$  et  $\tau_2$ , comme décrit à propos de la figure 3.

Sur la figure 6, T représente la durée du créneau IMP(t), tandis que  $T_E$  est égal au retard introduit par le circuit de temporisation 228 décrit en référence à la figure 2, lequel circuit 228 assure par le signal de commande CDE le pilotage de l'interrupteur I du suiveur-bloqueur SB, lequel permet l'échantillonnage.

Dans le mode de réalisation décrit, l'intervalle de temps  $T_E$ , peut être choisi proche de 200 nanosecondes.

Après l'obtention du signal mémorisé VH(t), on procède à sa conversion analogique-numérique à l'aide du convertisseur 4 qui est par exemple du type du modèle AD779 de la Société ANALOG DEVICES.

Le même traitement est effectué sur les impulsions de calibration IMP1(t) et IMP2(t), ce qui permet d'obtenir les valeurs mesurées VH1(t) et VH2(t) de la réponse du filtre pour les créneaux temporels respectivement minimal et maximal ( $T_0$  et  $2T_0$ ).

Comme indiqué précédemment la sortie du convertisseur 4 est appliquée au microprocesseur 5, qui peut être par exemple du type du modèle 87C51 de la Société INTEL.

Lorsqu'intervient un créneau IMP(t) à mesurer, la grande linéarité que l'on obtient par un choix convenable des constantes de temps du dispositif permet de calculer la durée associée à ce signal IMP(t) par interpolation entre celles qui correspondent à la valeur minimale IMP1(t) et à la valeur maximale IMP2(t).

La Demanderesse a encore observé qu'il existe un effet du bruit de la mesure de la durée T.

Pour réduire ce bruit, on répète M fois l'application des créneaux de calibration IMP1(t) et IMP2(t), et on détermine les valeurs moyennes pour chacun d'entre eux. Il a été observé que ces valeurs moyennes donnent des résultats satisfaisants dès lors que M est égal à 4, ou plus. Des valeurs supérieures à 8 ne semblent pas apporter d'améliorations supplémentaires significatives.

Cette opération de calibration peut s'effectuer de différentes manières suivant les applications. On peut tout d'abord effectuer la calibration de temps à autre, voire seulement à la mise en service de l'appareil. Il est toutefois préférable d'effectuer la calibration à un instant le plus proche du temps réel, c'est-à-dire aussi près que possible de la mesure T proprement dite. Ceci peut se faire avant la mesure proprement dite, si le moment de celle-ci est prévisible, ou bien après, notamment dans

le cas contraire.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit.

Tout d'abord, on pourra toujours rallonger la durée du créneau temporel IMP(t), c'est-à-dire qu'au lieu de se situer dans l'intervalle des durées qui va de  $T_0$  à  $2T_0$ , on peut aller de  $2T_0$  à  $3T_0$  ou de  $3T_0$  à  $4T_0$ .

Ensuite, bien que l'invention soit ici décrite avec usage de la réponse d'un filtre passe-bas, qui a notamment l'avantage de convenir particulièrement bien pour l'incorporation d'un suiveur-bloqueur, l'invention pourrait être mise en oeuvre en utilisant la réponse impulsionnelle d'autres types de filtres, pourvu que leurs caractéristiques soient convenablement choisies.

Enfin, on peut également générer un troisième créneau de calibration de durée  $3T_0$  afin d'effectuer une interpolation parabolique permettant de minimiser l'effet des non-linéarités résiduelles du deuxième ordre.

## Revendications

1. Dispositif électronique de chronométrie très précise d'un événement, du type comprenant :

- une horloge (1),
- des moyens (21), pulsés par l'horloge, pour effectuer une chronométrie primaire (CHR1) de l'événement, à une période d'horloge près,
- des moyens logiques (22) pour engendrer un créneau temporel, lié à l'écart temporel entre l'événement et une impulsion d'horloge de position connue par rapport à l'événement,
- un circuit à constante de temps (3), recevant ce créneau temporel, pour engendrer en réponse un signal électrique de durée fortement supérieure à celle du créneau temporel, et
- des moyens (4,5) de mesure d'une grandeur physique relative à ce signal électrique, et représentative de la durée du créneau temporel, permettant par là une chronométrie fine de l'événement,

caractérisé en ce que les moyens logiques (22) sont aménagés pour produire un créneau temporel dont le début coïncide avec l'événement et dont la fin intervient à la k-ième impulsion d'horloge après ce début, avec k entier positif, en ce que le circuit à constante de temps (3) comprend un filtre (FPB) de caractéristiques choisies, et en ce que les moyens de mesure (4,5) opèrent sur une partie choisie de la réponse du filtre.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en

ce que le filtre (FPB) possède une constante de temps supérieure à la durée maximale du créneau temporel.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la constante de temps est au moins égale à 5 fois la durée maximale du créneau temporel. 5
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la constante de temps est au moins égale à 20 fois la durée maximale du créneau temporel. 10
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le filtre (FPB) est un filtre passe-bas, en ce que la partie choisie de sa réponse est au voisinage du maximum de cette réponse, et en ce que les moyens de mesure (4,5) opèrent sur l'amplitude de cette partie choisie, qui est représentative de la durée du créneau temporel. 15
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le filtre passe-bas (FPB) est à double constante de temps. 20
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte un organe de mémorisation (SB) commandé au bout d'un temps choisi, par rapport à l'impulsion d'horloge qui marque la fin du créneau temporel. 25
8. Dispositif selon les revendications 6 et 7, prises en combinaison, caractérisé en ce que le filtre passe-bas (FPB) comprend deux étages successifs (31,32) ayant respectivement les deux constantes de temps, et en ce que le second étage (32) contient l'organe de mémorisation (SB). 30
9. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que l'organe de mémorisation (SB) est un suiveur-bloqueur (321,322). 35
10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens (23) aptes à engendrer répétitivement des événements factices de calibration, pour ladite mesure. 40
11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que certains au moins des événements factices correspondent aux durées maximale et minimale du premier créneau temporel. 45
12. Dispositif selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que chaque événement factice est répété M fois, et en ce qu'une moyenne de ces événements factices M fois répétés est réalisée pour calibrer chaque mesure d'événement. 50

## Patentansprüche

1. Elektronische Vorrichtung zur sehr genauen Zeitmessung eines Ereignisses, die enthält:
  - einen Taktgeber (1),
  - Mittel (21), die vom Taktgeber getaktet werden, um eine Primär-Zeitmessung (CHR1) des Ereignisses in der Größenordnung einer Periode des Taktgebers durchzuführen,
  - logische Mittel (22) zum Erzeugen eines Impulsfensters, das zwischen dem Ereignis und einem Impuls des Taktgebers liegt, dessen Position im Verhältnis zum Ereignis bekannt ist,
  - ein Schaltkreis (3) mit einer Zeitkonstanten, der dieses Impulsfenster empfängt, um als Antwort ein elektrisches Signal mit beträchtlich größerer Dauer als der des Impulsfensters zu erzeugen, und
  - Mittel (4,5) zur Messung einer physikalischen Größe, die auf dieses elektrische Signal bezogen ist und charakteristisch für die Dauer des Impulsfensters, wodurch die genaue Zeitbestimmung des Ereignisses erreicht wird,

dadurch gekennzeichnet, daß die logischen Mittel (22) so ausgebildet sind, daß sie ein Impulsfenster erzeugen, dessen Anfang mit dem Ereignis und dessen Ende mit dem k-ten Impuls des Taktgebers nach diesem Anfang zusammenfällt, wobei k eine ganze positive Zahl ist, daß der Schaltkreis (3) mit der Zeitkonstanten einen Filter (FPB) mit ausgewählten Eigenschaften umfaßt und daß die Mittel zur Messung (4, 5) einen ausgewählten Abschnitt der Signal-Antwort des Filters auswerten.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (FPB) eine Zeitkonstante besitzt, die größer als die maximale Dauer des Impulsfensters ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante mindestens fünfmal so lang wie die maximale Dauer des Impulsfensters ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante mindestens zwanzigmal so lang wie die maximale Dauer des Impulsfensters ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (FPB) ein Tiefpaßfilter ist, daß der ausgewählte Abschnitt seiner Signal-Antwort im Bereich des Maximums dieser Antwort liegt, und daß die Mittel zur Messung (4, 5) die Amplitude dieses ausgewählten Abschnitts auswerten, die ein Maß für die Länge des Impulsfen-

sters ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Tiefpaßfilter (FPB) zwei Zeitkonstanten hat.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Speicherelement (SB) beinhaltet, das am Ende einer gewählten Zeit betätigt wird, die relativ zum Taktimpuls des Taktgebers das Ende des Impulsfensters bestimmt.
8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Tiefpaßfilter (FPB) zwei aufeinanderfolgende Stufen (31, 32) aufweist, die jeweils die eine der beiden Zeitkonstanten aufweisen, und daß die zweite Stufe (32) das Speicherelement (SB) beinhaltet.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (SB) eine Folge- und Halteschaltung (follow and hold) (321,322) ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie Mittel (23) umfaßt, die zur wiederholten Erzeugung von Scheinereignissen zur Kalibrierung dienen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einige der Schein-Ereignisse der maximalen und minimalen Länge des primären Impulsfensters entsprechen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Scheinereignis M-mal wiederholt wird, und daß ein Durchschnitt dieser M-mal wiederholten Scheinereignisse gebildet wird, um jede Ereignismessung zu kalibrieren.

#### Claims

1. Electronic device for the very precise chronometry of an event, of the type comprising:
  - a clock (1),
  - means (21), pulsed by the clock, for effecting primary chronometry (CHR1) of the event to within one clock period,
  - logic means (22) for generating a time interval, linked with the time difference between the event and a clock pulse of known position relative to the event,
  - a time constant circuit (3), receiving the time in-

terval, for generating in response an electrical signal of much greater duration than that of the time interval, and

- 5 - means (4,5) for measuring a physical quantity relating to the electrical signal and representing the duration of the time interval, thereby permitting fine chronometry of the event,
- 10 characterised in that the logic means (22) are designed to produce a time interval of which the beginning coincides with the event and of which the end occurs at the kth clock pulse after that beginning, k representing a positive integer, in that the time constant circuit (3) comprises a filter (FPB) of selected characteristics, and in that the measuring means (4,5) operate on a selected portion of the response of the filter.
- 15 2. Device according to claim 1, characterised in that the filter (FPB) has a time constant greater than the maximum duration of the time interval.
- 20 3. Device according to claim 2, characterised in that the time constant is at least 5 times the maximum duration of the time interval.
- 25 4. Device according to claim 3, characterised in that the time constant is at least 20 times the maximum duration of the time interval.
- 30 5. Device according to any one of claims 1 to 4, characterised in that the filter (FPB) is a low-pass filter, in that the selected portion of its response is close to the maximum of that response, and in that the measuring means (4,5) operate on the amplitude of the selected portion, which represents the duration of the time interval.
- 35 6. Device according to claim 5, characterised in that the low-pass filter (FPB) has a double time constant.
- 40 7. Device according to any one of claims 1 to 6, characterised in that it comprises a storage member (SB) actuated at the end of a time selected relative to the clock pulse which marks the end of the time interval.
- 45 8. Device according to claims 6 and 7, taken in combination, characterised in that the low-pass filter (FPB) comprises two successive stages (31,32) having, respectively, the two time constants, and in that the second stage (32) contains the storage member (SB).
- 50 9. Device according to either claim 7 or claim 8, characterised in that the storage member (SB) is a follow

and hold device (321,322).

10. Device according to any one of the preceding claims, characterised in that the device comprises means (23) capable of repeatedly generating dummy calibration events, for said measurement. 5
11. Device according to claim 10, characterised in that at least some of the dummy events correspond to the maximum and minimum durations of the first time interval. 10
12. Device according to either claim 10 or claim 11, characterised in that each dummy event is repeated M times, and in that those dummy events repeated M times are averaged out to calibrate each event measurement. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

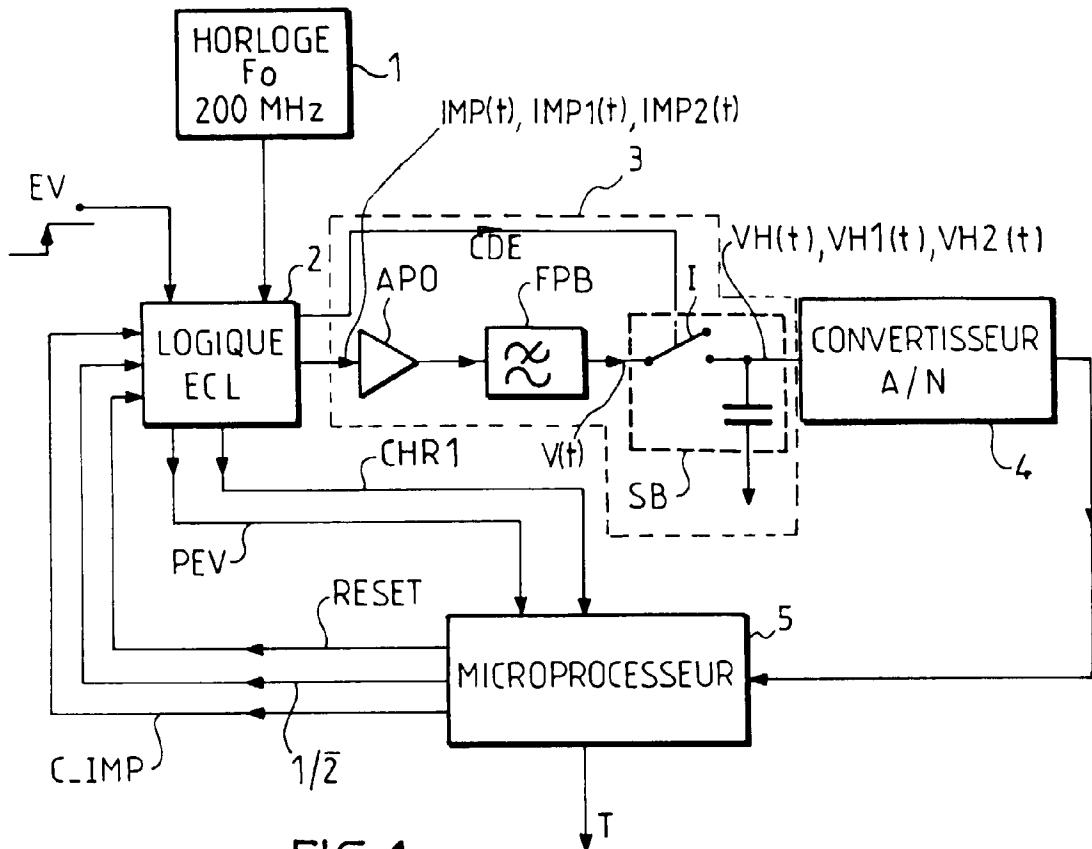


FIG.1

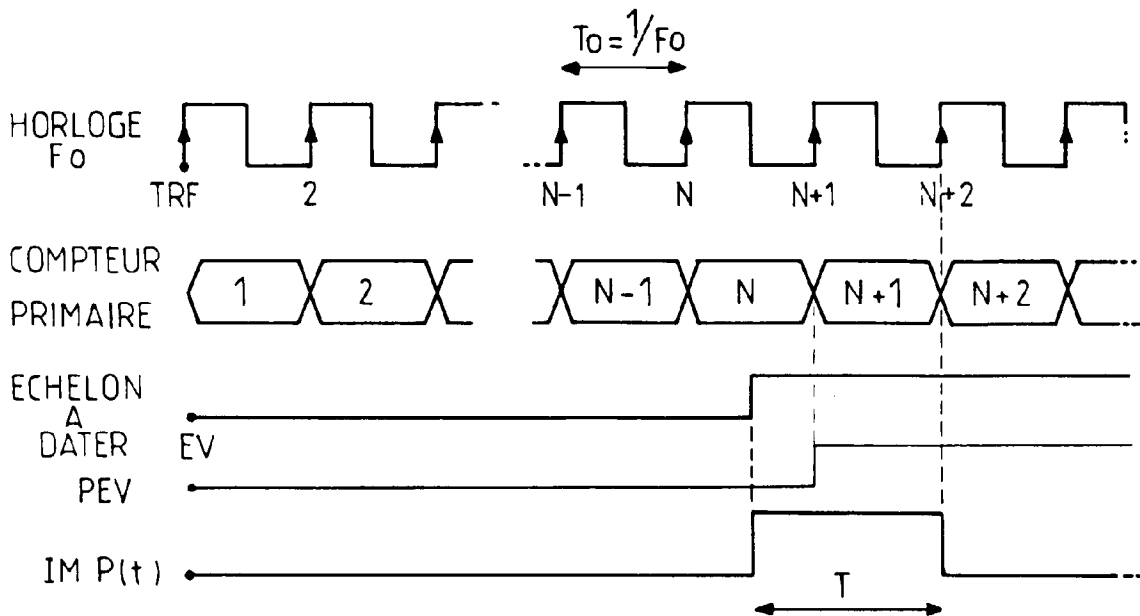


FIG.3

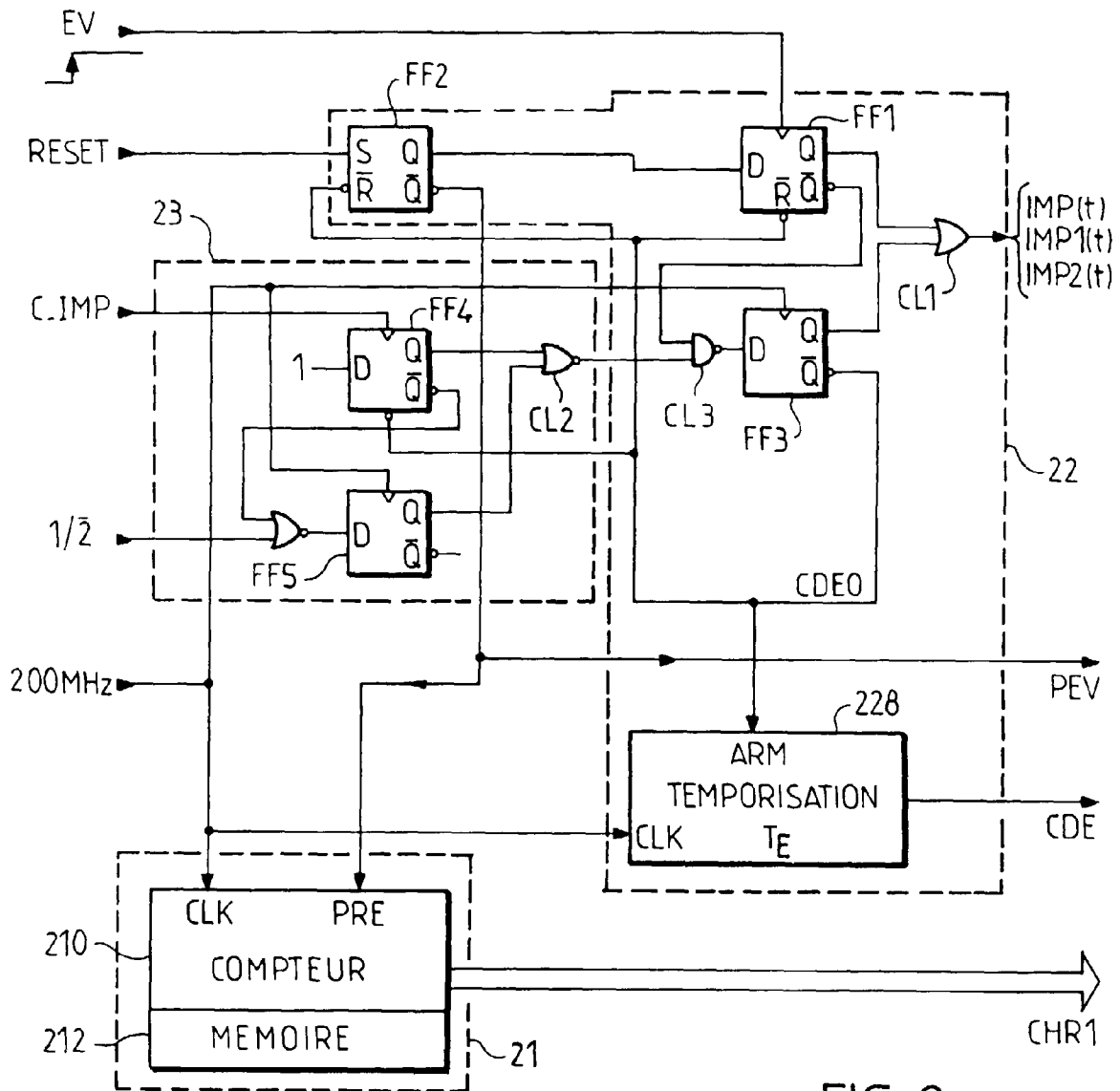


FIG. 2

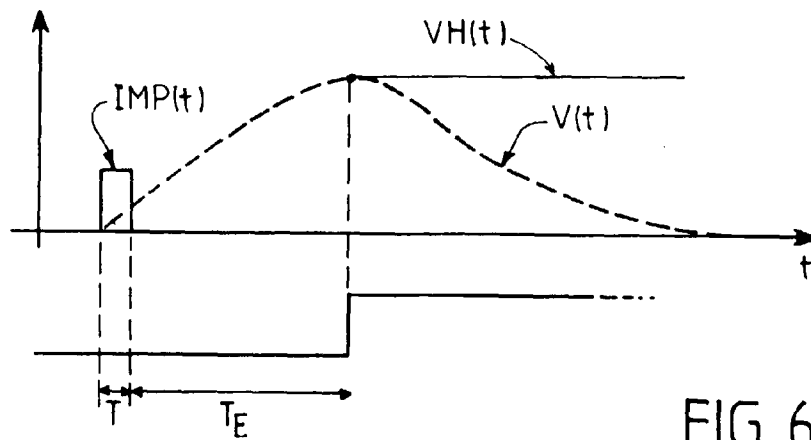


FIG. 6

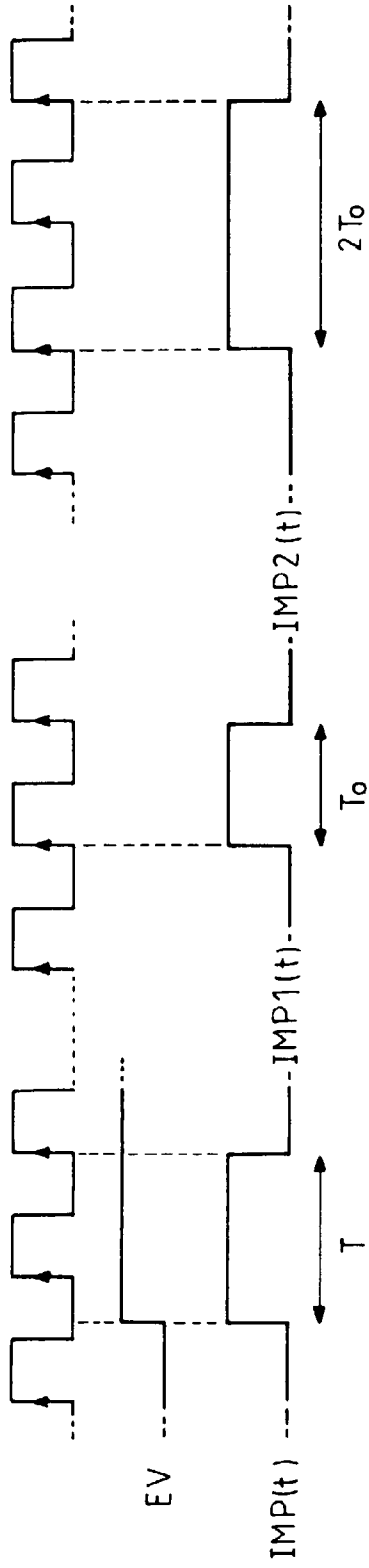


FIG. 4C

FIG. 4B

FIG. 4A

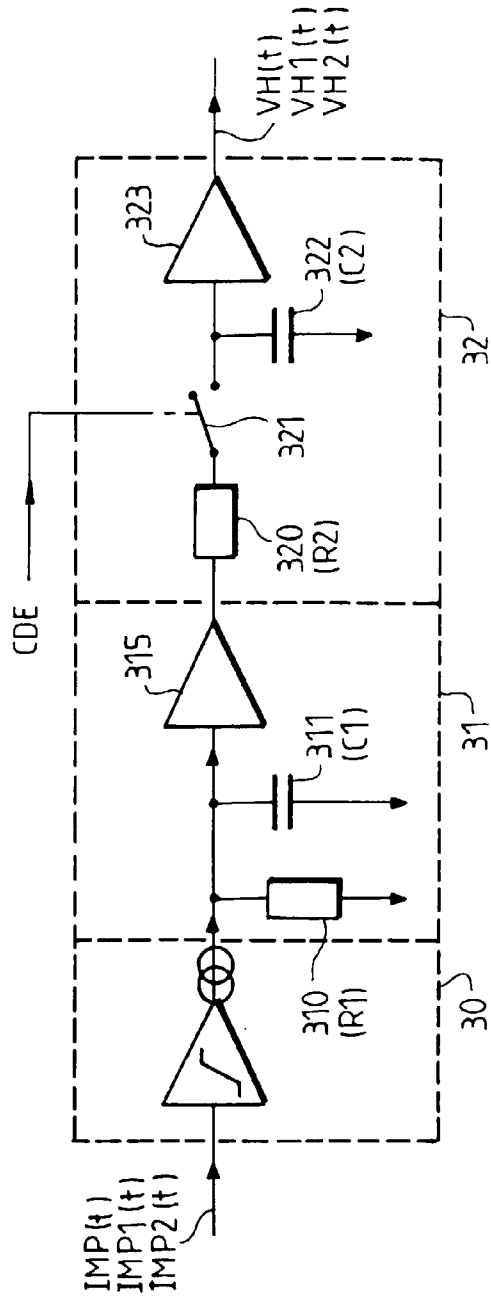


FIG. 5