

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.11.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.01.12 Bulletin 12/03.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE — FR.

72 Inventeur(s) : BAISSAC JEAN MARC.

73 Titulaire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE.

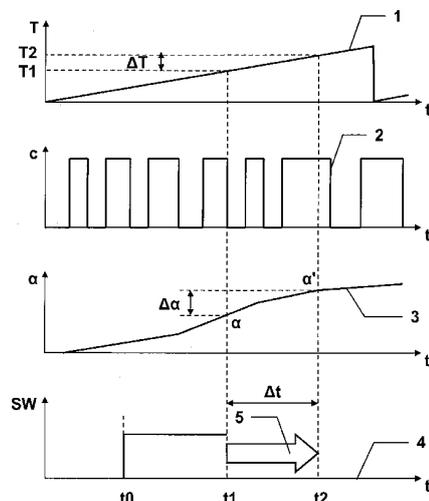
74 Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE.

54 CAPTEUR DE MESURE DE POSITION ANGULAIRE ET PROCEDE DE COMPENSATION DE MESURE.

57 Procédé de compensation d'une mesure de position angulaire pour un capteur de position angulaire du type comprenant une roue dentée, comportant les étapes suivantes:

- détermination d'une première mesure T1 du temps correspondant à l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée,
- déclenchement d'une fonction d'acquisition logicielle,
- acquisitions sensiblement simultanées d'une mesure  $\alpha'$  de la position angulaire et d'une seconde mesure T2 du temps par acquisition logicielle à l'instant t2,
- estimation d'une erreur  $\Delta\alpha$ ,
- calcul de la mesure de position angulaire compensée  $\alpha = \alpha' - \Delta\alpha$ .

Capteur de mesure de position angulaire, du type comprenant une roue dentée, mettant en oeuvre un tel procédé de compensation.



La présente invention concerne un capteur de mesure de position angulaire, du type comprenant une roue dentée et un procédé de compensation de sa mesure.

Il est connu de réaliser une mesure de la position angulaire d'une pièce tournante en équipant ladite pièce tournante d'une roue dentée avec, disposé en regard sur un bâti fixe, un détecteur apte à détecter la présence ou l'absence de dent. Un tel détecteur, lorsque la pièce tournante et donc la roue dentée tournent, permet d'obtenir un signal c crénelé du type représenté, en fonction du temps t, au diagramme 2 de la figure 1. Un tel signal c peut être traité par intégration ou comptage des dents pour obtenir un signal  $\alpha$  du type représenté, en fonction du temps t, au diagramme 3 de la figure 1, indicatif de la position angulaire  $\alpha$  de ladite pièce tournante.

Un tel capteur est classiquement utilisé dans le domaine du contrôle des moteurs à combustion interne, avec une roue dentée, comprenant typiquement 60 – 2 dents (60 dents équiréparties angulairement et deux dents contiguës manquantes pour constituer un index). Une telle roue dentée entraînée par le vilebrequin permet de disposer d'une mesure précise de la position angulaire du moteur dans son cycle.

Une référence précise comprenant une mesure de la position angulaire et une mesure du temps à l'instant de ladite mesure de position angulaire permet de synchroniser le mouvement mécanique avec les moyens de commande et de contrôle moteur afin de commander avec précision des événements tels que l'allumage.

Une mesure du temps est classiquement réalisée au moyen d'une horloge produisant un signal T linéaire du type représenté, en fonction du temps t, au diagramme 1 de la figure 1.

Afin de pouvoir disposer d'une référence précise de position angulaire, à un instant donné choisi, il est nécessaire de disposer d'une mesure du temps et d'une mesure de la position angulaire simultanée.

Une telle obtention d'une mesure, afin de pouvoir être utilisée par une unité de traitement, est réalisable de plusieurs manières connues.

Selon une première manière, un dispositif d'acquisition matériel est employé pour réaliser une telle acquisition, que l'on nomme acquisition matérielle. Un tel dispositif d'acquisition matériel permet avantageusement une acquisition déterministe et rapide et donc une bonne précision sur l'instant d'acquisition. L'acquisition simultanée de deux mesures, temps et position angulaire, nécessite deux tels dispositifs. Cependant un tel dispositif matériel est coûteux et l'on souhaite naturellement en limiter le nombre.

Selon une deuxième manière, que l'on nomme acquisition logicielle, un dispositif d'acquisition logiciel, par exemple celui constitutif de l'unité de traitement exécutant le procédé ou encore celui exécutant le programme de contrôle moteur, est employé pour

réaliser une telle acquisition. Une telle manière, en ce qu'elle utilise un dispositif logiciel préexistant, n'entraîne pas de surcoût. Cependant comme illustré à la figure 1, un tel dispositif logiciel souffre d'un temps de latence ou délai  $\delta$  non déterministe et important. Ainsi une acquisition logicielle déclenchée à l'instant  $t_1$ , ne réalise une acquisition de la position angulaire qu'à l'instant  $t_2$ , causant ainsi une erreur de mesure correspondante  $\Delta\alpha$  préjudiciable.

Il existe encore des dispositifs logiciels hautes performances permettant de réaliser une acquisition logicielle avec des performances comparables à celles d'un dispositif matériel. Cependant de tels dispositifs sont très onéreux et par conséquent exclus des solutions envisageables pour des raisons de coûts.

Un problème qu'il est proposé de résoudre est de réaliser une mesure de référence précise à un instant  $t_1$  donné, comprenant une mesure de position angulaire et une mesure de temps simultanées, avec un dispositif logiciel de performances standard et au plus un dispositif matériel d'acquisition.

Le principe est de réaliser une mesure précise de temps  $T_1$  à l'instant  $t_1$ , où l'on souhaite disposer d'une mesure de position angulaire  $\alpha$ , au moyen d'un dispositif matériel d'acquisition. Il est encore déclenché une double acquisition logicielle comprenant une mesure de position angulaire  $\alpha'$  et une mesure de temps  $T_2$  sensiblement simultanées à l'instant  $t_2$ . Cependant du fait du délai  $\delta$ , cette acquisition n'est réalisée qu'à un instant  $t_2$  ultérieur et conduit à une mesure de position angulaire  $\alpha'$  erronée. Il est alors réalisé une estimation de cette erreur et une compensation de la mesure de position angulaire est effectuée.

Est ici également concerné un procédé de compensation d'une mesure de position angulaire pour un capteur de position angulaire du type comprenant une roue dentée, comportant les étapes suivantes :

- détermination d'une première mesure  $T_1$  du temps correspondant à l'instant  $t_1$  où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée,
- déclenchement d'une fonction d'acquisition logicielle, la prise en compte de ladite fonction entraînant un délai temporel  $\Delta t$ ,
- acquisitions sensiblement simultanées d'une mesure  $\alpha'$  de la position angulaire et d'une seconde mesure  $T_2$  du temps par acquisition logicielle à l'instant  $t_2$ ,
- estimation d'une erreur  $\Delta\alpha$  de position angulaire,
- calcul de la mesure de position angulaire compensée,  $\alpha = \alpha' - \Delta\alpha$ .

Selon une autre caractéristique, l'erreur  $\Delta\alpha = \alpha' - \alpha$  de position angulaire, est calculée selon la formule :

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta T}{Dur\_dent} * Res\_dent, \text{ avec :}$$

- $\Delta T = T2 - T1 = \Delta t$ , écart des mesures de temps entre l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée et l'instant t2 où une mesure de position angulaire  $\alpha'$  est réalisée,
- Dur\_dent = durée d'une dent,
- 5 • Res\_dent = résolution angulaire d'une dent, constante égale à  $360^\circ$  divisée par le nombre de dent de ladite roue dentée.

Selon une autre caractéristique, la détermination de la première mesure de temps T1 comprend une acquisition matérielle réalisée par un dispositif matériel effectuant une acquisition de la valeur d'une horloge à l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée, et une lecture logicielle de ladite mesure de temps T1  
10 ainsi acquise.

Selon une autre caractéristique, ledit dispositif matériel émet, à l'instant t1, une interruption qui est utilisée pour déclencher ladite fonction d'acquisition logicielle.

L'invention concerne encore un capteur de mesure de position angulaire, du type  
15 comprenant une roue dentée, comprend des moyens de mise en œuvre du procédé de compensation selon l'une quelconque des revendications précédentes.

L'invention concerne encore l'application dudit capteur à la mesure de position angulaire d'un vilebrequin.

D'autres caractéristiques, détails et avantages ressortiront plus clairement de la description détaillée donnée ci-après à titre indicatif en relation avec des dessins sur  
20 lesquels la figure 1 présente de manière comparative quatre diagrammes en fonction du temps t.

La figure 1 illustre les différentes grandeurs utilisées dans le cadre présenté ci-avant sur des diagrammes disposés comparativement, en fonction du temps t.

25 Il est supposé, afin par exemple de pouvoir synchroniser un événement mécanique avec un logiciel de contrôle moteur, d'obtenir pour un instant donné t1, une double mesure, comportant une mesure du temps T1 et une mesure  $\alpha$  de la position angulaire à cet instant t1.

Une mesure du temps T est obtenue au moyen d'un compteur de temps ou  
30 horloge produisant un signal T linéaire en fonction du temps t, tel que figuré au diagramme 1. Un tel signal T est typiquement produit par un compteur dont la valeur est régulièrement incrémentée en fonction du temps. Un compteur typique comprend 24 bits et permet ainsi de compter avec une période  $T_0$  de  $10^{24}$ , entre 0 et  $10^{24}-1$ . A l'issue de cette période le compteur est remis à zéro, comme illustré à la droite du diagramme 1, et  
35 recommence son compte. Une telle remise à zéro n'est pas préjudiciable. Compte tenu de la période importante devant  $\Delta t$ , il est certain qu'au plus une remise à zéro peut se produire entre t2 et t1. Ainsi deux cas peuvent se produire. Soit la mesure de temps T2 à

l'instant  $t_2$  est supérieure à la mesure de temps  $T_1$  à l'instant  $t_1$  et  $\Delta T = T_2 - T_1$ . Soit, exceptionnellement si une remise à zéro s'intercale,  $T_2$  est inférieur à  $T_1$  et  $\Delta T = T_2' - T_1$ , avec  $T_2' = T_2 + T_0$ . Ceci étant traité, on considère pour la simplicité de la suite de la description que  $T_2$  est supérieur à  $T_1$ . De même le compteur  $T$  ne mesure pas  
 5 nécessairement un temps en seconde. Il peut être nécessaire d'appliquer une fonction de correction. On suppose pour la simplicité de la suite de la description que cette fonction de correction est déjà appliquée et que à tout le moins :

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \Delta t = t_2 - t_1.$$

Comme déjà décrit, une mesure de la position angulaire d'une pièce tournante est  
 10 obtenue en équipant ladite pièce tournante d'une roue dentée avec, disposé en regard sur un bâti fixe, un détecteur apte à détecter la présence ou l'absence de dent. Un tel détecteur permet d'obtenir un signal  $c$  crénelé du type représenté au diagramme 2 de la figure 1.

Un tel signal  $c$  est traité par intégration, comptage des dents ou toute autre  
 15 méthode plus complexe pour obtenir un signal  $\alpha$  du type représenté au diagramme 3 de la figure 1 indicatif de la position angulaire  $\alpha$  de la dite pièce tournante.

Un diagramme 4, encore noté SW, note sur la même échelle de temps  $t$ , les événements relatifs au dispositif logiciel.

Un problème qu'il est proposé de résoudre est l'obtention d'une mesure de  
 20 temps  $T_1$  et d'une mesure de position angulaire  $\alpha$  au même instant  $t_1$ . De plus, cet instant  $t_1$  est imposé, en ce qu'il est déterminé, par exemple par un événement extérieur.

Comme indiqué précédemment, une acquisition logicielle ne permet pas de  
 réaliser une acquisition à un instant  $t_1$  imposé. En effet, entre l'instant où est déclenchée une demande d'acquisition logicielle et l'instant où elle est effectivement réalisée, il  
 25 s'écoule un délai  $\delta$ . Ce délai  $\delta$  encore dénommé délai logiciel, latence ou "jitter" en anglais est lié à de nombreux facteurs non maîtrisés et n'est malheureusement pas déterministe. Il n'est pas possible de prédire sa durée  $\delta$ . Il n'est ainsi pas possible d'envisager, pour acquérir une mesure à l'instant imposé  $t_1$ , de déclencher une acquisition logicielle à  $t_1 - \delta$ .

30 Une acquisition matérielle permet de réaliser une telle mesure à un instant  $t_1$  imposé. Cependant, puisqu'on se refuse d'employer plus d'un dispositif matériel d'acquisition, il n'est possible d'obtenir qu'une seule mesure à l'instant  $t_1$ , soit le temps  $T_1$ , soit la position angulaire  $\alpha$ .

Le procédé recommandé comprend les étapes suivantes. Une première étape  
 35 consiste à déterminer une mesure de temps  $T_1$  à l'instant  $t_1$  pour lequel on souhaite une mesure de position  $\alpha$ .

Parallèlement ou en suivant, est déclenchée une fonction d'acquisition logicielle.

Cette fonction d'acquisition logicielle est en charge d'obtenir une mesure de position angulaire  $\alpha'$  et une mesure du temps T2 à l'instant t2, ces deux mesures étant simultanées ou sensiblement simultanées. Comme vu précédemment, même si l'instant de déclenchement de ladite fonction d'acquisition logicielle est connu, par exemple t1, il se produit obligatoirement un délai 5 de durée  $\Delta t$  à compter de cet instant de déclenchement. De ce fait les mesures sont effectivement acquise à un instant t2 différent de t1 et la mesure de position angulaire  $\alpha'$  présente une erreur  $\Delta\alpha$  par rapport à la mesure  $\alpha$  souhaitée.

Les acquisitions des mesures  $\alpha'$  et T2 sont ainsi retardées de la durée  $\Delta t$  du délai 5. La fonction logicielle fait en sorte que la mesure de position angulaire  $\alpha'$  et la mesure de temps T2 soient simultanées ou sensiblement simultanées. On entend par sensiblement simultané qu'une exacte simultanéité n'est pas nécessairement possible en fonction des capacités du dispositif logiciel qui est ou utilise des dispositifs d'entrée/sortie le plus souvent séquentiels. Cependant, le possible décalage temporel entre les deux acquisitions logicielles reste faible devant les autres durées du problème, et peut être négligé.

Après avoir ainsi acquis, sensiblement simultanément, une mesure  $\alpha'$  de la position angulaire et une seconde mesure T2 du temps par acquisition logicielle à l'instant t2, le procédé se poursuit par une étape d'estimation d'une erreur  $\Delta\alpha$ , entre la mesure effective  $\alpha'$  à l'instant t2 et la mesure souhaitée  $\alpha$  à l'instant t1.

A partir de cette estimation de l'erreur  $\Delta\alpha$ , une étape calcule une mesure de position angulaire compensée  $\alpha$ , estimant la position angulaire à l'instant t1, en soustrayant à la mesure de la position angulaire  $\alpha'$  à l'instant t2, ladite erreur estimée  $\Delta\alpha$ .

Cette erreur  $\Delta\alpha$  peut être calculée en effectuant une extrapolation linéaire de la forme  $\Delta\alpha = k.\Delta t$ , avec  $\Delta t = t2 - t1$ , écart de temps entre l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée et l'instant t2 où une mesure de position angulaire  $\alpha'$  est réalisée, et k une valeur estimative de la pente de la courbe  $\alpha$ . Une valeur k estimative de la pente peut être calculée par la formule :

$$k = \frac{Res\_dent}{Dur\_dent}, \text{ avec}$$

- Dur\_dent = durée d'une dent, et
- Res\_dent = résolution angulaire d'une dent,
- L'écart de temps  $\Delta t$  est pris égal à l'écart des mesures de temps  $\Delta T = T2 - T1$ .

La durée d'une dent est une variable. Elle est une mesure récente de la durée de passage d'une dent devant le détecteur. Elle est la longueur temporelle d'une dent, soit la durée pendant laquelle le signal c du diagramme 2 est resté en position haute, entre un front montant et un front descendant immédiatement suivant. Cette entrée du procédé est

classiquement fournie par un dispositif extérieur au capteur. Il peut aussi être intégré à ce capteur. Cette variable durée de dent est obtenue par tout moyen et par exemple par traitement du signal  $c$  du diagramme 2. Il peut s'agir de la longueur de la dernière dent passée devant le détecteur. Cette valeur peut être rafraîchie pour chaque dent ou  
5 régulièrement toutes les  $n$  dents. Il peut encore s'agir d'une moyenne filtrée ou non de cette valeur sur une fenêtre temporelle récente.

La résolution angulaire ou largeur angulaire d'une dent est une constante dépendante de la roue dentée utilisée par le capteur de position angulaire. Elle est homogène à un angle et est égale à  $360^\circ$  divisé par le nombre de dents de la roue  
10 dentée. Dans le cas d'une roue 60 moins 2 dents, la résolution angulaire est égale à  $360 / 60$ , soit  $6^\circ$ .

Le paramètre  $k$  est ainsi homogène à une vitesse angulaire, et  $k \cdot \Delta t$ , égal à  $k \cdot \Delta T$ , est homogène à une position angulaire. La formule résultante est la suivante :

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta T}{Dur\_dent} * Res\_dent$$

15 et permet le calcul de l'erreur  $\Delta\alpha$ .

Selon une caractéristique, la détermination de la première mesure de temps  $T1$  s'effectue en deux étapes. Une première étape est une acquisition matérielle réalisée par un dispositif matériel. Ce dispositif, déclenché à l'instant  $t1$ , réalise une acquisition de la valeur  $T1$  en acquérant la valeur du signal horloge  $T$  à l'instant  $t1$ . Selon le mode de  
20 réalisation, soit le dispositif matériel est déclenché par l'événement lié à  $t1$ , soit le dispositif matériel est lui-même responsable de l'événement lié à  $t1$  et décide de cet instant. L'acquisition est réalisée et stocke ladite valeur du temps  $T1$  dans un moyen de stockage. Ce moyen de stockage est accessible en lecture au dispositif logiciel. Dans une deuxième étape, ledit dispositif logiciel réalise une lecture logicielle de ce moyen de  
25 stockage afin d'obtenir la mesure du temps  $T1$ .

Selon une autre caractéristique, le dispositif responsable de l'événement se produisant à l'instant  $t1$ , soit le dispositif matériel d'acquisition ou le dispositif qui a déclenché l'acquisition matérielle, émet, à l'instant  $t1$ , une interruption à destination du dispositif logiciel. Cette interruption peut être mise à profit pour démarrer le dispositif  
30 logiciel. Le dispositif logiciel peut alors, en réponse à cette interruption, réaliser la lecture logicielle du moyen de stockage pour obtenir la mesure de temps  $T1$  et de plus déclencher la fonction d'acquisition logicielle pour obtenir les mesures de position angulaire  $\alpha'$  et de temps  $T2$ , à l'instant  $t2$ .

Il apparaît encore au diagramme 4 de la figure 1, un instant  $t0$ . Selon un mode de  
35 réalisation le dispositif logiciel assure la configuration, commande ou programmation du dispositif matériel d'acquisition afin que ce dernier réalise une acquisition du temps  $T1$  à

l'instant  $t_1$  et le cas échéant définit l'instant  $t_1$ . Cette configuration débute alors à un instant préalable  $t_0$ .

Le procédé ici en cause, dans ses différentes variantes, permet de compenser une mesure erronée, parce que réalisée tardivement, par une estimation de l'erreur, basée sur  
5 des grandeurs connues ou déterminables par ailleurs. Ceci est réalisable par un dispositif logiciel standard associé à un unique dispositif matériel d'acquisition.

Ce procédé a été appliqué avec succès à un contrôle d'allumage. L'instant  $t_0$  est le début de la charge de la bobine, tandis que l'instant  $t_1$  est la fin de ladite charge et donc la production effective de l'allumage. Il est important de connaître la position angulaire  
10 exactement à cet instant  $t_1$ . Le dispositif extérieur définissant  $t_1$  est donc le dispositif en charge de la commande de la bobine. Ce dernier commande alors, à l'instant  $t_1$ , l'acquisition matérielle du temps  $T_1$  et prévient simultanément le dispositif logiciel par une interruption. Le dispositif logiciel, en réponse, relit la mesure  $T_1$  et déclenche la fonction d'acquisition logicielle conduisant aux mesures  $\alpha'$  et  $T_2$ . Dans ce cas, le dispositif logiciel  
15 utilisé est un microcontrôleur Tricore® 1762.

Est encore ici concerné un capteur de mesure de position angulaire, du type comprenant une roue dentée, comprenant des moyens de mise en œuvre du procédé de compensation précédemment décrit. Dans ce cas, le capteur peut intégrer un dispositif matériel et un dispositif logiciel aptes à réaliser chacun ou de concert les différentes  
20 étapes du procédé de compensation.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de compensation d'une mesure de position angulaire pour un capteur de position angulaire du type comprenant une roue dentée, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 5 • détermination d'une première mesure T1 du temps correspondant à l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée,
- déclenchement d'une fonction d'acquisition logicielle, la prise en compte de ladite fonction entraînant un délai temporel  $\Delta t$ ,
- acquisitions sensiblement simultanées d'une mesure  $\alpha'$  de la position angulaire et d'une seconde mesure T2 du temps par acquisition logicielle à l'instant t2,
- 10 • estimation d'une erreur  $\Delta\alpha$  de position angulaire,
- calcul de la mesure de position angulaire compensée  $\alpha = \alpha' - \Delta\alpha$ .

2. Procédé selon la revendication 1, où l'erreur  $\Delta\alpha = \alpha' - \alpha$  de position angulaire, est calculée selon la formule :

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta T}{Dur\_dent} * Res\_dent, \text{ avec :}$$

- 15 •  $\Delta T = T2 - T1 = \Delta t$ , écart des mesures de temps entre l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée et l'instant t2 où une mesure de position angulaire  $\alpha'$  est réalisée,
- Dur\_dent = durée d'une dent,
- Res\_dent = résolution angulaire d'une dent, constante égale à  $360^\circ$  divisée par le nombre de dent de ladite roue dentée.
- 20

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, où la détermination de la première mesure de temps T1 comprend une acquisition matérielle réalisée par un dispositif matériel effectuant une acquisition de la valeur d'une horloge à l'instant t1 où une mesure de position angulaire  $\alpha$  est souhaitée, et une lecture logicielle de ladite mesure de temps T1 ainsi acquise.

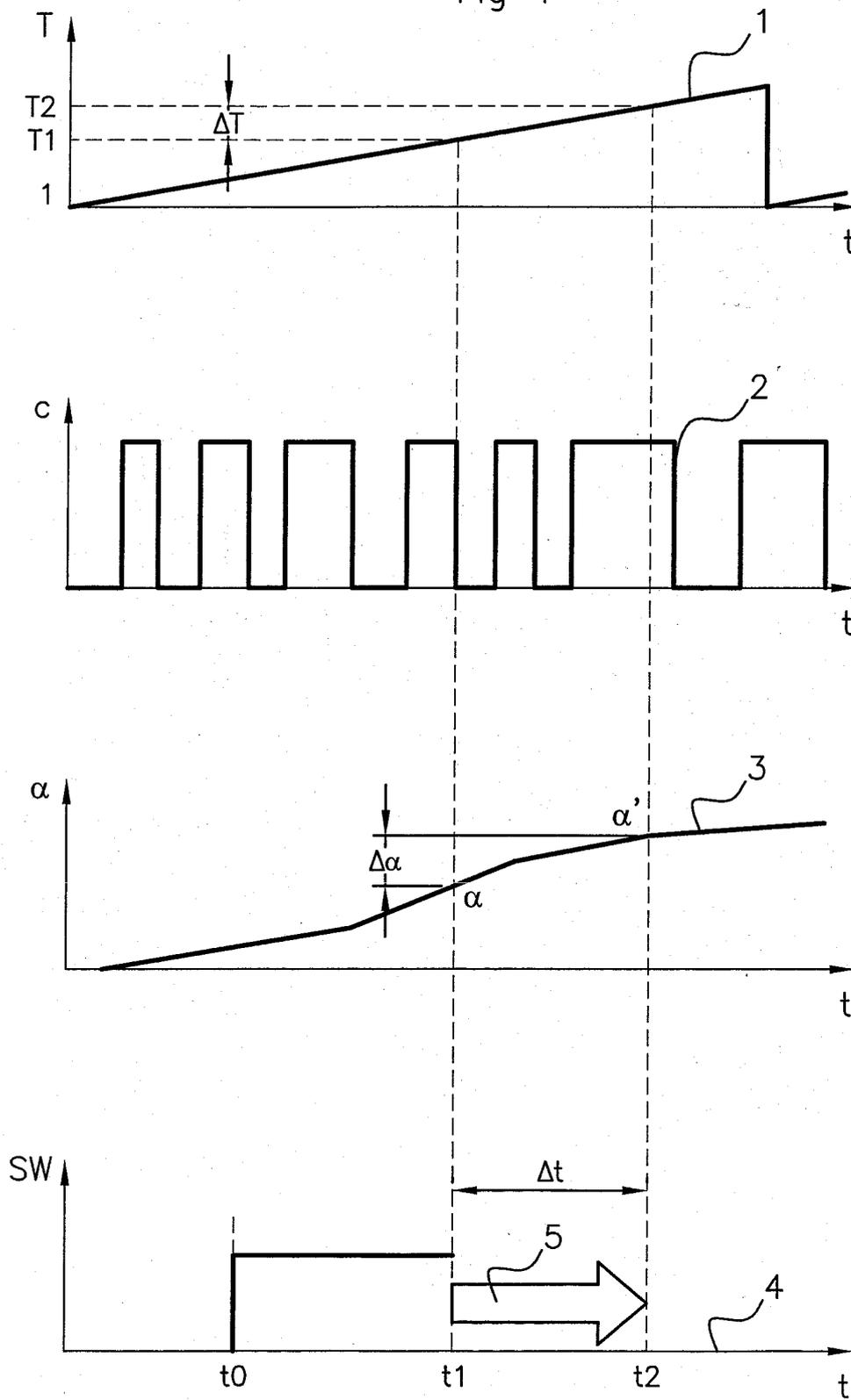
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, où ledit dispositif matériel émet, à l'instant t1, une interruption qui est utilisée pour déclencher ladite fonction d'acquisition logicielle.

5. Capteur de mesure de position angulaire, du type comprenant une roue dentée, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de mise en œuvre du procédé de compensation selon l'une quelconque des revendications précédentes.

6. Capteur de mesure de position angulaire selon la revendication 5, appliqué à la mesure de position angulaire d'un vilebrequin.

1/1

Fig 1





**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1004486 FA 743577**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 09-09-2011

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10054070	A1	08-05-2002	AT 466256 T	15-05-2010
			WO 0239066 A1	16-05-2002
			EP 1334330 A1	13-08-2003
			JP 2004513357 A	30-04-2004
			US 2004006443 A1	08-01-2004
-----				
US 2007299992	A1	27-12-2007	JP 4244231 B2	25-03-2009
			JP 2008002410 A	10-01-2008
-----				
DE 102005035881	A1	02-03-2006	AUCUN	
-----				