

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.10.91.

③0 Priorité : 09.10.90 US 594073.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 10.04.92 Bulletin 92/15.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite: NEWPORT ELECTRONICS, INC. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Hinrichs Karl.

⑦3 Titulaire(s) :

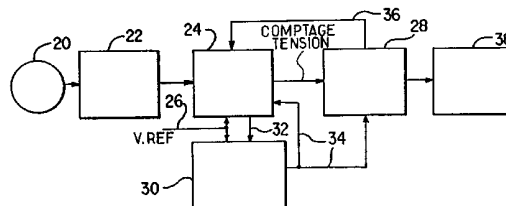
⑦4 Mandataire : Rinuy Santarelli.

⑤4 Appareil de traitement du signal de sortie d'un capteur.

⑤7 L'invention concerne un appareil de traitement destiné à contrôler et traiter le signal de sortie d'un capteur pour le rendre linéaire.

Il comporte un capteur (20) dont le signal est traité par un microprocesseur (28) comprenant une mémoire destinée à stocker une table qui renferme un point de repère de départ pour la courbe de réponse, une valeur de pente de départ jusqu'à un autre point de repère de la courbe, une valeur de courbure de départ pour une suite de points de repère de la courbe et plusieurs valeurs de rythme de variation de la courbure de la courbe.

Domaine d'application: affichage de températures mesurées à l'aide de thermocouples, etc.



L'invention concerne des systèmes de conversion de données, et plus particulièrement un système destiné à convertir le signal de sortie d'un capteur, dont le signal de sortie suit une courbe de réponse non linéaire, en un signal de sortie de système de lectures linéarisées.

Pour afficher la valeur d'un paramètre physique, tel qu'une température, une pression, etc., il est nécessaire d'utiliser un transducteur qui réagit à ce paramètre en faisant varier une caractéristique pouvant être détectée électriquement. De telles caractéristiques comprennent des tensions de thermocouples et des variations de résistance avec la température. La plupart des capteurs affichent des manques de linéarité notables dans leurs signaux de sortie, c'est-à-dire que les tensions de sortie des capteurs s'écartent notablement d'une relation linéaire avec le phénomène d'entrée contrôlé. Il est bien connu que des thermocouples et des thermistances présentent des incréments de sortie non linéaires, en réponse à des incréments linéaires de la température.

Il existe divers types de dispositifs destinés à corriger ces manques de linéarité sur de larges gammes d'entrée. Des systèmes utilisant des appareils analogiques corrigent ces manques de linéarité avant numérisation par l'utilisation de circuits à résistances, diodes et amplificateurs. Ces systèmes offrent une précision appropriée pour un nombre limité de types de capteurs sur des plages réduites de signaux d'entrée. Des systèmes analogiques de linéarisation mémorisent l'information de correction demandée dans les valeurs de résistances qui établissent les points de rupture entre divers segments de la courbe de réponse et les pentes/décalages propres à chaque segment de la courbe de réponse. Des linéariseurs analogiques possèdent habituellement huit segments ou moins, et sont capables de linéariser la plupart des signaux de thermocouples, à quelques degrés près, sur des

plages d'entrée communément rencontrées.

Depuis le développement de microcontrôleurs et de puces à mémoire peu coûteux, les techniques numériques de correction ont supplanté de nombreux systèmes analogiques de linéarisation. Des algorithmes perfectionnés existent pour linéariser les signaux de sortie des capteurs ; cependant, en général, ils ont besoin de quantités importantes de mémoire et d'une grande capacité de calcul. La plupart de ces systèmes sont à la fois encombrants et coûteux et ne sont pas utilisables dans de nombreuses applications commerciales de capteurs. Par exemple, on fabrique actuellement des instruments de mesure sur panneau auxquels sont intégrés un microcontrôleur. L'instrument de mesure reçoit un signal d'entrée de capteur, après conditionnement analogique, et donne en sortie une mesure d'une valeur linéarisée. Les microcontrôleurs utiles avec des instruments de mesure sur panneau ont des capacités de mémoire utilisables limitées (mémoire morte et mémoire vive) pour des points de données de courbes de réponse du capteur. En outre, bien que de tels microcontrôleurs puissent exécuter rapidement des calculs d'addition et de soustraction, ils sont relativement lents lorsqu'une multiplication ou une division de haute précision est tentée.

Les microcontrôleurs utilisés pour la linéarisation de capteurs font appel à diverses méthodes de calcul. Certains capteurs (par exemple des détecteurs de résistance-température) ont des signaux de sortie dont une approximation étroite peut être donnée par quelques termes d'une série de puissances ; cependant, une représentation de haute précision des valeurs d'une série de puissances d'un transducteur typique peut demander des calculs allant jusqu'à une douzaine de chiffres décimaux de résolution pour jusqu'à une douzaine de puissances du phénomène capté (par exemple une température). Avec une programmation bien

étudiée, de gros calculateurs peuvent maintenir cette résolution et peuvent inverser avec précision de telles séries de puissances. Cependant, des microcontrôleurs convenant à des instruments de mesure sur tableau ne possèdent pas les mémoires mortes et vives demandées et ne peuvent habituellement offrir les longs temps de calcul pour de telles opérations mathématiques complexes.

Une autre approche au calcul de développement de série de puissances consiste à mémoriser des paires de points de données "clé" en des points choisis le long d'une courbe de réponse et à effectuer des interpolations lorsque cela est nécessaire. Lorsque la courbe de réponse est divisée en un grand nombre de ces segments (davantage de segments permettent de reproduire avec plus de précision des zones non linéaires de la courbe de réponse), les exigences de stockage pour le microcontrôleur augmentent notablement. Une façon de réduire les exigences de stockage de données consiste à utiliser un espacement régulier des points de données d'entrée qui définissent les limites de chaque segment, afin que l'une des deux variables puisse être reconstruite par comptage plutôt que par lecture d'une valeur mémorisée. Ainsi, on peut diviser une gamme de tensions d'entrée possibles en un certain nombre de segments égaux : le compte incrémentiel en sortie du convertisseur analogique-numérique est choisi de façon à être le même entre des points de données successifs sur la courbe de réponse.

Pour réduire encore l'importance du stockage demandé dans des microcontrôleurs d'instruments de mesure sur panneau, on a utilisé dans l'art antérieur une méthode des différences finies. Cette méthode sera décrite conjointement avec la courbe 10 montrée sur la figure 1 des dessins annexés décrits ci-après, qui est un exemple de courbe de réponse d'un capteur de température. Plusieurs points de repère ou de données D_0 - D_5 sont placés le long de

la courbe 10 de réponse et chacun représente la valeur numérique de la température en ce point. La technique des différences finies utilise plusieurs "dérivées" de la courbe 10 dont une approximation linéaire peut être obtenue par des différences arithmétiques. La pente S entre deux points de repère quelconques peut être définie comme étant le rapport de différence de température à la différence de tension. Par exemple, les pentes entre les points de référence D₀ et D₁, et D₁ et D₂ sont :

$$S_1 = \frac{T_1 - T_0}{V_1 - V_0}$$

(première différence finie du segment un) ;

et

$$S_2 = \frac{T_2 - T_1}{V_2 - V_1}$$

(première différence finie du segment deux)

La valeur de différence finie de la courbure (dérivée seconde) peut ensuite être définie comme étant la différence entre deux valeurs de pente successives. Ainsi, la courbure ou différence finie seconde entre les points de référence D₀ et D₂, et D₁ et D₃ est exprimée de la manière suivante :

$S'_2 = S_2 - S_1$ (différence finie seconde du deuxième segment) ; et

$S'_3 = S_3 - S_2$ (différence finie seconde du troisième segment)

La valeur de différence finie de la dérivée troisième ou le rythme de variation de la courbure peut alors être défini comme étant la différence entre deux valeurs de courbure successives, à savoir :

$D''_3 = S'_3 - S'_2$ (différence finie troisième du troisième segment).

En revoyant les expressions des différences finies, on peut voir que pour une valeur donnée, d'autres

valeurs peuvent être déduites par des actions d'addition/soustraction. L'utilisation des différences finies permet à un microcontrôleur de remplacer des valeurs stockées de température, de pente et de courbure par des différences de troisième ordre pour chaque segment de courbe. En outre, bien que les valeurs de température, des différences des premier et deuxième ordres puissent être quantifiées numériquement, les différences du troisième ordre (analogues à des dérivées troisième) sont généralement faibles et diminuent habituellement de façon notable avec l'accroissement du signal de sortie du capteur. On peut comprendre ceci en réalisant que lorsque la température s'élève, le lissage thermodynamique croît aussi, faisant diminuer le rythme de variation de la courbure.

En utilisant le système des différences finies on peut calculer la valeur de la température pour toute tension d'entrée à partir d'une table de troisièmes différences finies plus des valeurs de départ sur table de la température, de la pente et de la courbure (différences d'ordres zéro et des premier et second ordres). Par une addition répétée et une accumulation de valeurs, on évite des actions de multiplication et l'utilisation de microcontrôleurs moins complexes et plus rapides est rendue possible.

Des valeurs de table devant être stockées dans un microcontrôleur pour des différences finies troisièmes peuvent être calculées et basées sur des valeurs de segment égales le long de la courbe de réponse. Ceci permet de stocker environ 20 multiplats par type de thermocouple dans la table tout en permettant le calcul précis de centaines de points de repère individuels sur la plus grande partie de la plage de températures concernée. De plus, cependant, le marché exige que des instruments de mesure sur panneau soient conçus pour recevoir des signaux d'entrée provenant de nombreux types de capteurs ayant chacun une courbe de

réponse différente. Malgré le tassement des données réalisé par l'utilisation des différences finies, les microcontrôleurs actuels d'un coût intéressant sont incapables d'offrir le stockage total demandé pour une
5 excellente précision (par exemple tous les points à $0,1^{\circ}\text{C}$) sur des plages complètes de température (par exemple 1000°C) pour tous les types de capteurs (par exemple 12 thermocouples plus des résistances sensibles à la température).

10 Un objet de l'invention est donc de procurer un système perfectionné pour linéariser les signaux de sortie de capteurs.

Un autre objet de l'invention est de procurer un système de linéarisation à haute précision et large
15 gamme pour les signaux de sortie de capteurs non linéaires, qui présente un stockage minimal de données.

Un autre objet encore de l'invention est de procurer un système de linéarisation qui utilise un nombre minimal de valeurs de différences finies troisièmes pour
20 déterminer les points de repère précis sur une courbe de réponse non linéaire à large gamme.

Il est décrit un processeur destiné à contrôler un capteur dont le signal de sortie suit une courbe non linéaire en réponse à une variation linéaire d'un phénomène
25 contrôlé. Le processeur convertit le signal de sortie en une valeur linéaire de sortie proportionnelle au phénomène contrôlé. Le processeur comprend une mémoire destinée à stocker une table qui comprend une valeur D du point de repère de départ (par exemple une température) sur la
30 courbe, une valeur S de pente d'un premier segment, une valeur S' de courbure d'un deuxième segment et plusieurs valeurs S'' de rythme de variation de courbure pour la courbe, à partir du segment 3. Les valeurs de S'' pour une première région de la courbe sont calculées sur la base
35 d'un intervalle initial choisi des signaux du capteur

(longueur de segment). Les valeurs de S'' pour chacune des régions successives de la courbe sont basées sur un accroissement, par un facteur choisi, de l'intervalle de signal initial. Le processeur comprend un moyen d'addition et des registres de mémoire vive pour calculer des valeurs répétées de D , S_1 et S' . Ces additions ont lieu lorsque le signal du capteur s'élève au-delà de la longueur du segment. Le processeur comprend aussi un contrôleur qui augmente, d'un facteur, la valeur de l'intervalle de signal prédéterminée (longueur de segment) à chaque fois que le signal de sortie entre dans une région suivante de la courbe. Ainsi, lorsque les points de repère s'élèvent le long de la courbe, ils deviennent de plus en plus espacés, mais la précision n'en est pas affectée car ces points de repère se trouvent sur les parties plus linéaires de la courbe. Les exigences de stockage de données sont ainsi minimisées.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemple nullement limitatif et sur lesquels :

la figure 1 est un exemple d'une courbe de réponse tension/température d'un capteur et elle montre comment des valeurs de différences finies premières, deuxièmes et troisièmes sont dérivées ;

la figure 2 est un schéma fonctionnel simplifié d'un système réalisé conformément à l'invention ;

la figure 3 est un schéma fonctionnel plus détaillé du microprocesseur montré sur la figure 2 ;

la figure 4 est un bref listage de valeurs se trouvant dans la table de courbes de la figure 3 ;

la figure 5 est un graphique d'une courbe de réponse d'une tension et d'une sensibilité de thermocouple (dv/dt), et elle montre comment cette courbe de réponse est divisée en régions ayant des segments de dimensions croissantes à des températures croissantes ;

les figures 6a, 6b, 6c et 6d montrent un organigramme de haut niveau du procédé de linéarisation de l'invention ; et

5 la figure 7 est un organigramme partiel détaillé d'une partie de la procédure montrée sur les figures 6a à 6d.

10 Bien que l'invention soit décrite dans le contexte d'un système de captage de température, il est bien entendu qu'elle peut être également appliquée à tout capteur dont le signal de sortie est une fonction non linéaire d'un stimulus d'entrée et présente des rythmes de variation de courbe décroissants à des valeurs de sortie plus élevées.

15 En référence à la figure 2, un capteur 20 qui, pour cet exemple, est un thermocouple, applique son signal de sortie à un circuit 22 de conditionnement du signal. Dans ce circuit, le signal est amplifié, filtré si cela est nécessaire et transmis à un convertisseur analogique-numérique (A/N) d'échantillonnage 24. Le convertisseur A/N 20 est de préférence un convertisseur à pente double du type connu dans l'art antérieur. En bref, il échantillonne le signal de sortie du circuit 22 de conditionnement de signal et pendant le temps d'échantillonnage, intègre ce signal, produisant une tension en rampe dont la valeur à la fin du 25 temps d'échantillonnage est proportionnelle au niveau moyen de la tension d'entrée pendant le temps d'échantillonnage. A la fin du temps d'échantillonnage, une tension de référence, appliquée par un conducteur 26, est commutée dans l'intégrateur et une rampe de pente opposée commence 30 vers le bas en direction de la tension de départ en rampe. A ce moment, il est commencé un comptage qui s'achève au moment où la tension en rampe décroît vers la tension de départ de rampe. Cette égalité est déterminée dans un comparateur 30 par détection de la tension en rampe sur la 35 ligne 32 et comparaison de cette tension à la tension de

départ en rampe sur la ligne 26. Lorsque l'égalité est détectée, une impulsion de sortie est appliquée par le comparateur 30 à une ligne 34 qui fait cesser le comptage. Cette impulsion est également transmise à un micro-
5 processeur 28 en tant qu'indication de l'achèvement du comptage, le compte représentant le niveau de la tension d'échantillonnage. La cadence d'échantillonnage du convertisseur A/N 24 est commandée par un ordre de sortie apparaissant sur une ligne 36 provenant du microprocesseur
10 28.

Pendant la génération du comptage de tension, celui-ci est transmis continuellement au microprocesseur 28 où il est converti en des valeurs de température D par un programme de linéarisation. Un visuel 38, peu après la
15 réception de l'impulsion de sortie du comparateur 30 indiquant que le comptage de tension est le dernier pour l'échantillon, affiche la valeur D.

En référence à présent à la figure 3, il est montré un schéma fonctionnel simplifié du microprocesseur
20 28. Une unité arithmétique et logique (ALU) 50 communique avec d'autres éléments du système par un bus 52. Le comptage de tension provenant du convertisseur A/N 24 est placé sur le bus 52 et est reçu et travaillé par l'unité ALU 50. De plus, le signal de sortie du comparateur 30 est
25 également appliqué au bus 52 et amène l'unité arithmétique logique 50 à produire un signal de sortie pour le visuel 38 indiquant la valeur de température souhaitée, une fois validée par l'achèvement du programme de calcul. Plusieurs registres 54, 56, 58 et 60 sont couplés au bus 52 et sont
30 utilisés pour stocker les valeurs de D, S, S' et S" pendant le fonctionnement de l'algorithme de linéarisation. La fonction de ces registres sera considérée durant la description de l'algorithme ci-dessous.

Une table de courbes est stockée initialement
35 dans une mémoire morte (ROM) et amenée à une mémoire vive

(RAM) 62 lorsque le type de capteur particulier qui lui correspond est choisi. Bien qu'une seule table de courbes soit décrite ci-après, il est bien entendu que la mémoire vive 62 peut être chargée séquentiellement d'un nombre
5 quelconque de tables de courbes calculées chacune à l'avance spécifiquement pour un type de capteur particulier.

Pour mieux comprendre le contenu de la table 62 de courbes, on se réfère de nouveau à la figure 1, où il
10 est rappelé que la courbe 10 est un tronçon d'une courbe de réponse d'un capteur de température, dans ce cas. On suppose en outre que les points de repère D_0 - D_5 représentent les valeurs de températures les plus basses pouvant être captées par le capteur et que la courbe 10 est au
15 maximum non linéaire entre ces valeurs de repère. Par conséquent, le tronçon de la courbe 10 compris entre les valeurs de repère D_0 - D_5 sera défini ci-après comme étant une "région" et la différence de tension entre des points de repère successifs (exemple D_1 - D_2) sera définie comme
20 étant un "segment" L.

Dans la première région de la courbe 10, les segments L sont d'une valeur égale et petite. Dans chacune des régions successives, la dimension du segment L est doublée. La valeur d'un segment L peut commencer à 32
25 microvolts, mais pour des thermocouples communément utilisés, elle peut descendre à 8 microvolts ou s'élever à 64 microvolts. En général, la première région de la courbe 10 est affectée à sa partie la moins linéaire (généralement
30 proche de la zone de sensibilité à la température la plus basse) afin que les segments de microvolts les plus petits y soient affectés et que, par suite, un grand nombre de petits segments soit affecté à la zone où la non-linéarité est la plus élevée. Par conséquent, une courbe de réponse non linéaire est divisée en un certain nombre de régions,
35 chaque région ayant un certain nombre de segments, des

régions successivement plus élevées sur la courbe de réponse ayant des longueurs successivement doublées. Bien qu'un facteur de deux soit décrit pour les accroissements de la dimension de la valeur des segments, d'autres facteurs aisément stockés pourraient également être utilisés.

En référence à présent à la figure 4, la table 62 de courbes comporte, pour la première région, un premier repère égal au signal de sortie de départ D_0 , un deuxième repère égal à la différence finie première (pente) pour le premier segment S_1 , un troisième repère égal à la différence finie seconde (courbure) pour le deuxième segment, $S'(2)$, et une quatrième valeur égale à la différence finie troisième (rythme de variation de courbure) pour le troisième segment $S''(3)$. Les cinquième et sixième valeurs de la table sont $S''(4)$ et $S''(5)$, respectivement.

A partir de la septième valeur de table, chaque repère de la table est utilisé trois fois : à savoir le septième repère = $S''(6) = S''(7) = S''(8)$ et le huitième repère = $S''(9) = S''(10) = S''(11)$ et ainsi de suite. Cette compression "triadique" est possible car le lissage thermodynamique à des températures plus élevées réduit les dérivées d'ordre élevé à de faibles valeurs variant lentement.

Ces dérivées inférieures permettent aussi une compression de la table dans la longueur de repère allouée : $D(0)$ exige trois multiplets (de huit bits chacun) pour une haute précision et $S(1)$ à $S''(6)$ peuvent chacun être contenus dans deux multiplets et $S''(7)$ à $S''(9)$ ont seulement besoin d'un repère d'un multiplet. Les deux valeurs suivantes de la table ($S''(10) = S''(11) = S''(12)$ et $S''(13) = S''(14) = S''(15)$) ont besoin d'un quartet (4 bits) chacune, de sorte qu'elles tiennent toutes deux dans l'espace d'un multiplet de la table. Au-delà de ce point, chaque repère triadique nécessite seulement un intervalle

(2 bits) d'espace, ce qui permet un tassement très dense.

Les dérivées supérieures continuent de diminuer avec la température, de sorte qu'il est encore possible de comprimer les données en changeant la longueur des segments. Après que S"(39) a été utilisé pour calculer D(39), une nouvelle région de la courbe commence, dans laquelle chaque segment est double de la longueur de ceux se trouvant dans la première région (et chaque triade a donc encore besoin de seulement un intervalle d'espace). Un autre doublement de la longueur des segments apparaît après S"(75), S"(111) et S"(159).

Par exemple, si la longueur de segment suivant S"(39) était de 32 microvolts, elle s'élève à 64 microvolts suivant S"(75), à 28 microvolts suivant S"(111), à 256 microvolts suivant S"(159) et achève la courbe à 512 microvolts (jusqu'à 256 segments au total).

En utilisant cet agencement, la table de courbes peut stocker, en juste 35 multiplets, suffisamment de repères pour calculer des températures avec une précision supérieure à 0,1 degré sur une plage de plus de 1500 degrés Celsius.

En référence à présent à la figure 5, une courbe 70, dont l'échelle est indiquée sur le côté gauche de la figure, est un tracé d'une courbe de réponse d'un thermocouple réel allant d'environ -270°C à 1400°C. Une courbe 72, dont l'échelle se trouve sur le côté droit de la figure, montre la variation du gain du capteur (microvolt par degré C). Les affectations de segment à des régions de millivolts et les plages correspondantes du gain du capteur illustrent la sensibilité de l'invention sur la plage de températures indiquée.

En référence à présent aux figures 6a à 6d et à la figure 7, on décrira ci-après l'opération effectuée par le microprocesseur 28 en réponse à des tensions d'échantillonnage d'entrée reçues du convertisseur A/N 24. Comme

indiqué précédemment, la table de courbes dans la mémoire vive 62 est préchargée d'une valeur D_0 de repère de sortie de départ, d'une valeur S_1 de différence finie première (pente), d'une valeur S'_2 de valeur de différence finie seconde (courbure) et de plusieurs valeurs de différences finies troisièmes, à partir de S''_3 (rythme de variation de courbure pour le troisième segment).

Comme indiqué au pavé 100, les registres 54, 56, 58 et 60 sont chargés aux valeurs initiales au commencement d'un cycle de mesure. Ensuite, la valeur L de segment est établie de façon à être égale à une valeur initiale en microvolts (une valeur égale à un comptage provenant d'un convertisseur A/N 24). La valeur de L détermine lorsqu'un nouveau calcul a lieu pour établir une nouvelle valeur de repère le long de la courbe de réponse. Comme indiqué précédemment, dans des régions successives de la courbe 10 de réponse, la valeur de L est décalée pour espacer davantage les points de référence.

Une fois que la valeur de segment L est établie, le microprocesseur 28 continue de contrôler le comptage de la valeur de tension (pavé 104) et de tester si le comptage est égal à (ou supérieur à) L (pavé 106). L'action de contrôle se poursuit jusqu'à ce que le compte soit égal à L . Une fois que l'on trouve que le compte est égal à L , indiquant ainsi que le premier segment le long de la courbe de réponse 10 a été parcouru, un compteur (non représenté) de segments à l'intérieur du microprocesseur 28 est établi à 1 (pavé 108). La valeur S_1 de différence finie première est alors additionnée à la valeur D_0 du point de repère pour obtenir D_1 . Le registre D , 54, est mis à jour pour indiquer la nouvelle valeur (pavé 110).

Le système continue de contrôler le compte de valeur de tension (pavé 112) et lorsque le compte est égal à $2L$ (pavé 114), il établit le compteur de segment à 2 (pavé 116). En ce point, la valeur de D_2 doit être

déterminée et ceci est réalisé comme indiqué dans le pavé 118. En particulier, la valeur de la différence finie seconde S'_2 et stockée dans le registre S' 58 est additionnée à la valeur de la différence finie première S_1 stockée dans le registre S 56, pour que l'on obtienne S_2 (la pente entre les points de repère D_1 et D_2). La valeur de S_2 remplace la valeur de S_1 dans le registre S 56 et est additionnée à la valeur D_1 dans le registre D 54 pour que l'on obtienne une nouvelle valeur de point de repère D_2 . Cette valeur est écrite dans le registre D 54 à la place de D_1 .

Le système continue ensuite de contrôler le compte de tension (pavé 120) et lorsque le compte est égal à $3L$ (pavé 122), il positionne le compteur de segment à 3 (pavé 124). Il calcule ensuite la valeur d'un nouveau point de repère, mais commence à présent à utiliser les valeurs stockées de la différence finie troisième. Comme montré dans le pavé 126, la valeur de S_3'' est stockée dans le registre S'' 60 est additionnée à la valeur de S_2' stockée dans le registre S' 58 pour que l'on obtienne S_3' (courbure de courbe de réponse entre les points de repère D_1 et D_3). La valeur de S'_3 est insérée dans le registre S' 58 qui remplace la valeur S_2' . La valeur S_3' est ensuite additionnée à la valeur S_2 de registre S 56 pour que l'on obtienne une nouvelle valeur S_3 de la différence finie première qui est chargée dans le registre S 56. Cette valeur est ensuite additionnée à D_2 pour que l'on obtienne D_3 qui est écrit dans un registre D 54.

On peut donc voir que ces calculs comprennent en premier le calcul d'une nouvelle différence finie seconde à partir d'une différence finie troisième stockée ; le calcul d'une nouvelle différence finie première à partir de la différence finie seconde ainsi calculée et, finalement, le calcul d'un nouveau point de repère à partir de la différence finie première calculée additionnée à une valeur

de point de repère précédente.

Comme montré sur la figure 6c, le processus se poursuit par un contrôle du compte de valeur de tension (pavé 128) jusqu'à ce qu'il soit déterminé que le compte est un multiple entier de L et est égal ou supérieur à 4L (pavé 130). S'il en est ainsi, le compteur de segment est établi de façon à être égal à la valeur entière (pavé 132) et le calcul précité est répété pour que l'on obtienne la nouvelle valeur de point de repère. Les règles sont indiquées dans un pavé 134 et sont les suivantes : (1) additionner la nouvelle valeur de S" à l'ancienne valeur de S' pour obtenir la nouvelle valeur de S'. (2) Additionner la nouvelle valeur de S' à l'ancienne valeur de S pour obtenir la nouvelle valeur S. (3) Additionner la nouvelle valeur de S à l'ancienne valeur de D pour obtenir la nouvelle valeur de D. Une fois que ces valeurs sont obtenues, les registres D, S et S' sont mis à jour à une nouvelle valeur de S" est obtenue à partir de la table de courbes dans la mémoire vive 62 en préparation du cycle de calcul suivant. On peut donc voir que le stockage de valeurs de différence finie troisième permet de calculer de nombreux points de repère et réduit la quantité de stockage demandée à la table de courbes 62.

Pour réduire encore la quantité de stockage demandée dans la table de courbes 62, on augmente les dimensions des segments L pendant que le système s'élève le long de la courbe de réponse. Ceci est réalisé par l'interrogation du compteur de segment dans le microprocesseur 28 pour déterminer si son compte est égal à un point de décalage de la plage de tensions (pavé de décision 136). Si la réponse est non, le programme se recycle au pavé 132 et continue comme représenté. Si le compteur de segment indique un point de décalage de la plage de tensions, par exemple D_n , le système accède alors à la valeur de différence finie troisième, S''_n correspondant à ce point de

repère (pavé 140).

Ainsi qu'on peut le voir d'après la figure 6d, le système double ensuite la valeur de L (pavé 144) et, ensuite, contrôle la tension et continue les calculs comme
5 montré sur la figure 6c. Il convient cependant de noter que, lorsque la valeur de segment L est doublée, il est nécessaire de modifier les valeurs dans les registres 54, 56 et 58 pour empêcher des discontinuités d'apparaître à un point de décalage de la plage de tensions. A cet effet, les
10 calculs ont lieu comme montré dans le pavé 142 et comprennent les points suivants. Pour obtenir une nouvelle différence finie seconde S'_n , (n = le numéro du point de repère au point de décalage), la valeur accédée de S_n (différence finie troisième) est additionnée à ($S'_{n-1} +$
15 $2S'_{n-2} + S'_{n-3}$). La nouvelle valeur de S'_n est ensuite additionnée à $S_{n-1} + S_{n-2}$ pour que l'on obtienne une nouvelle valeur de différence finie première S_n . Pour obtenir le nouveau point de repère D_n , la valeur de repère nouvellement calculée de S_n est additionnée à D_{n-1} . A
20 partir de ces calculs, on peut voir que l'unité arithmétique et logique 50 doit conserver dans sa mémoire, au fur et à mesure que les calculs ont lieu, les valeurs des deux différences finies secondes précédentes et de l'avant-dernière différence finie première, ainsi que les valeurs
25 présentes dans les registres 54, 56 et 58.

Les valeurs nouvellement calculées de S'_n , S_n et D_n sont à présent chargées dans les registres 54, 56 et 58, et le système est ensuite préparé pour continuer le contrôle de la tension et la détermination des valeurs de
30 point de référence comme montré sur la figure 6c, jusqu'à ce qu'un nouveau point de décalage de la plage de tensions apparaisse, point auquel les registres sont de nouveau mis à jour comme indiqué.

Dans l'opération de contrôle de tension, comme
35 montré sur la figure 7, le microprocesseur 28 continue

d'attendre une impulsion de sortie du comparateur 30 (pavé 130) qui indique que le compte de sortie de tension provenant du convertisseur A/N a atteint la tension de référence (fin du temps d'échantillonnage). En ce point, la
5 valeur du compte de tension est saisie et, si elle ne recouvre pas exactement un point de repère (comme cela est habituel), mais s'étend entre deux points de repère D_n et D_{n+1} , sa valeur est interpolée linéairement entre eux pour que l'on obtienne une mesure pour D (pavé 152). Cette
10 valeur est alors affichée (pavé 154) sur le visuel 38.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'appareil de traitement décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Appareil de traitement pour contrôler un élément capteur (20) dont le signal de sortie suit une courbe non linéaire en réponse à des variations linéaires d'un phénomène contrôlé, et convertir ledit signal de sortie du capteur en des valeurs de sortie de repère du phénomène, l'appareil étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens à mémoire (62) destinés à stocker une table comprenant une valeur de point de repère de départ D du phénomène sur ladite courbe, une valeur de pente de départ S vers un autre point de repère sur ladite courbe, une valeur de courbe de départ S' vers un autre point de repère encore sur ladite courbe, et plusieurs valeurs de rythme de variation de courbure S" de ladite courbe, ladite valeur de S" pour une région initiale de ladite courbe étant dérivée sur la base d'une valeur d'un segment de signal initial entre des valeurs de points de repère, des valeurs de S" pour les régions successives de ladite courbe étant dérivées par accroissement d'un facteur préalablement calculé de ladite valeur de segment de signal pour chacune des régions successives de la courbe, l'appareil comportant en outre des moyens de calcul (28) destinés à calculer une valeur de point de repère de sortie en combinant lesdites valeurs S", S', S et D, cette combinaison ayant lieu lorsque le signal de sortie du capteur s'élève de ladite valeur de segment de signal de sortie jusqu'à une valeur de point de repère suivante, et des moyens de commande (28) destinés à augmenter d'un facteur ladite valeur de segment de signal de sortie à chaque fois que la valeur de signal de sortie entre dans une région suivante de ladite courbe.

2. Appareil de traitement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de calcul calculent lesdites valeurs de point de repère de sortie par des additions répétées desdites valeurs S", S', S et D.

3. Appareil de traitement selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de commande, en provoquant un accroissement de ladite valeur de segment du signal de sortie, amènent lesdits moyens de calcul à
 5 recalculer les valeurs de D, S et S' pour un tronçon immédiatement précédent de ladite courbe, afin de permettre une transition progressive entre les tronçons de courbe.

4. Appareil de traitement selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de commande
 10 augmentent d'un facteur de deux la valeur de segment du signal de sortie.

5. Appareil de traitement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de calcul, après que ladite valeur de signal de sortie du capteur s'est
 15 élevée d'une valeur d'intervalle de sortie, exécutent la première série suivante de calculs :

addition d'une nouvelle valeur de S" à une valeur précédente S' pour obtenir une nouvelle valeur de S' ; addition de la nouvelle valeur
 20 de S' à une ancienne valeur de S pour obtenir une nouvelle valeur de S ; et addition de la nouvelle valeur de S à une ancienne valeur D pour obtenir une nouvelle valeur de D.

6. Appareil de traitement selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens de calcul, après que ladite valeur de signal de sortie du capteur s'est
 25 élevée jusque dans un tronçon de courbe suivant délimité par une valeur de point de repère D_n , exécutent la seconde série suivante de calculs :

30 addition $S''_n + S'_{n-1} + 2S'_{n-2} + S'_{n-3}$ pour obtenir une nouvelle valeur de S'_n ; addition nouveau $S'_n + S_{n-1} + S_{n-2}$ pour obtenir une nouvelle valeur de S_n ; et addition nouveau $S_n + D_{n-1}$ pour obtenir une nouvelle valeur de D_n .

7. Appareil de traitement selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de calcul déterminent que ladite valeur de signal de sortie du capteur s'est élevée dans un tronçon de courbe suivant en accumulant un compte de segments de signaux de sortie en procédant à un test dudit compte accumulé vis-à-vis de valeurs prédéterminées.

8. Appareil de traitement selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdites valeurs prédéterminées sont choisies de manière que des régions de ladite courbe qui sont plus non linéaires soient décrites par de plus grands nombres de segments plus petits que pour des régions égales de réponse plus linéaire.

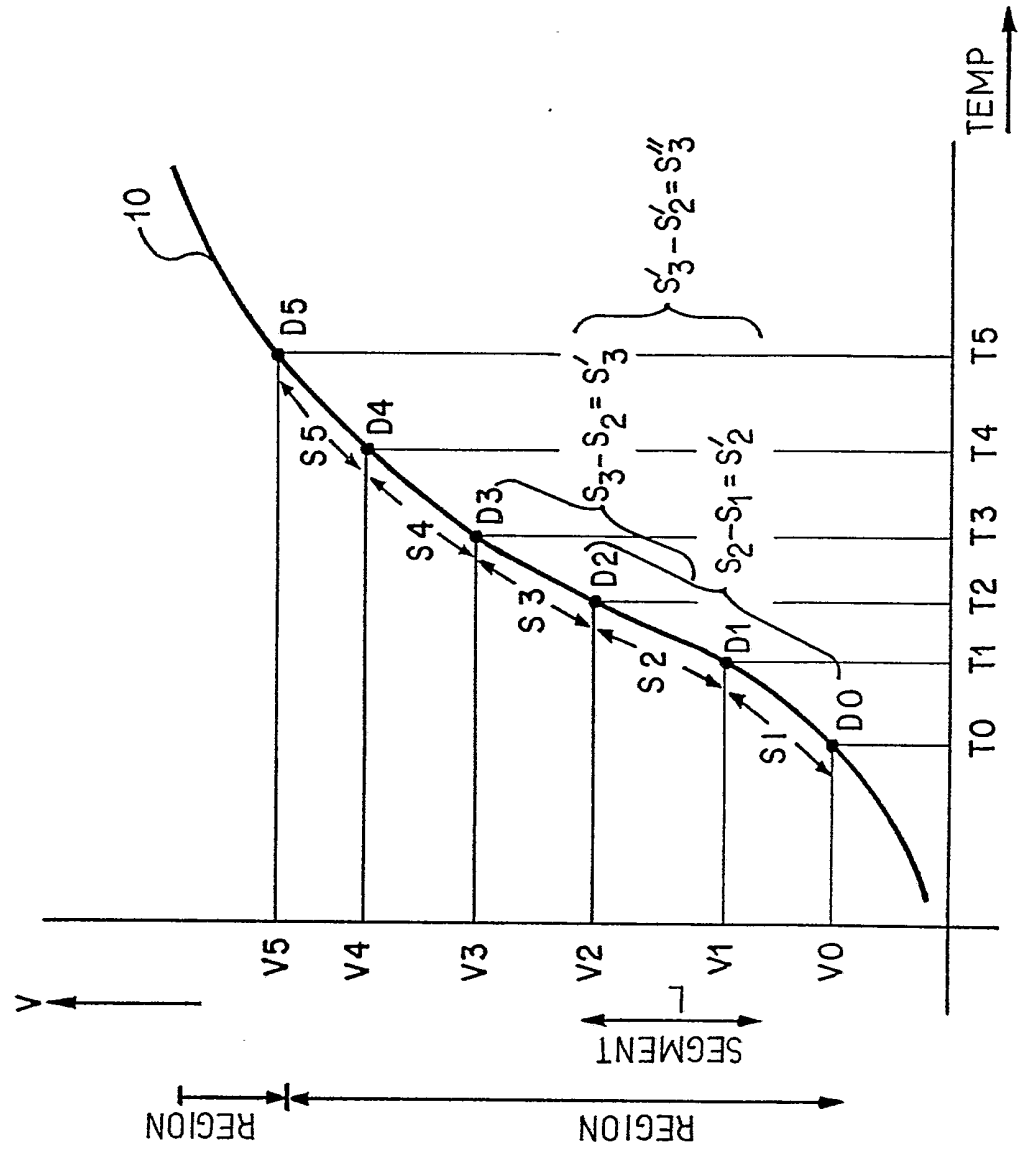


FIG.1

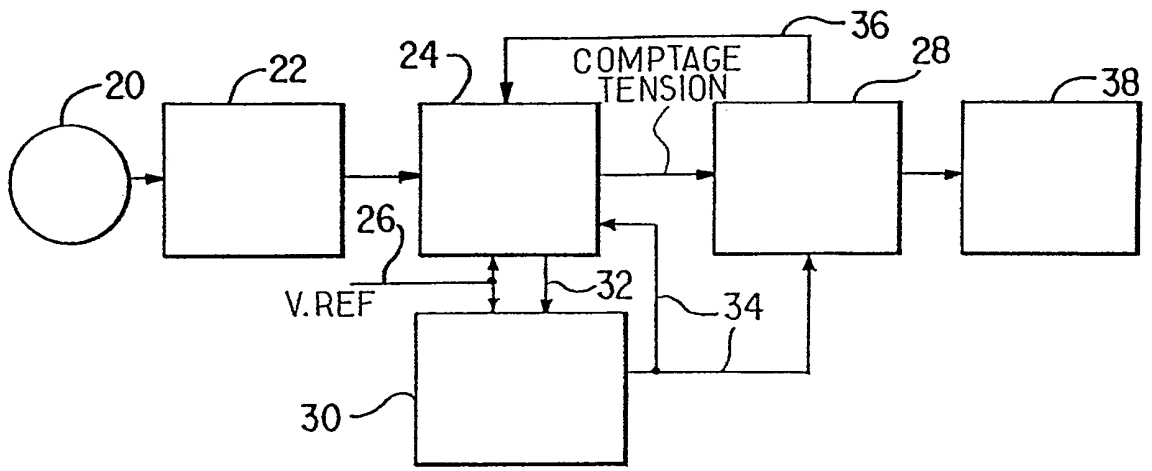


FIG. 2

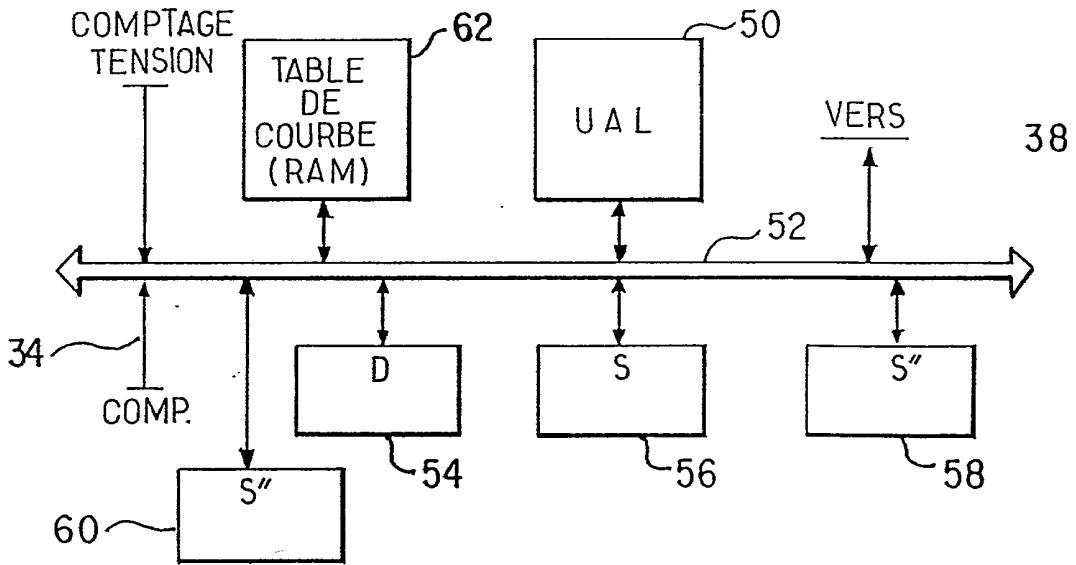


FIG. 3

TABLE DE COURBE

REGION I		TRIADE		
$D_0, S_1, S'_2, S''_3, S''_5, S''_6, S''_7,$		$(= S''_8, S''_9)$		
$S''_{10} (= S''_{11,12}), \dots, S''_{39}$		$\dots S''_{75}$	$\dots S''_{111}$	$\dots S''_{159}$
TRIADE		REGION II	REGION III	REGION IV ECT.

FIG. 4

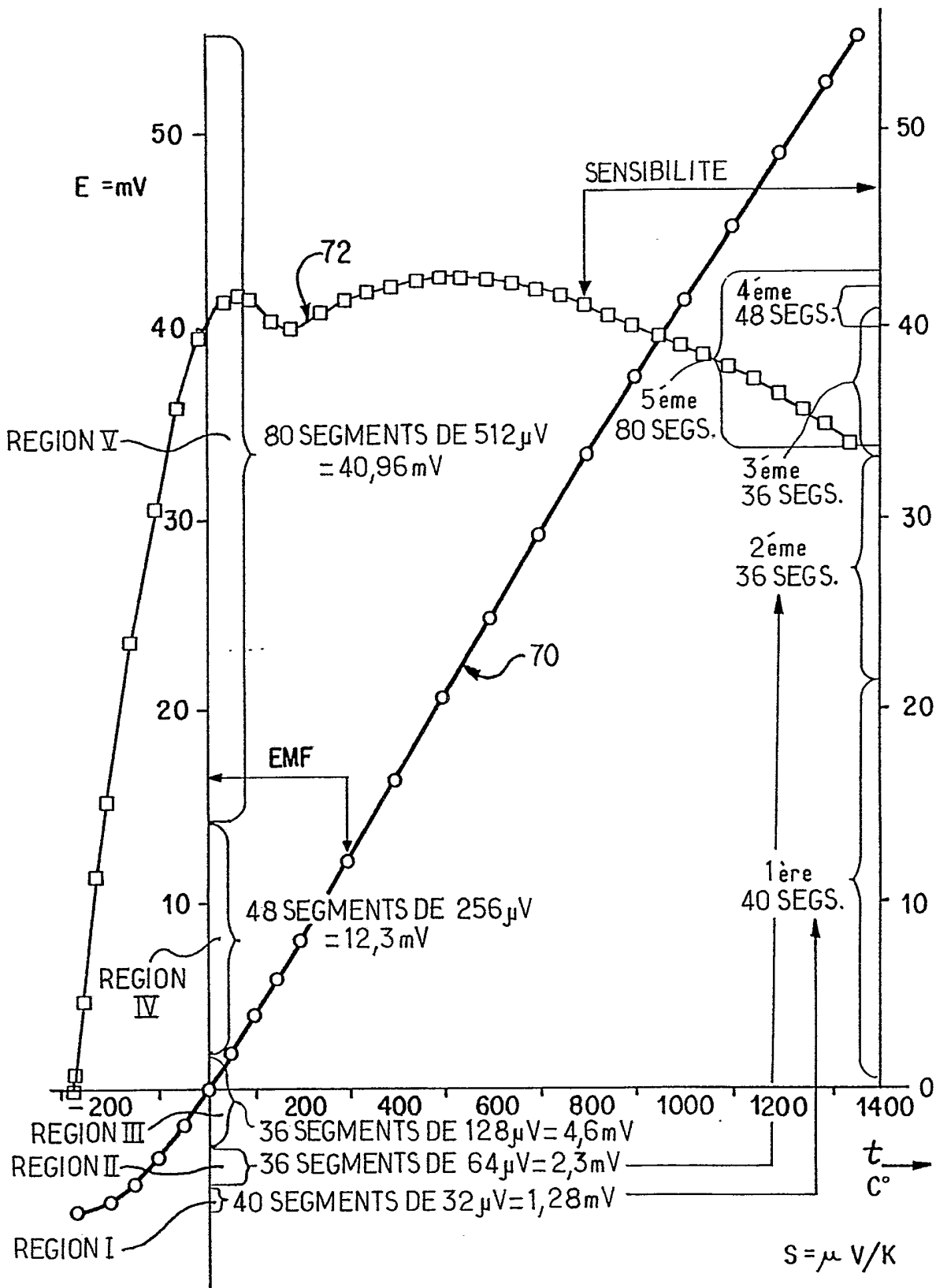


FIG. 5

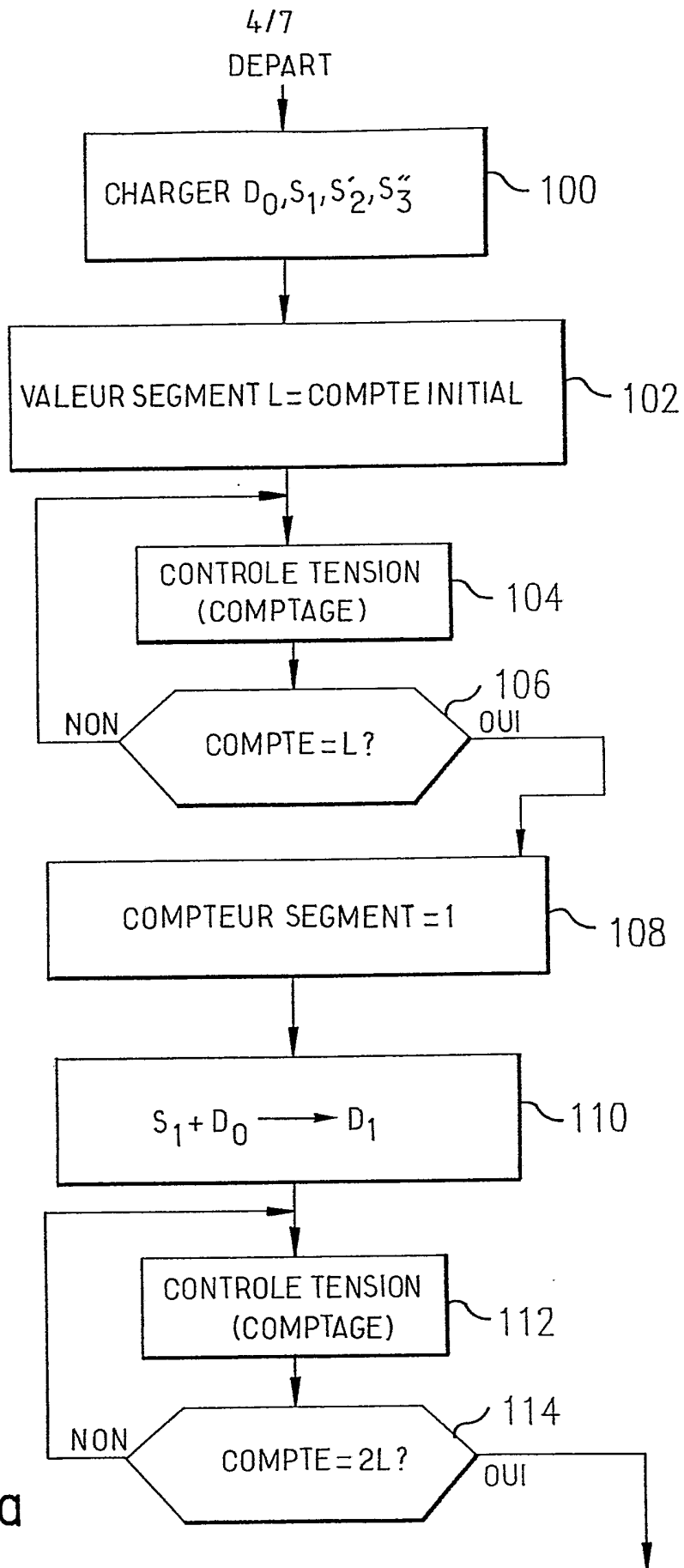


FIG.6 a

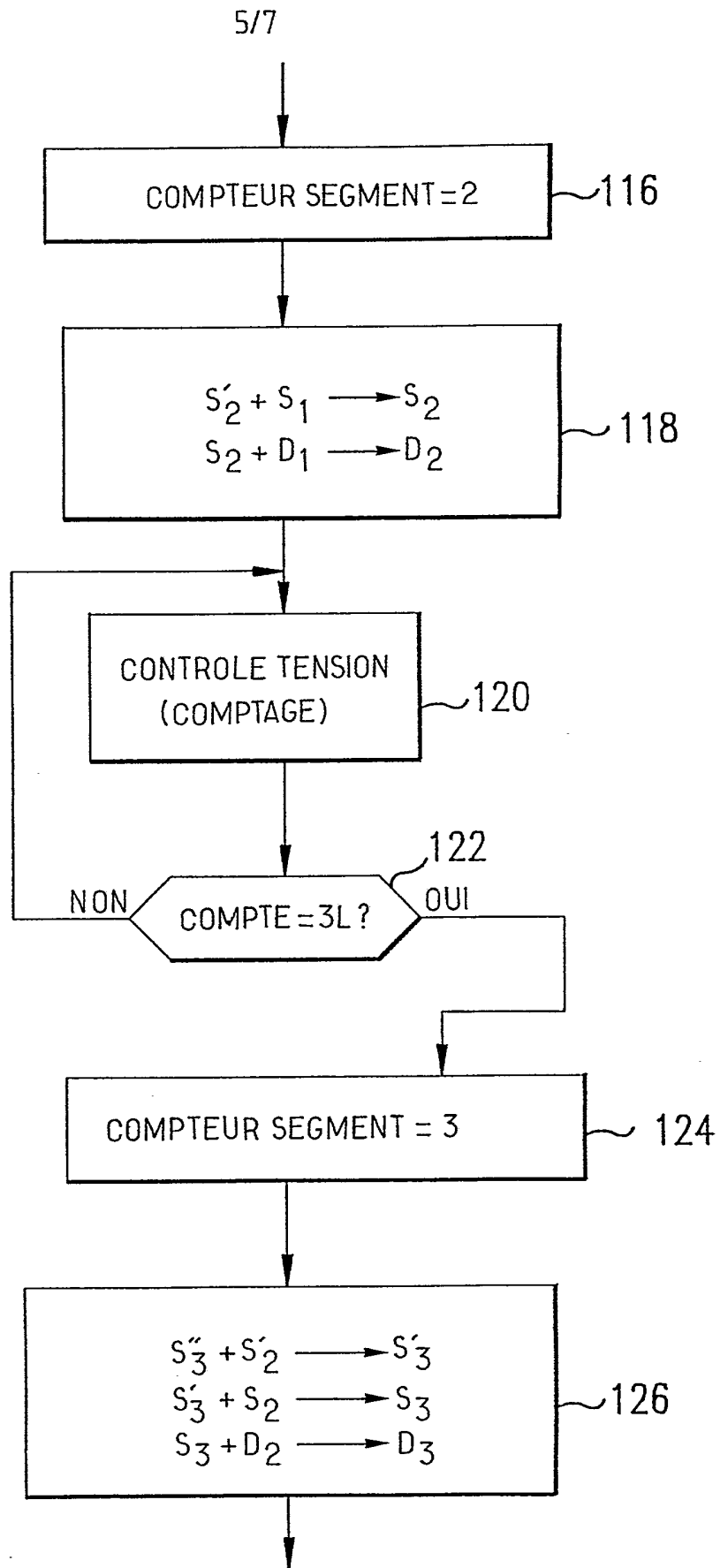


FIG.6 b

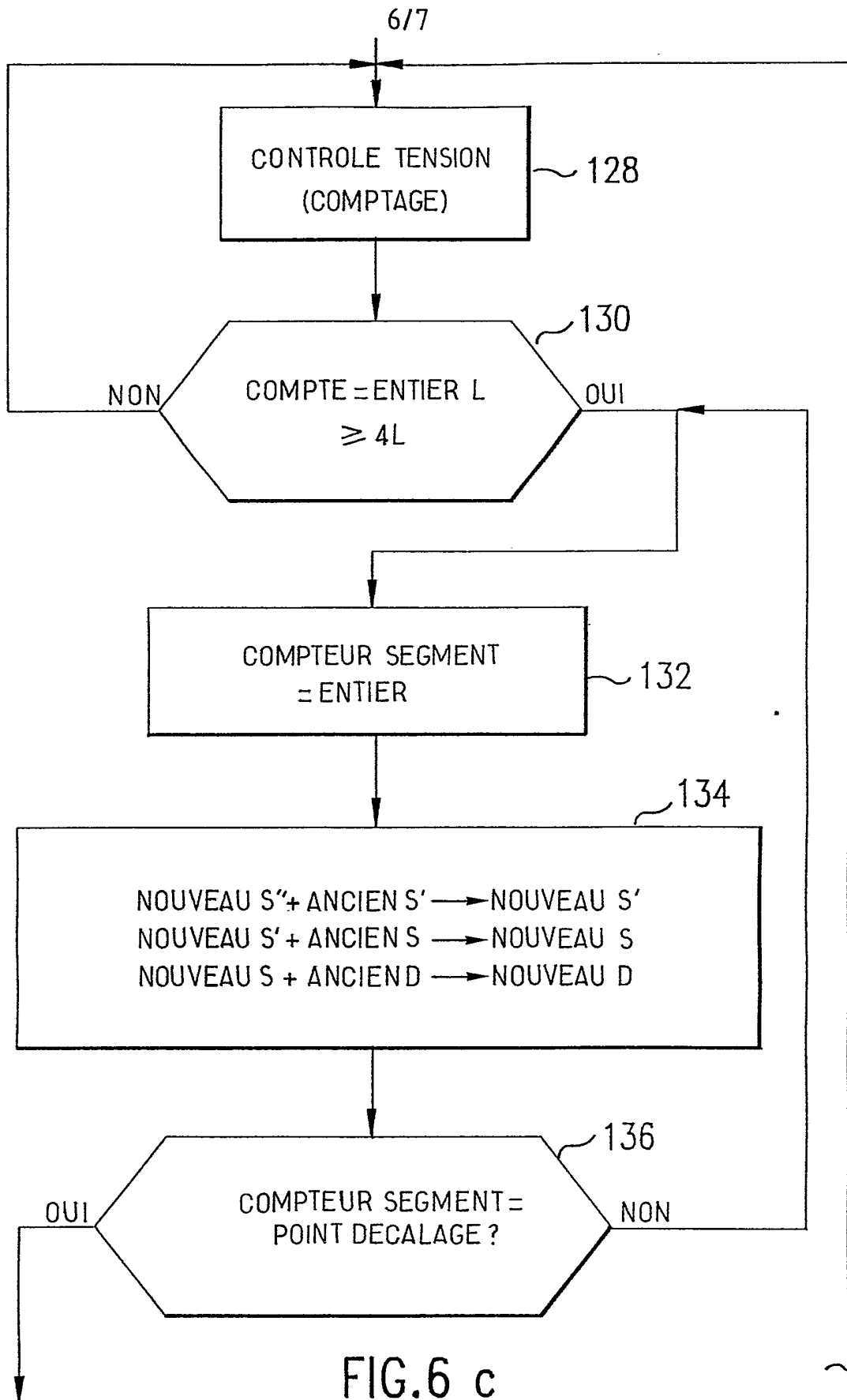


FIG. 6 c

