

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 18605

(54) Dispositif de numérisation de signaux analogiques.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 03 K 13/22; A 61 B 5/02.

(22) Date de dépôt..... 2 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Pays-Bas, 8 octobre 1980, n° 80 05 549.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 9-4-1982.

(71) Déposant : NV PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, société anonyme de droit néerlandais,
résidant aux Pays-Bas.

(72) Invention de : Stephanus Johannes Hogeland.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Christian Landousy, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

"Dispositif de numérisation de signaux analogiques."

L'invention concerne un dispositif pour numériser un signal analogique dont la valeur moyenne est constante, ledit dispositif comportant un modulateur en delta conçu pour
5 échantillonner le signal durant des intervalles de temps consécutifs, la durée de chaque intervalle étant égale à celle de n impulsions d'un générateur de signal d'horloge, et pour débiter m impulsions par intervalle, la valeur de m étant inférieure ou égale à n et fonction de la différence
10 entre les valeurs du signal au début et à la fin de l'intervalle.

Un tel dispositif est utilisable par exemple pour numériser un signal d'électrocardiogramme pour son traitement ultérieur. Un signal d'électrocardiogramme est un signal plus
15 ou moins périodique dont la valeur moyenne est égale à zéro ou à un potentiel de contact (constant) qui se produit entre les électrodes et l'épiderme d'un patient. Or, on a constaté qu'en conséquence d'imprécisions dans le modulateur en delta, des signaux parasites sont ajoutés au signal en question, ce
20 qui évidemment est gênant pour le traitement ultérieur de celui-ci. Le but de l'invention est d'éloigner ces signaux parasites gênants tout en conservant l'information utile.

A cet effet, le dispositif conforme à l'invention est remarquable en ce que la sortie du modulateur en delta est
25 raccordée à un circuit de correction conçu comme filtre passe-haut numérique.

L'invention repose sur l'idée que les signaux parasites provoqués par le modulateur en delta ont un caractère continu augmentant ou descendant lentement, de sorte qu'à l'aide d'un
30 filtre passe-haut, il est possible de les isoler d'un signal d'électrocardiogramme qui, exception faite du potentiel de contact non important ne comporte pratiquement pas de composantes très basse fréquence.

Un mode de réalisation favorable du dispositif conforme
35 à l'invention est remarquable en ce que le circuit de correction est conçu pour soustraire du signal qui lui est fourni,

la valeur moyenne progressive de ce signal.

La description suivante, en regard du dessin annexé, le tout donné à titre d'exemple, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

5 La figure 1 est un schéma synoptique illustrant un exemple de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention.

La figure 2 est un schéma de principe illustrant un exemple de réalisation d'un modulateur en delta à utiliser dans un dispositif selon la figure 1;

10 La figure 3 est le schéma de principe illustrant un exemple de réalisation d'un filtre passe-haut adaptatif à utiliser dans le dispositif selon la figure 1.

Le dispositif que montre la figure 1 comporte une entrée 1 à travers laquelle un signal d'électrocardiogramme peut
15 être fourni à un modulateur en delta 3. A travers un transformateur de séparation 4, la sortie de ce modulateur 3 est raccordée à un compteur 5 capable de compter dans les deux sens et raccordé à son tour à un filtre passe-haut adaptatif 7 dont le signal de sortie est fourni à la sortie 9 du dis-
20 positif. Le modulateur 3 et le compteur 5 sont commandés par un générateur de signal d'horloge 11. Le signal d'électrocardiogramme numérisé apparaissant à la sortie 9 peut être fourni, pour son traitement ultérieur, à une calculatrice 13, par exemple un microprocesseur.

25 La figure 2 illustre plus en détail un exemple de réalisation du modulateur en delta 3. Ce modulateur comporte une première entrée 15 à laquelle est fourni le signal d'électrocardiogramme analogique en provenance de l'entrée 1, ainsi qu'une deuxième entrée 17 à laquelle est fournie une tension
30 de référence. Par l'intermédiaire d'un premier amplificateur 19 dont le coefficient d'amplification est par exemple égal à 10, la première entrée 15 est raccordée à une première entrée 20 d'un comparateur 21. Par l'intermédiaire d'un
35 deuxième amplificateur 23, la deuxième entrée 17 est raccordée à une armature d'un condensateur 25 dont l'autre armature est raccordée à la deuxième entrée 26 du comparateur 21.

La sortie du comparateur 21 est raccordée à l'entrée D d'un élément bistable 27 dont l'entrée-C 29 est raccordée au générateur de signal d'horloge 11 dessiné sur la figure 1. La sortie-Q de l'élément bistable 27 commande un commutateur électronique 31 et est raccordée également à la sortie 33 du modulateur en delta. Le commutateur électronique 31 comporte deux unités de commutation 35, 37, la première de ces deux unités pouvant au choix connecter l'armature du condensateur 25, raccordée au comparateur 21, à une source de courant positif 39 ou à une source de courant négatif 41, tandis que la deuxième unité connecte simultanément l'autre armature du condensateur à une source de courant négatif 43 ou à une source de courant positif 45.

Le fonctionnement de ce circuit a lieu comme suit. Lorsque la valeur instantanée du signal d'électrocardiogramme amplifié sur la première entrée 20 du comparateur 21 est inférieure à la tension sur la deuxième entrée 26 du comparateur, la sortie du comparateur et, partant, également l'entrée-D de l'élément bistable 27 sont le siège de la valeur logique 1. De ce fait, lors de l'apparition de la première impulsion suivante en provenance du générateur de signal d'horloge 11 sur l'entrée C de l'élément bistable 27, la sortie-Q de cet élément est également le siège de la valeur logique 1, ce qui a comme conséquence que le commutateur 31 est amené dans sa situation illustrée sur la figure. De ce fait, durant un court intervalle de temps t déterminé par le générateur 11, le condensateur 25 est raccordé à la source de courant 39 qui fournit audit condensateur 25 un courant I_H , de sorte que ce condensateur reçoit une charge $I_H t$ et que la tension sur la deuxième entrée 26 du comparateur 21 devient plus proche de la tension sur la première entrée 20. Simultanément, l'autre armature du condensateur 25 est raccordée à la source de courant négatif 43 qui évacue un paquet de charge $I'_H t$ pour empêcher que le paquet de charge $I_H t$ fourni par la source 39, ne perturbe la tension de référence.

Lorsque la tension sur la première entrée 20 du compa-
rateur 21 est inférieure à la tension sur la deuxième en-
trée 26, il apparaît sur l'entrée-D de l'élément bistable 27
la valeur logique 0 qui, à l'occasion de l'impulsion suivan-
te du générateur de signal d'horloge 11, amène le commutateur
5 31 dans son autre situation à travers la sortie Q, de sorte
qu'alors durant un intervalle de temps t , le condensateur 25
est raccordé à la source de courant négatif 41 et est dé-
chargé d'une charge $I_L \cdot t$. A titre de compensation, la source
10 de courant 45 fournit de nouveau une charge $I'_L \cdot t$ à l'autre
armature du condensateur.

Ce qui précède permet de constater qu'après un certain
nombre de périodes du générateur 11, les deux entrées 20 et
26 du comparateur 21 portent la même tension. Ensuite, chaque
15 augmentation du signal d'électrocardiogramme signifie qu'un
certain nombre de valeurs logiques 1 est fourni à la sortie
33, tandis que chaque diminution dudit signal signifie qu'un
certain nombre de valeurs logiques 0 est fourni à la sortie
33. Sur la base de la série de valeurs logiques 1 et 0 appa-
20 raissant à la sortie, on peut donc reconstruire à tout
instant la valeur du signal d'électrocardiogramme.

Toutefois, la pratique a permis de constater que le
raisonnement tenu ci-dessus n'est exact qu'approximativement,
parce que d'une part les deux sources de courant 39 et 41 ne
25 sont pas exactement égales et d'autre part que l'entrée 26 du
comparateur 21 présente une résistance d'entrée finie, de
sorte qu'à travers celle-ci un petit courant de fuite I_B
disparaît du condensateur 25. Ceci a comme conséquence que,
dans le cas où le condensateur 25 a été chargé durant un
30 certain nombre de périodes du générateur 11 et est ensuite
déchargé durant le même nombre de périodes, la tension de la
deuxième entrée 26 du comparateur 21 n'a pas repris sa valeur
d'origine. Inversement donc, un signal sur la première entrée
20, signal qui depuis une valeur déterminée augmente d'abord
35 avant de descendre ensuite vers sa valeur d'origine, produira
à la sortie 33 des nombres inégaux de valeurs logiques 0 et 1.

Dans le signal numérisé, cela se manifeste comme une tension qui augmente ou qui descend de façon continue et qui est superposée sur le signal.

Ce qui précède est expliqué ci-après en référence à un calcul. On admet d'abord que le courant de fuite vers le comparateur comme indiqué ci-dessus est égal à I_B , et que les sources de courant 39 et 41 ne sont pas identiques, de sorte que

$$I_H = I + \delta I \quad (1)$$

$$I_L = I - \delta I \quad (2)$$

Lorsque le commutateur 31 est dans sa situation illustrée sur la figure, le courant vers le condensateur 25 respecte l'expression :

$$I_u = I_H - I_N = I + \delta I - I_B = I - \Delta I \quad (3)$$

Dans l'expression précédente :

$$I_B - \delta I = \Delta I \quad (4)$$

Lorsque le commutateur 31 est dans la situation non illustrée sur la figure, le courant du condensateur 25 respecte l'expression

$$I_d = I_L + I_B = I - \delta I + I_B = I + \Delta I \quad (5)$$

Les expressions (3) et (5) ci-dessus permettent de se rendre compte que le processus de charge et de décharge peut être décrit comme ayant lieu à l'aide des sources de courant non identiques I_u et I_d , ces sources fournissant un courant qui est inférieur ou supérieur d'une quantité ΔI au courant I fourni par une source idéale.

Or, lorsque chaque fois durant un nombre invariable (n) de périodes de signal d'horloge, un compteur compte le nombre de périodes n_u où le courant I_u est enclenché ainsi que le nombre de périodes n_d où le courant I_d est enclenché (la référence n_u indiquant le nombre de valeurs logiques 1 et n_d indiquant le nombre de valeurs logiques 0 sur la sortie 33, avec $n = n_u + n_d$), il en découle entre les armatures du condensateur 25 l'accroissement de tension ΔV égal à

$$\Delta V = n_u \cdot I_u - n_d \cdot I_d = (n_u - n_d) \cdot I + (n_u + n_d) \cdot \Delta I \quad (6)$$

Etant donné que la somme $n_u + n_d = n$ est constante, on obtient :

$$\Delta V = (n_u - n_d) \cdot I + C \quad (7)$$

expression dans laquelle $C = n \Delta I$. (8)

Si maintenant, durant un intervalle de temps déterminé dont la durée est égale à n périodes d'horloge, le signal sur la première entrée 20 du comparateur 21 augmente d'un montant ΔS , l'accroissement de tension ΔV entre les armatures du condensateur 25 est égal à ΔS , de sorte que l'on obtient :

$$\Delta S = (n_u - n_d) \cdot I + C \quad (9)$$

Il en découle :

$$(n_u - n_d) : \frac{\Delta S - C}{I} \quad (10)$$

Lorsque la valeur moyenne du signal apparaissant à l'entrée 15 est constante, il faut que la valeur moyenne de ΔS sur une période plus longue soit égale à 0. De l'expression (10) toutefois, il découle que la valeur $n_u - n_d$ augmente ou diminue de façon continue à mesure que progresse le temps. Cela signifie que le train d'impulsions apparaissant à la sortie 23 représente un signal qui est formé par le signal sur l'entrée 15 et par un signal croissant ou décroissant de façon continue. Par conséquent, la valeur moyenne à la sortie du compteur 5 (figure 1) augmente toujours. Le filtre passe-haut 7 sert maintenant à ramener cette valeur moyenne à un montant constant, de sorte qu'il apparaît à la sortie 9 un signal numérique qui est une reproduction fidèle du signal analogique présenté sur l'entrée 1.

La figure 3 illustre un exemple de réalisation du filtre passe-haut 7. Ce filtre 7 comporte une entrée 47 à laquelle est fourni le signal $S(t)$ en provenance du compteur progressif-régressif 5. Ladite entrée 47 est raccordée à une entrée positive d'un premier additionneur 49 dont la sortie est raccordée d'une part à la sortie 9 du filtre 7 et d'autre part à un atténuateur 51 à facteur de multiplication $\ll 1$. La sortie de l'atténuateur est raccordée à une première entrée positive d'un deuxième additionneur 53 dont la sortie est raccordée à un élément retardateur 55 donnant lieu à un retard ΔT . La sortie de cet élément retardateur 55 est raccordée d'une part à une entrée négative du premier addi-

tionneur 49 et d'autre part à une deuxième entrée positive du deuxième additionneur 53.

Le fonctionnement de ce filtre a lieu comme suit. A un instant $T + \Delta T$, un signal numérique $S(T + \Delta T)$ apparaît sur l'entrée 47. Dans le premier additionneur, ledit signal $S(T + \Delta T)$ est diminué d'un signal $\bar{S}(T)$ qui s'identifie à la moyenne progressive du signal variable $S(t)$ à l'instant T . Dans l'atténuateur 51, le signal $S(T + \Delta T) - \bar{S}(T)$ est multiplié par le facteur de multiplication α , et le signal $\alpha \{S(T + \Delta T) - \bar{S}(T)\}$ qui en résulte est augmenté d'une quantité $\bar{S}(T)$ dans le deuxième additionneur 53. Le signal obtenu de la sorte, donc le signal $\bar{S}(T) + \alpha \{S(T + \Delta T) - \bar{S}(T)\}$ est retardé d'un temps ΔT dans l'élément retardateur 55. Le signal qui à l'instant $T + \Delta T$ quitte l'élément retardateur est donc le signal qui, à l'instant T , a pénétré dans l'élément retardateur 55 et ce signal est égal à :

$$\begin{aligned} & \bar{S}(T - \Delta T) + \alpha \{S(T) - \bar{S}(T - \Delta T)\} = \\ & = (-\alpha) \bar{S}(T - \Delta T) + S(T) = \bar{S}(T) \end{aligned}$$

En effet, la moyenne progressive à l'instant T est l'ancienne moyenne progressive à l'instant $T - \Delta T$, combinée avec la valeur instantanée du signal $S(t)$ à l'instant T , les deux composantes devant être multipliées par un facteur de pondération, et la somme de ces facteurs de pondération étant égale à 1.

Or, la valeur moyenne progressive d'un signal à valeur moyenne égale à zéro est pratiquement égale à zéro, tandis que la valeur moyenne progressive d'un signal augmentant linéairement dans le temps est égale à la valeur instantanée dudit signal diminuée d'un montant constant. Lorsque donc le signal $S(t)$ à l'entrée 47 est formé par un signal variable à valeur moyenne zéro combiné avec un signal augmentant linéairement dans le temps, le signal $S(t) - S(t - \Delta T)$ à la sortie 9 est égal au signal variable à valeur moyenne constante.

Dans l'exemple envisagé, le filtre passe-haut est formé par la combinaison de deux additionneurs, d'un atténuateur

et d'un élément retardateur. Il est évident que les opérations arithmétiques à effectuer sur le signal à l'aide de ce filtre peuvent être réalisées également par une calculatrice programmée de façon adéquate, par exemple le microprocesseur 13.

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif pour numériser un signal analogique dont la valeur moyenne est constante, ledit dispositif comportant un modulateur en delta (3) conçu pour échantillonner le signal durant des intervalles de temps consécutifs, la durée de chaque intervalle étant égale à celle de n impulsions d'un générateur de signal d'horloge, et pour débiter m impulsions par intervalle, la valeur de m étant inférieure ou égale à n et fonction de la différence entre les valeurs du signal au début et à la fin de l'intervalle, caractérisé en ce que la sortie du modulateur en delta (3) est raccordée à un circuit de correction (7) conçu comme filtre passe-haut numérique.

2.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de correction (7) est conçu pour soustraire du signal qui lui est fourni la valeur moyenne progressive de ce signal.

PL. 1/1

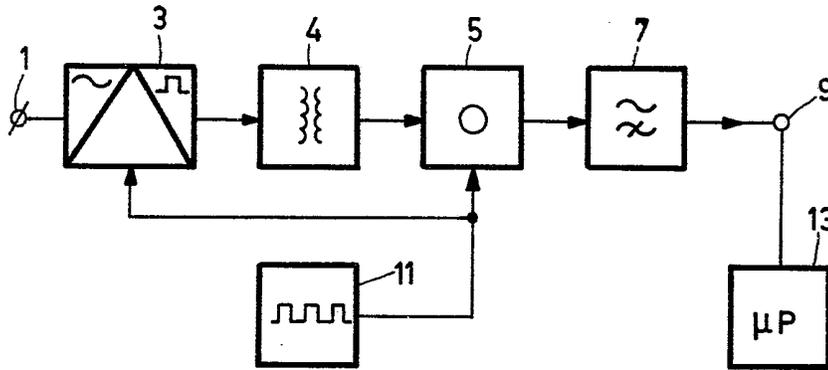


FIG. 1

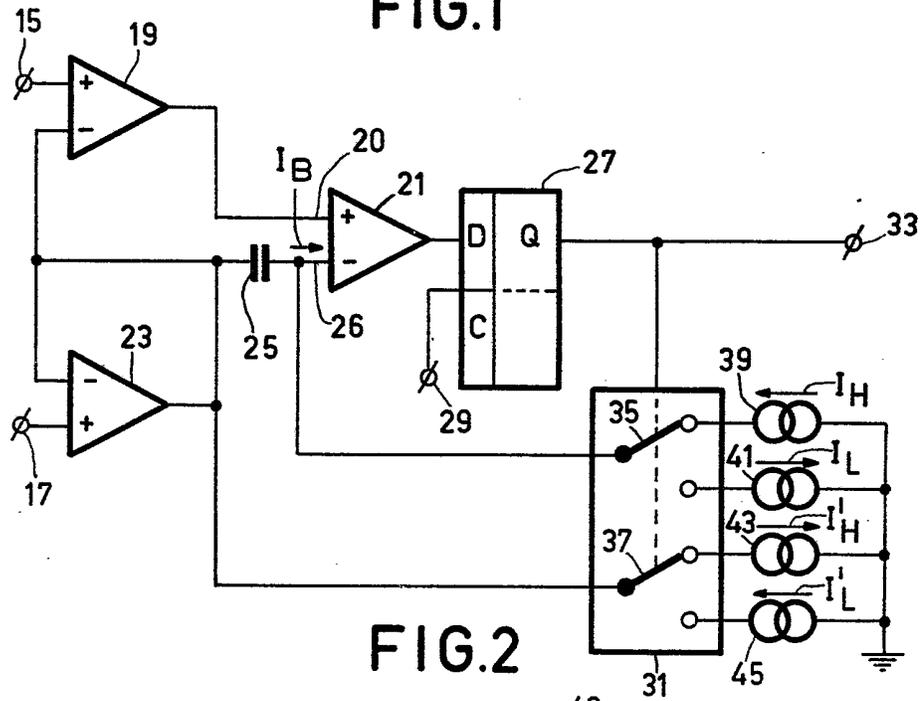


FIG. 2

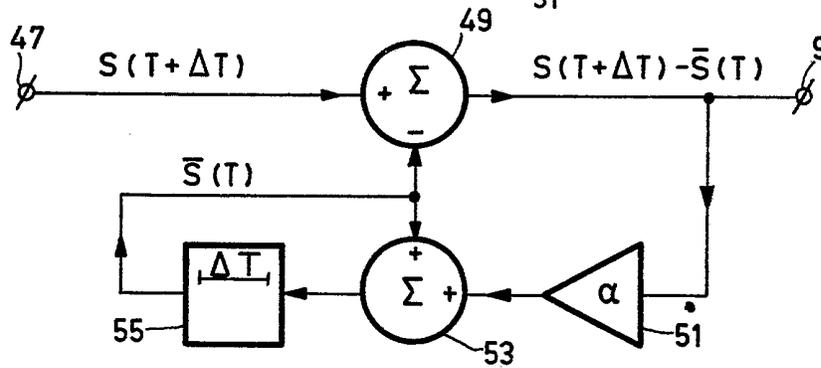


FIG. 3