

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 1.344

Classification internationale :

N° 1.429.341

H 03 k



Procédé et dispositif de conversion analogique-numérique. (Invention : Roger CHARBONNIER et Stéphane ESTRABAUD.)

Société dite : ROCHAR ÉLECTRONIQUE résidant en France (Seine).

Demandé le 8 janvier 1965, à 16^h 15^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 17 janvier 1966.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 9 de 1966.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

L'invention se rapporte à un procédé et à un dispositif pour réaliser la conversion numérique des tensions analogiques fournies par des capteurs ou transducteurs alimentés en courant alternatif.

Ces capteurs seront par exemple des transformateurs différentiels, des potentiomètres ou encore des ponts formés d'éléments résistifs variables tels que des jauges de contrainte, des cellules photo-résistives, ou des sondes thermométriques à résistances.

Deux méthodes principales ont jusqu'à présent été utilisées pour ce genre de conversion. La première, dite des essais successifs, consiste à comparer la tension alternative analogique à numériser avec une suite de tensions (ou de courants) alternatives dont les amplitudes décroissent suivant les puissances successives de deux. Cette méthode présente plusieurs inconvénients. Tout d'abord, un temps notable est nécessaire à chacune des comparaisons successives. Ensuite, la précision du calcul effectué est limitée par la précision qu'il est possible de donner aux résistances et aux transformateurs qui déterminent les diverses tensions de référence à employer. En outre, une erreur de conversion peut s'introduire du fait de déphasage possibles entre les diverses tensions que l'on doit ajouter les unes aux autres. Des précautions particulières permettent de réduire ou même de supprimer le dernier défaut de cette méthode, mais elles en compliquent considérablement la mise en œuvre. Il faut cependant ajouter que cette méthode a l'avantage de permettre une conversion indépendante des variations de l'amplitude de la tension d'alimentation des transducteurs, pour peu que les tensions alternatives pondérées en soient elles-mêmes dérivées.

Une autre méthode est également utilisée qui consiste à transformer préalablement la tension alternative à numériser en une tension continue filtrée, puis au moyen de divers procédés connus, à convertir ladite tension continue en une information numérique.

L'inconvénient principal de cette dernière méthode est d'imposer l'utilisation d'un filtre passe-bas, ce qui est particulièrement gênant car il en résulte un retard de transmission qui interdit les conversions rapides, indispensables lorsque plusieurs tensions doivent être codées successivement et commutées sur un conducteur commun. Un inconvénient secondaire vient de ce qu'une erreur de conversion est produite lorsque l'amplitude de la tension d'alimentation varie.

L'objet de l'invention est de réaliser un dispositif de conversion analogique-numérique particulièrement rapide et précis qui, en outre, soit indépendant de la tension et de la fréquence d'alimentation des transducteurs.

Selon l'invention, un procédé pour convertir en une information numérique un signal analogique délivré par un capteur alimenté par une source de tension alternative est caractérisé en ce que, dans une première phase, ledit signal analogique est détecté, le cas échéant après amplification préalable, puis appliqué sans être filtré à l'entrée d'un étage intégrateur comportant un condensateur pendant un temps égal à un nombre entier déterminé de demi-périodes de ladite tension alternative et en ce que, dans une seconde phase, ledit condensateur est déchargé par un courant continu de valeur proportionnelle à l'amplitude de ladite tension alternative, le temps de décharge dudit condensateur étant mesuré de manière à fournir l'information numérique recherchée.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le temps de décharge du condensateur de l'étage intégrateur est mesuré au moyen d'une horloge qui délivre un signal dont la fréquence est un multiple entier, aussi élevé que possible, de la fréquence de la tension alternative d'alimentation du capteur.

Grâce au procédé selon l'invention, le temps de conversion est particulièrement court et en outre, l'information numérique obtenue est indépendante de l'amplitude et de la fréquence de la tension d'alimentation du capteur.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs d'une manière plus précise de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif en référence au dessin annexé.

Sur la figure, 10 est un oscillateur délivrant un signal dont la fréquence est de 256 kilohertz, et 12 un étage de division divisant par un coefficient $k = 64$, la fréquence du signal fourni par l'oscillateur 10. L'étage de division 12 est suivi d'un amplificateur 14 accordé sur la fréquence de sortie de l'étage 12, c'est-à-dire 4 kilocycles. L'amplificateur 14 alimente un transducteur 16 et une source de tension continue 18. La sortie du transducteur 16 est connectée à l'entrée d'un préamplificateur 20, lequel est suivi d'un étage de détection double alternance 22. La sortie de l'amplificateur accordé 14 est par ailleurs connectée à l'entrée d'un étage de division 24 dont le coefficient $N = 8$. La sortie de l'étage de division 24 est réunie à l'électrode de commande de fermeture d'un interrupteur 26 dit de charge, placé entre la sortie de l'étage de détection 22 et la résistance d'entrée 28 d'un amplificateur opérationnel 30 lequel possède en contre-réaction une capacité 32. La sortie de l'étage de division 24 est par ailleurs réunie à l'entrée d'un circuit différentiateur 34 adapté à produire une impulsion négative synchrone des fronts arrière des signaux qui lui sont appliqués. La sortie du circuit 34 est réunie à l'électrode de commande de passage à l'état actif d'une bascule bistable 36. La sortie de la bascule 36 est réunie à l'électrode de commande de fermeture d'un interrupteur 38 dit de décharge, lequel établit une liaison entre l'alimentation 18 et une résistance 40 connectée à l'entrée de l'amplificateur opérationnel 30. La sortie de l'amplificateur 30 est appliquée à l'entrée d'un circuit comparateur de niveaux 42, adapté à délivrer une impulsion de sortie lorsqu'à son entrée le signal passe par une valeur nulle. La sortie du comparateur 42 est réunie à l'électrode de commande de passage à l'état passif de la bascule bistable 36.

La sortie de la bascule 36 est par ailleurs connectée à l'électrode de commande d'ouverture d'une porte

44, laquelle établit une liaison entre l'oscillateur 10 et un compteur d'impulsions 46.

Si l'on appelle E_p l'amplitude de la tension alternative primaire appliquée par l'amplificateur 14 au transducteur 16 et à l'alimentation à courant continu 18, la tension alternative de sortie du transducteur 16 est $E_p x$; le paramètre x étant l'information analogique que l'on désire convertir en une information numérique, cependant que la tension continue délivrée par l'alimentation 18 est $A.E_p$, le paramètre A étant une constante déterminée par les composants des circuits utilisés pour obtenir la transformation alternatif-continu.

Le signal de sortie de l'étage de division 24 est un signal carré dont la fréquence est de 500 Hertz, et la demi-période de une milliseconde. Le signal qui apparaît à la sortie de l'étage de détection double alternance 22 est un signal composé de demi-sinusoides juxtaposées dont la polarité est la même et dont l'amplitude est définie par $x.E_p B$, le paramètre B étant le coefficient de transfert du préamplificateur 20 et de l'étage de détection 22, coefficient qu'il est aisé, par les techniques connues, de maintenir rigoureusement constant.

Comme l'interrupteur de charge 26 reçoit son signal de commande de fermeture de l'étage de division 24, le signal qui apparaît à la sortie de l'interrupteur 26 est constitué par des créneaux d'une durée égale à une milliseconde comportant chacun N demi-sinusoides (avec $N = 8$, le coefficient de division de l'étage 24), les fronts avant et arrière desdits créneaux coïncidant respectivement avec le zéro initial de la première demi-sinusoides et le zéro final de la huitième demi-sinusoides. Le signal qui apparaît à la sortie de l'interrupteur 26 provoque à la sortie de l'amplificateur opérationnel 30, monté en étage intégrateur, l'apparition d'une tension qui croît pendant tout le temps de fermeture de l'interrupteur de charge 26. Si l'on appelle R_1 la valeur de la résistance 28, et f (avec dans le cas présent $f = 4$ kHz), la fréquence du signal délivré par l'amplificateur 14, la charge prise par la capacité 32 pendant la durée de fermeture de l'interrupteur 26 est $Q = x.E_p.B.N./2f.R_1$.

A l'instant précis où se termine le créneau fourni par l'étage de division 24, le circuit différentiateur 34 applique une impulsion négative de commande à la bascule bistable 36 laquelle passe immédiatement à l'état actif et provoque la fermeture de l'interrupteur de décharge 38 et l'ouverture de la porte 44. Dans ces conditions, l'entrée de l'amplificateur opérationnel 30 est alimentée par un courant continu (de signe contraire à la tension des demi-sinusoides délivrées par l'interrupteur de charge 26) dont la valeur est déterminée par la résistance 40 de valeur R_2 et par la tension $E_p.A$ fourni par l'alimentation 18. La valeur de ce courant est $I = E_p.A/R_2$. La

tension aux bornes du condensateur 32 décroît donc linéairement jusqu'à ce que le signal de sortie de l'amplificateur opérationnel 30 redevienne nul. A cet instant précis le comparateur de niveaux 42 produit une impulsion de sortie appliquée à la seconde entrée de la bascule bistable 36, laquelle repasse alors à l'état passif et provoque l'ouverture de l'interrupteur de décharge 38 et la fermeture de la porte 44. Le temps T de décharge du condensateur 32 est défini par $Q = E_p \cdot A \cdot T / R_2$. Comme la porte 44 a été ouverte pendant toute la durée T de décharge du condensateur 32, le compteur 46 a reçu de l'oscillateur 10 à fréquence F , un nombre C d'impulsions tel que $C = F \cdot T$ ou encore $C = Kf \cdot T$, avec K le coefficient de division ($K = 64$) de l'étage 12. Si, dans l'expression de C , on remplace T par sa valeur $T = x \cdot B \cdot N \cdot R_2 / 2f \cdot R_1 \cdot A$, déduite des équations ci-dessus, on trouve $C = x \cdot K \cdot N \cdot B \cdot R_2 / 2R_1 \cdot A$, c'est-à-dire que le nombre C affiché dans le compteur 46 est rigoureusement indépendant de l'amplitude et de la fréquence de la tension d'alimentation du capteur 16 mais, au contraire, dépend de constantes qui sont ou fixes ou particulièrement aisées à maintenir à une valeur précise.

On notera toutefois que le courant $I = E_p \cdot A / R_2$ doit avoir une valeur suffisante pour que le temps maximal T_m de décharge du condensateur 32 qui correspond à la valeur maximale x_m de l'information fournie par le transducteur, soit inférieur à la demi-période (ici une milliseconde) du signal délivré par l'étage de division 24. Si cette condition est réalisée, au moment où réapparaît l'impulsion de sortie de l'étage de division 24, un autre cycle de conversion commence, le compteur 46 étant remis à zéro par l'impulsion de sortie du circuit différentiateur 34 au moment précis où la porte 44 s'ouvre à nouveau.

On remarquera que le déphasage qui existe entre les instants d'ouverture de la porte 44 et les zéros du signal fourni par l'oscillateur 10 est déterminé par la valeur instantanée de la fréquence F et par la constitution de l'amplificateur accordé 14. La fréquence F ne peut bien entendu subir que des variations lentes et, dans ce cas, pour une valeur donnée de x , la grandeur numérique C est assurée de demeurer stable d'une mesure à l'autre. L'invention n'est bien entendu pas limitée à la forme de réalisation décrite ci-dessus, mais au contraire peut faire l'objet de diverses variantes, obtenues notamment par le remplacement de chacun des différents circuits présentés par un ou plusieurs autres circuits équivalents, à la disposition de l'homme de l'art.

Dans l'exemple décrit, le nombre de demi-sinusoides transmises à l'étage intégrateur pendant la durée de fermeture de l'interrupteur 26 est pair. Ce nombre peut bien entendu être impair cependant que lesdites demi-sinusoides peuvent être obtenues

au moyen d'un redressement simple ou double alternance.

RÉSUMÉ

1. Procédé pour convertir en une information numérique un signal analogique délivré par un capteur alimenté par une source de tension alternative caractérisé en ce que, dans une première phase, ledit signal analogique est détecté, le cas échéant après amplification préalable, puis appliqué en l'état à l'entrée d'un étage intégrateur comportant un condensateur, pendant un temps égal à un nombre entier déterminé de demi-périodes de ladite tension alternative et en ce que, dans une seconde phase, ledit condensateur est déchargé par un courant continu de valeur proportionnelle à l'amplitude de ladite tension alternative, le temps de décharge dudit condensateur étant mesuré de manière à fournir l'information numérique recherchée.

2. Un tel procédé est également remarquable en ce que le temps de décharge du condensateur de l'étage intégrateur est mesuré au moyen d'une horloge qui délivre un signal dont la fréquence est un multiple entier, aussi élevé que possible, de la fréquence de la tension alternative d'alimentation du capteur.

3. Dispositif pour la mise en œuvre des procédés selon l'invention caractérisé en ce qu'il comprend les éléments suivants pris séparément ou en combinaisons :

a. Une source de tension alternative d'alimentation, constituée par un oscillateur de fréquence F suivi d'un étage de division de coefficient K et d'un amplificateur de sortie accordé sur la fréquence F/K ;

b. Le capteur est suivi d'un préamplificateur et d'un circuit de détection double alternance, lequel est réuni à l'entrée d'un étage intégrateur par un interrupteur de charge adapté à être fermé sous l'action d'un signal de commande délivré par un étage de division de coefficient N , l'entrée dudit étage de division étant réunie à la sortie de la source de tension alternative d'alimentation;

c. L'entrée de l'étage intégrateur est réunie par un interrupteur de décharge à un générateur de courant continu recevant la tension alternative d'alimentation et comprenant des circuits de détection et de filtrage, ledit interrupteur de décharge étant adapté à être fermé sous l'action du signal de sortie d'une bascule bistable recevant d'un circuit différentiateur un signal de passage à l'état actif, synchrone des fronts arrière des signaux appliqués à la commande de l'interrupteur de charge;

d. La sortie de l'étage intégrateur est connectée à l'entrée d'un comparateur de niveaux adapté à délivrer une impulsion de sortie lorsque le signal qui lui est appliqué à l'entrée repasse par une valeur nulle, la sortie dudit comparateur étant réunie à l'entrée de remise à l'état passif de la bascule

[1.429.341]

— 4 —

bistable de commande de l'interrupteur de décharge. | de commande d'ouverture d'une porte intercalée
e. La sortie de la bascule bistable de commande | entre l'oscillateur à fréquence F et un compteur
de l'interrupteur de décharge est réunie à l'électrode | d'impulsions.

Société dite : ROCHAR ÉLECTRONIQUE

Par procuration :

André CHARMEIL

