

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 998.444

N° 1.426.247

Classification internationale :

G 06 g

**Procédé et circuit de calcul analogique.** (Invention : Roger CHARBONNIER.)

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

Demandé le 14 décembre 1964, à 14^h 2^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 20 décembre 1965.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 5 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 circuit de calcul analogique destiné à effectuer l'opération suivante $Y = 1/A \cdot \int_0^t B \cdot dt$.

Dans cette opération, les paramètres A et B sont des grandeurs analogiques délivrées sous forme de courants électriques et t est une troisième grandeur analogique délivrée sous forme d'une impulsion de durée t.

Si la grandeur B est constante durant tout le temps t, la fonction peut s'écrire $Y = B \cdot t / A$. Dans ce cas particulier, l'opération Y consiste à effectuer une multiplication et/ou un quotient.

Comme la grandeur analogique de sortie que l'on obtient est une impulsion de durée proportionnelle à Y, l'objet du procédé de calcul selon l'invention est en fait de fournir une information analogique intermédiaire qu'il est particulièrement aisé, à l'aide d'un chronomètre, de convertir en une information numérique.

Un objet particulier de l'invention est de réaliser un circuit multiplicateur de durée d'impulsion. Pour une impulsion d'entrée de durée t on disposera en sortie d'une impulsion de durée $t \cdot (B/A)$.

Un autre objet de l'invention est de réaliser le quotient de deux grandeurs A et B à un instant donné, de transformer ledit quotient en une impulsion de durée proportionnelle, laquelle sera aisément convertible en une information numérique.

Un autre objet particulier de l'invention est de réaliser la multiplication des valeurs instantanées des deux grandeurs variables B et t (un courant et une impulsion), et d'en fournir le produit sous forme d'une impulsion de durée proportionnelle.

Un autre objet de l'invention est de calculer la valeur de l'impulsion spécifique $\int_0^t B \cdot dt$, B étant une impulsion de forme quelconque, synchrone d'une impulsion de commande t,

dont la durée est constante et supérieure à celle de ladite impulsion B.

Un autre objet de l'invention est de convertir, après détection simple ou de préférence double alternance, une grandeur analogique alternative B en une impulsion de durée proportionnelle à $\int_0^t B \cdot dt$ de manière à préparer l'élaboration de l'expression numérique de ladite grandeur.

Selon l'invention, un procédé de calcul analogique pour effectuer l'opération $Y = 1/A \cdot \int_0^t B \cdot dt$, où A et B sont une première et une seconde grandeurs analogiques délivrées sous forme de deux courants, A étant constant au moins durant toute la durée de l'opération et B pouvant être variable pendant ladite opération cependant que t est une troisième grandeur analogique délivrée sous forme d'une impulsion de durée éventuellement variable, ledit procédé est caractérisé en ce que, pendant un premier temps égal à la durée t de ladite impulsion, une capacité est chargée par la différence (B - A) desdits deux courants et en ce que, pendant un second temps, ladite capacité est déchargée par le seul courant -A jusqu'à ce que ladite capacité retrouve son état initial, la grandeur Y étant égale à la somme desdits premier et second temps.

Grâce à ce procédé, en effet, il apparaît aux bornes de la capacité, pendant la durée de l'impulsion t, une variation de charge $Q - Q_0 = \int_0^t (B - A) dt = \int_0^t B dt - At$, puis au cours du deuxième temps de durée T, une autre variation de charge $Q_0 - Q = - \int_0^T A dt = -A \cdot T$.

De ces deux équations, on déduit que $(t + T) = 1/A \cdot \int_0^t B \cdot dt$.

La grandeur Y est donc bien égale à (t + T).

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, en référence au dessin

annexé qui représente un circuit multiplicateur de durée.

Sur la figure, S_1 est un transistor *pnp* dont la base est reliée à une source de potentiel de + 6 volts, et l'émetteur réuni à une résistance R_1 alimentée par une source de + 12 volts. Un condensateur C est placé entre le collecteur du transistor S_1 et la masse. L'émetteur du transistor S_1 est d'autre part relié à l'émetteur d'un transistor S_2 identique à S_1 dont le collecteur est mis à la masse.

Le condensateur C est relié au collecteur d'un transistor *npn* S_3 dont la base est reliée à une source de — 6 volts et l'émetteur connecté à une résistance R_2 alimentée par une source de — 12 volts. L'émetteur du transistor S_3 est également relié à l'émetteur d'un transistor S_4 identique à S_3 dont le collecteur est relié à la masse. La base du transistor S_4 est alimentée par une source d'impulsions d'entrée qui fait passer le potentiel de ladite base de — 5 volts en l'absence d'impulsions à — 7 volts pendant la durée d'une impulsion.

Le condensateur C est, d'autre part, relié à la base d'un transistor *npn* S_5 dont l'émetteur est à la masse et le collecteur relié à la base du transistor S_2 et à une résistance R_3 , laquelle est alimentée par la source de — 12 volts. L'impulsion de sortie du circuit de calcul ainsi constitué est prélevée sur le collecteur du transistor S_5 .

En l'absence d'une impulsion d'entrée sur la base du transistor S_4 , la tension de — 5 volts appliquée à cette base place le transistor S_4 en état de conduction. Une tension sensiblement égale à — 5 volts apparaît sur l'émetteur de S_4 , ce qui a pour effet de bloquer le transistor *npn* S_3 dont la base est à — 6 volts.

L'ensemble constitué par les transistors S_1 , S_2 , S_3 et le condensateur C forme une boucle de contre-réaction qui a pour effet de créer aux bornes du condensateur C une tension de repos légèrement supérieure à la tension de déblocage du transistor S_5 . Le transistor S_1 fournit le courant de base nécessaire au fonctionnement du transistor S_5 . On remarquera que si le courant qui traverse R_1 varie pour une raison quelconque, la tension de repos du condensateur C et le courant de base du transistor S_5 qui traverse S_1 en seront très peu modifiés, cependant que le transistor S_2 absorbera la quasi totalité de cette variation.

Quand la source d'impulsions d'entrée appliquée à la base du transistor S_4 une impulsion de durée t semblable à celle représentée sur la figure, le transistor S_4 se bloque, cependant que le transistor S_3 devient passant. Comme le transistor S_3 fonctionne base commune, un courant I_2 , déterminé par la résistance R_2 et les deux sources de tension alimentant le transistor, traverse le condensateur C et le tran-

sistor S_3 . La tension aux bornes du condensateur C baisse immédiatement. Cette variation est amplifiée par le transistor S_5 et par le transistor S_2 , ce qui a rapidement pour effet de placer à l'état de blocage le transistor S_2 et, par contre, de faire passer à travers le transistor S_1 monté base commune un courant I_1 déterminé par la résistance R_1 et les deux sources d'alimentation du transistor. Pendant la durée de l'impulsion t , un courant $I_1 - I_2$ charge donc le condensateur C.

Dans le cas particulier de la réalisation décrite, il est indispensable que I_2 soit plus grand que I_1 . En conséquence, la tension aux bornes du condensateur C décroît d'une manière linéaire ainsi que cela est représenté à la figure.

A la fin de l'impulsion t , le condensateur C a pris une variation de charge $Q - Q_0 = (I_2 - I_1)t$. Dès que l'impulsion t disparaît, le transistor S_4 redevient immédiatement passant cependant que le transistor S_3 se bloque et que S_5 et S_2 demeurent bloqués. Dans ces conditions, seul le courant I_1 continue à alimenter le condensateur C.

La tension aux bornes de C remonte donc d'une manière linéaire jusqu'à ce que ladite tension atteigne à nouveau le seuil de déblocage du transistor S_5 . A cet instant précis, le transistor S_5 recommence à conduire et un courant qui croît rapidement traverse la résistance R_3 . Ceci a pour effet de placer le transistor S_2 en état de conduction et de dériver à travers ledit transistor S_2 la quasi totalité du courant I_1 pour ne plus laisser passer à travers le transistor S_1 que le courant nécessaire à l'alimentation de la base du transistor S_5 . On retrouve donc à cet instant précis l'état de repos dans lequel se trouvait le circuit avant l'application de l'impulsion de durée t . Le temps T que met le condensateur C pour perdre la charge $(Q - Q_0)$ prise pendant l'impulsion de durée t , et donc pour retrouver son état initial, est défini par $I_1.T = Q - Q_0$. Ces relations donnent immédiatement $T t = I_2/I_1 - 1$. Comme les tensions d'alimentation des transistors S_1 et S_3 sont égales en valeur absolue, $T t = R_1/R_2 - 1$. Le créneau qui apparaît sur le collecteur du transistor S_5 a une durée égale au temps de blocage dudit transistor c'est-à-dire $(t + T)$, soit $(R_1/R_2)t$.

Le dispositif selon l'invention constitue donc un circuit multiplicateur de durée qui délivre une impulsion de sortie de durée proportionnelle à la durée de l'impulsion de commande t , le coefficient de proportionnalité étant, dans le cas particulier de la réalisation décrite égale au rapport des résistances R_1 et R_2 . Comme R_1 peut être très grand par rapport à R_2 , le circuit de multiplication de durée ainsi réalisée peut avoir un coefficient

multiplicateur qui peut atteindre plusieurs centaines.

Une application particulière d'un tel circuit se présente lorsque l'on ne dispose pour mesurer la durée d'une impulsion très brève (par exemple de quelques nanosecondes) que d'un compteur à faibles performances, par exemple adapté à ne recevoir que des impulsions d'une durée supérieure à 0,1 microseconde. Si l'on applique l'impulsion dont on désire mesurer la durée à l'entrée d'un circuit multiplicateur de durée selon l'invention dont le coefficient multiplicateur est de 100 environ, on obtient à la sortie dudit circuit multiplicateur une impulsion que le compteur disponible peut mesurer. On comprend le grand intérêt d'un tel accessoire quand on connaît la complexité et le prix des compteurs ultra-rapides.

L'invention n'est bien entendu pas limitée à la forme de réalisation décrite ci-dessus mais peut au contraire faire l'objet de diverses variantes.

Un changement évident concerne les polarités des transistors et la valeur des alimentations.

Il est également possible de remplacer les transistors S_1 à S_2 par des groupes de transistors réalisant la même fonction.

Une autre variante consiste à réaliser un circuit de calcul de quotient des deux grandeurs d'entrée A et B. Pour ce faire, le point commun aux émetteurs des transistors S_1 et S_2 sera relié à une source de courant A cependant que le point commun des transistors S_3 et S_4 sera relié à une source de courant B. La source des impulsions d'entrée sera constituée par un générateur d'impulsions de durée constante et de fréquence compatible avec la fréquence de variation des courants A et B. On obtiendra à la sortie du circuit de calcul une impulsion dont la durée sera proportionnelle au quotient A/B. Ceci permettra ensuite, à l'aide d'un simple chronomètre, d'obtenir une information numérique caractérisant le quotient A/B.

Pour calculer une impulsion spécifique, par exemple celle fournie par un pont de jauges de contrainte en réponse à un choc appliqué à l'élément auquel elles sont fixées, on appliquera après amplification préalable l'impulsion B à intégrer au point de jonction des émetteurs des transistors S_3 et S_4 . L'impulsion fournie par la source d'impulsions d'entrée aura un front de départ synchrone de celui du choc appliqué à l'élément à étudier et une durée constante notablement supérieure à la durée dudit choc de manière que l'impulsion délivrée par le point de jauges soit terminée avant la fin de l'impulsion d'entrée appliquée au circuit de calcul.

Dans ces conditions, la valeur de la résistance R_1 étant connue, on obtient comme

impulsion de sortie une impulsion dont la durée est égale à $1/A \int_0^t dt$, ce qui est justement l'impulsion spécifique recherchée.

Dans certains cas particuliers, et notamment dans le cas où le coefficient de multiplication doit être connu avec précision, alors que sa valeur est peu supérieure à l'unité, il est utile de faire usage d'une autre variante selon l'invention.

Si l'on désire par exemple que la durée de l'impulsion de sortie soit exactement supérieure de 1 % à l'impulsion d'entrée, il devient alors plus simple pendant l'impulsion d'entrée de durée t de charger le condensateur C avec un courant unique de valeur bien définie I, puis de décharger C avec un autre courant unique de valeur de 100 I. La modification qu'il est, dans ce cas, nécessaire d'apporter au dispositif décrit consiste à connecter la base du transistor S_1 à un circuit de blocage (constitué par un transistor) qui reçoit l'impulsion d'entrée et est adapté à placer le transistor S_1 dans un état de non conduction pendant toute la durée de t . D'une manière générale, une telle modification est à utiliser lorsqu'on désire que le coefficient de multiplication soit égal à $(m+1)$, le terme m pouvant tout aussi bien être ou très petit, mais non pas nul, ou très grand.

D'autres applications du circuit selon l'invention sont évidemment possibles qui découlent directement des problèmes particuliers qui se posent à l'homme de l'art.

RÉSUMÉ

1° Procédé de calcul analogique pour effectuer l'opération $Y = 1/A \int_0^t B \cdot dt$ où A et B sont une première et une seconde grandeurs analogiques délivrées sous forme de deux courants, A étant constant au moins durant toute la durée de l'opération et B pouvant être variable pendant ladite opération cependant que t est une troisième grandeur analogique délivrée sous forme d'une impulsion de durée éventuellement variable, caractérisé en ce que, pendant un premier temps égal à la durée t de ladite impulsion, une capacité est chargée par la différence (B—A) desdits deux courants et en ce que, pendant un second temps, ladite capacité est déchargée par le seul courant — A jusqu'à ce que ladite capacité retrouve son état initial, la grandeur Y étant égale à la somme desdits premier et second temps;

2° Dispositif pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus, caractérisé en ce qu'il est formé d'une part d'une source de courant —A placée aux bornes d'un circuit d'aiguillage à deux branches, la première branche comprenant en série un premier transistor monté en base commune et un condensateur, et la seconde branche comprenant un second transistor monté collecteur commun, ledit condensateur étant réuni

à l'entrée d'un amplificateur à seuil dont la sortie est connectée à la base du second transistor, l'ensemble constituant une boucle de contre-réaction adaptée à asservir la tension aux bornes du condensateur à une valeur de repos déterminée légèrement supérieure au seuil de déblocage de l'amplificateur et, d'autre part, d'une source de courant $+B$ placée aux bornes d'un circuit inverseur à deux branches, la première branche comprenant en série un troisième transistor monté base commune et ledit condensateur, la seconde branche étant constituée par un quatrième transistor relié à une source délivrant des impulsions d'entrée de durée t , lesdites impulsions étant adaptées à bloquer le quatrième transistor pendant que le troisième transistor devient passant, l'information Y est proportionnelle à la durée de blocage dudit amplificateur et apparaît sous forme d'une impulsion à sa sortie;

3° Variante du procédé de calcul analogique ci-dessus, destinée à effectuer l'opération $Y = (1+B/A).t$ où A et B sont une première et une seconde grandeurs analogiques délivrées sous forme de deux courants de signe contraire, constants au moins durant toute la durée de

l'opération pendant que t est une troisième grandeur analogique délivrée sous forme d'une impulsion de durée variable, caractérisé en ce que, pendant un premier temps égal à la durée t de ladite impulsion, une capacité est chargée par le courant B et en ce que, pendant un second temps, ladite capacité est déchargée par le courant A jusqu'à ce qu'elle retrouve son état initial, la grandeur Y étant égale à la somme desdits premier et second temps;

4° Variante du dispositif de calcul analogique décrit au point 2° ci-dessus, consistant à adjoindre au premier transistor un circuit binaire de commande dont l'entrée est reliée à la source d'impulsions, ledit circuit binaire étant adapté à prendre un état passif en l'absence d'impulsion d'entrée et, par là, à placer ledit premier transistor en montage base commune et à prendre un état actif pendant la durée d'une impulsion d'entrée et par là à bloquer ledit premier transistor.

Société dite :

ROCHAR ÉLECTRONIQUE

Par procuration :

A. CHARMEIL

