Brevet N° 81648

du 5 SEPTEMBRE 1979

Titre délivré : 21 AVR. 1980

Aj. 6 m.
5.3.80

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Monsieur le Ministre
de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes
Service de la Propriété Industrielle
LUXEMBOURG

# Demande de Brevet d'Invention

## I. Requête

La Société Anonyme dite : COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TELECOMMUNICATIONS (1)
CIT-ALCATEL, 12, rue de la Baume - 75008 PARIS, FRANCE, représentée par
Monsieur Jean-Paul RIPPINGER, Résidence VAL STE CROIX, 2-4 Allée Léopold (2)
Goebel LUXEMBOURG, agissant en qualité de mandataire.

**dépose** ce Cinq Septembre Mil Neuf Cent Soixante Dix Neuf (3)
à 10 00 heures, au Ministère de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant : (4)

FILTRE NUMERIQUE TRANSVERSAL A DOMAINE DE TEMPS

**déclare,** en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :
Michel LEVY, Ingénieur, 38, rue Jean Zay (5)
91300 MASSY, FRANCE

2. la délégation de pouvoir, datée de PARIS le 24 JUILLET 1979
3. la description en langue Française de l'invention en deux exemplaires ;
4. une planche~~s~~ de dessin, en deux exemplaires ;
5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,

le Cinq Septembre Mil Neuf Cent Soixante Dix Neuf

**revendique** pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de
(6) BREVET déposée(s) en (7) FRANCE
le 8 SEPTEMBRE 1978, sous le N° 78 25 839 (8)

au nom de la demanderesse (9)

**élit domicile** pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg
Résidence VAL STE CROIX, 2-4 Allée Léopold Goebel (10)

**sollicite** la **délivrance** d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à SIX mois.

Le Mandataire

## II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Industrielle à Luxembourg, en date du :

5 SEPTEMBRE 1979

à 10 00 heures

Gouvernement du G.-D. de Luxembourg Service de la Propriété Industrielle

Pr. le Ministre
de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes,
p. d.

A 68007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il a lieu « représenté par ... » agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

Brevet N° 81648

du 5 SEPTEMBRE 1979

Titre délivré :

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Monsieur le Ministre
de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes
Service de la Propriété Industrielle
LUXEMBOURG

Aj. 6 m.
5.3.80

# Demande de Brevet d'Invention

## I. Requête

La Société Anonyme dite : COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TELECOMMUNICATIONS (1)
CIT-ALCATEL, 12, rue de la Baume - 75008 PARIS, FRANCE, représentée par
Monsieur Jean-Paul RIPPINGER, Résidence VAL STE CROIX, 2-4 Allée Léopold (2)
Goebel LUXEMBOURG, agissant en qualité de mandataire.

dépose ce Cinq Septembre Mil Neuf Cent Soixante Dix Neuf (3)
à 10 00 heures, au Ministère de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant : (4)

FILTRE NUMERIQUE TRANSVERSAL A DOMAINE DE TEMPS

déclare, en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :
Michel LEVY, Ingénieur, 38, rue Jean Zay (5)
91300 MASSY, FRANCE

2. la délégation de pouvoir, datée de PARIS le 24 JUILLET 1979
3. la description en langue Française de l'invention en deux exemplaires ;
4. une planche~~s~~ de dessin, en deux exemplaires ;
5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,

le Cinq Septembre Mil Neuf Cent Soixante Dix Neuf

revendique pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de
(6) BREVET déposée(s) en (7) FRANCE
le 8 SEPTEMBRE 1978, sous le N° 78 25 839 (8)

au nom de la demanderesse (9)

élit domicile pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg
Résidence VAL STE CROIX, 2-4 Allée Léopold Goebel (10)

sollicite la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à SIX mois.

Le Mandataire

## II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Industrielle à Luxembourg, en date du :

5 SEPTEMBRE 1979

à 10 00 heures

Pr. le Ministre
de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes,
p. d.

Gouvernement du G.-D. de Luxembourg Service de la Propriété Industrielle

A 68007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il y a lieu "représenté par ..." agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

JB/FG/NV
F° 11358
CIT-ALCATEL/T
1 pl.

Revendication de la Priorité d'une demande de brevet déposée en FRANCE, le 8 SEPTEMBRE 1978, sous le N° 78 25 839.

BREVET D'INVENTION

# FILTRE NUMERIQUE TRANSVERSAL A DOMAINE DE TEMPS

Invention de Michel LEVY

Société Anonyme dite

COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TELECOMMUNICATIONS CIT-ALCATEL

La présente invention concerne la technique du filtrage des signaux électriques et plus particulièrement celle des filtres numériques transversaux à domaine de temps.

Un filtre numérique transversal à domaine de temps est en général constitué par un échantillonneur recevant un signal d'entrée x(t), fonctionnant à une cadence 1/T et fournissant des échantillons x(m), et par un organe de calcul transformant les échantillons x(m) en échantillons y(m) par la relation

$$y(m) = \sum_{k} a(k)\ x\ (m-k)$$

k étant un entier et a(k) des coefficients réels de pondération.

L'organe de calcul est souvent assimilé pour la partie non recursive à un circuit formé : d'une ligne à retard à prises intermédiaire qui est connectée à la sortie de l'échantillonneur et dans laquelle les échantillons x(m) progressent d'une prise à l'autre à la cadence d'échantillonnage 1/T, de circuits multiplicateurs qui sont connectés à l'entrée, aux prises intermédiaires et à la sortie de la ligne à retard et qui affectent de coefficients de pondération les échantillons disponibles sur lesdites entrées, prises intermédiaire et sortie, et d'un circuit de sommation additionnant les échantillons pondérés du signal d'entrée disponibles en sortie des circuits multiplicateurs et fournissant les échantillons du signal de sortie.

La présente invention a pour but un filtre numérique transversal à domaine de temps utilisant à la fois un signal d'entrée et sa transformée de Hilbert.

Le filtre numérique objet de l'invention comporte deux échantillonneurs qui reçoivent l'un, un signal x(t), l'autre un signal $\hat{x}(t)$ transformé de Hilbert du signal x(t), qui fonctionnent en synchronisme à la cadence d'échantillonnage 1/T et qui fournissent l'un des échantillons x(m), l'autre des échantillons $\hat{x}(m)$ et un organe de calcul transformant les couples d'échantillons $(x(m),\hat{x}(m))$ en échantillons y(m) par la relation :

$$y(m) = \sum_k b(k)\ x(m-2k) + c(k)\ \hat{x}(m-2k)$$

k étant un entier et b(k) et c(k) des coefficients réels de pondération.

L'organe de calcul peut être assimilé à un circuit comportant : une première ligne à retard à prises intermédiaires qui est connectée à la suite de l'échantillonneur recevant le signal x(t) et dans laquelle les échantillons x(m) progressent d'une prise à l'autre à une cadence 1/2T moitié de celle d'échantillonnage, un échantillon étant stocké entre chaque prise, une deuxième ligne à retard identique à la première connectée à la suite de l'échantillonneur recevant le signal $\hat{x}(t)$, des circuits multiplicateurs qui sont connectés aux entrées, prises intermédiaires et sorties des lignes à retard et qui affectent de coefficients de pondération les échantillons disponibles sur lesdites entrées prises intermédiaires et sortie, et d'un circuit de sommation qui est connecté aux sorties des circuits multiplicateurs, qui additionne les échantillons pondérés et qui fournit les échantillons de sortie.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront des revendications jointes et de la description ci-après d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple. Cette description sera faite en regard du dessin dans lequel la figure 1 représente le schéma d'un filtre numérique transversal non recursif à domaine de temps de l'art antérieur et la figure 2 un filtre numérique transversal non recursif à domaine de temps selon l'invention.

Le filtre numérique transversal non recursif à domaine de temps de l'art antérieur représenté à la figure 1 comporte, de manière classique, un échantillonneur 1 qui est connecté en entrée et qui délivre à intervalles réguliers T des échantillons x(m) du signal d'entrée x(t), une ligne à retard 2 à prises intermédiaires qui est connectée à la sortie de l'échantillonneur 1 et dans laquelle les échantillons successifs $\left(x(m), x(m-1), \ldots x(m-2N)\right)$ progressent d'une prise à l'autre à la cadence 1/T, des circuits multiplicateurs 3 qui sont connectés à l'entrée, aux prises intermédiaires et à la sortie de la ligne à retard 2 et qui délivrent à leurs sorties les échantillons du signal d'entrée affectés de coefficients de pondération $\left(a(o), a(1),\ldots, a(2N)\right)$ et un circuit de sommation 4 qui délivre les échantillons y(m) du signal de sortie. Les échantillons y(m) répondent à la relation :

$$y(m) = \sum_{k\ o}^{2N} a(k)\ x(m-k)$$

k étant un entier et a(k) des coefficients de pondération réels.

Lorsque l'on suppose que le filtre est de longueur infinie, on peut écrire cette relation sous la forme

$$y(m) = \sum_{k\ -\infty}^{+\infty} a(k)\ x(m-k)$$

Cette relation montre, comme cela est bien connu, qu'un filtre transversal à domaine de temps de longueur infinie effectue une corrélation entre les échantillons x(m) de la fonction x(t) et ceux a(m) de sa réponse impulsionnelle. Le filtre est déterminé à partir des coefficients a(m) qui peuvent servir à définir une fonction a(t) à spectre borné $\left[-1/2T,\ 1/2T\right]$ :

$$a(t) = \sum_{m\ -\infty}^{+\infty} a(m)\ \frac{\sin\left[(\pi/T)\ (t-mT)\right]}{(\pi/T)(t-mT)}$$

qui sera utilisée par la suite et que l'on appelle ici réponse impulsionnelle analogique du filtre. Ses échantillons a(kT) déterminent les coefficients du filtre.

La figure 2 représente le schéma d'un filtre numérique transversal non récursif à domaine de temps selon l'invention. Ce filtre comporte :

- deux échantillonneurs 5 et 6 qui reçoivent l'un 5 un signal d'entrée $x(t)$ et l'autre 6 la transformée de Hilbert $\hat{x}(t)$ du signal d'entrée $x(t)$, qui fonctionnent en synchronisme à la cadence $1/T$ et qui délivrent l'un 5 des échantillons $x(m)$ l'autre 6 des échantillons $\hat{x}(m)$,

- une première ligne à retard 7 à prises intermédiaires, qui est connectée à la sortie de l'échantillonneur 5 et dans laquelle les échantillons $x(m)$ progressent d'une prise à l'autre à la cadence $1/2T$ moitié de celle d'échantillonnage, un échantillon $x(m)$ étant stocké entre chaque prise,

- une deuxième ligne à retard 8 identique à la première, qui est connectée à la sortie de l'échantillonneur 6 et dans laquelle les échantillons $\hat{x}(m)$ progressent d'une prise à l'autre à la cadence $1/2T$ moitié de celle d'échantillonnage, un échantillon $\hat{x}(m)$ étant stocké entre chaque prise,

- des circuits multiplicateurs 9,10 qui sont connectés à l'entrée, aux prises intermédiaires et à la sortie les uns 9 de la première ligne à retard 7 et les autres 10 de la deuxième ligne à retard 8 et qui délivrent les uns 9 les échantillons du signal d'entrée $x(t)$ affectés de coefficients de pondération $\left(b(o),\ b(2),\ b(4),\dots,b(2N)\right)$ les autres 10 des échantillons du signal $\hat{x}(t)$, transformée de Hilbert du signal $x(t)$, affectés de coefficients de pondération $\left(c(o),\ c(2),\dots,\ c(2N)\right)$

- et un circuit sommateur 11 qui est connecté aux sorties des circuits multiplicateurs, qui additionne les signaux de sortie des circuits multiplicateurs 9 et 10 et qui délivre les échantillons $y(m)$ du signal de sortie.

Les échantillons y(m) du signal de sortie sont définis à partir des échantillons x(m) du signal d'entrée x(t) et $\hat{x}$(m) du signal $\hat{x}$(t), transformée de Hilbert du signal x(t), par la relation :

$$y(m) = \sum_{k\,o}^{N} b(2k)\ x\ (m-2k) + c(2k)\ \hat{x}\ (m-2k)$$

k étant un entier et b(2k), c(2k) des coefficients de pondération réels.

Les lignes à retard 7 et 8 peuvent être constituées par des lignes à retard identiques à celle 2 du filtre représenté à la figure 1 dont on n'utilise qu'une prise sur deux.

Les coefficients du filtre selon l'invention peuvent, de manière analogue à ceux du filtre représenté à la figure 1, être déterminés à partir de la réponse impulsionnelle analogique précédemment définie. Pour le montrer il suffit de remarquer que les deux filtres, celui représenté à la figure 1 et celui représenté à la figure 2, étant supposés de longueurs infinies peuvent donner le même signal de sortie si certaines relations sont vérifiées entre leurs coefficients de pondération.

La relation définissant les échantillons de sortie du filtre représenté à la figure 1 supposé de longueur infinie :

$$y(m) = \sum_{k\,-\infty}^{+\infty} a(k)\ x\ (m-k)$$

peut s'écrire en séparant les indices pairs et impairs

$$(1) \qquad y(m) = \sum_{p\,-\infty}^{+\infty} a(2p+1)\ x\ (m-2p-1) + a(2p)\ x\ (m-2p)$$

Fc

D'après le théorème d'échantillonnage, les échantillons x(m) définissent sans ambiguité le signal réel x'(t) à spectre limité $\left[-1/2T,\ 1/2T\right]$ répondant à la relation :

$$x'(t) = \sum_{m\,-\infty}^{+\infty} x(m)\,\frac{\sin\left[(\pi/T)(t-mT)\right]}{(\pi/T)(t-mT)}$$

De même les échantillons $\hat{x}(m)$ définissent sans ambiguité le signal réel $\hat{x}'(t)$ à spectre limité $\left[-1/2T, 1/2T\right]$, transformée de Hilbert du signal x'(t), répondant à la relation :

$$\hat{x}'(t) = \sum_{m\,-\infty}^{+\infty} \hat{x}(m)\,\frac{\sin\left[(\pi/T)(t-mT)\right]}{(\pi/T)(t-mT)}$$

Or on montre que le signal analytique X'(t) correspondant au signal réel à spectre borné x'(t) :

$$X'(t) = x'(t) + j\,\hat{x}'(t)$$

dont le spectre est limité à l'intervalle $\left[0, 1/2T\right]$ est parfaitement défini par les couples d'échantillons ( x'(2KT), $\hat{x}$(2KT)) qui ne sont autres que (x(2m), $\hat{x}$(2m)) et que les échantillons x(m) et $\hat{x}$(m) sont liés par les relations :

$$(2) \qquad x(m) = \frac{2}{\pi} \sum_{i\,-\infty}^{+\infty} \frac{\hat{x}(m+2i+1)}{2i+1} \quad \text{et} \quad \hat{x}(m) = -\frac{2}{\pi} \sum_{i\,-\infty}^{+\infty} \frac{x(m+2i+1)}{2i+1}$$

Pour la démonstration de ces propriétés on peut se référer à l'article de J.OSWALD intitulé "les signaux à spectre limité et leurs transformations" paru dans la revue "Cables et transmission" 4e année juillet 1950.

Les relations (2) permettent d'exprimer les échantillons x(m-2p-1) en fonction des échantillons $\hat{x}(m)$ :

$$x(m-2p-1) = \frac{2}{\pi} \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \frac{\hat{x}(m-2p-1+2i+1)}{2i+1}$$

La relation (1) devient alors

$$(3)\quad y(m) = \sum_{p=-\infty}^{+\infty} \left( \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \frac{2}{\pi} \; a(2p+1) \frac{\hat{x}(m-2p+2i)}{2i+1} \right) + \sum_{p=-\infty}^{+\infty} a(2p)\; x\,(m-2p)$$

En changeant dans la première partie de la relation (3) l'indice p par l'indice u défini par la relation :

$$u = p-i$$

on obtient

$$(4)\qquad y(m) = \sum_{u=-\infty}^{+\infty} \left( \frac{2}{\pi} \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \frac{a(2u+2i+1)}{2i+1} \quad \hat{x}\,(m-2u) \right) + \sum_{p=-\infty}^{+\infty} a(2p)\; x\,(m-2p)$$

En considérant comme précédemment les a(m) comme les échantillons à intervalles réguliers T de la fonction a(t) à spectre borné on peut définir des coefficients $\hat{a}(m)$ comme étant les échantillons à intervalles réguliers T de la fonction $\hat{a}(t)$ transformée de Hilbert de la fonction a(t) et on a par application des relations (2):

$$\hat{a}(2u) = -\frac{2}{\pi} \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \frac{a(2u+2i+1)}{2i+1}$$

La relation (4) devient alors

$$y(m) = \sum_{p=-\infty}^{+\infty} a(2p)\ x\ (m-2p) \ - \sum_{u=-\infty}^{+\infty} \hat{a}(2u)\ x\ (m-2u)$$

On retrouve l'expression du signal de sortie du filtre de la figure 2 supposé de longueur infinie en posant :

$$\begin{cases} b(2p) = a(2p) \\ c(2p) = -\hat{a}(2p) = \dfrac{2}{\pi} \displaystyle\sum_{i=-\infty}^{+\infty} \dfrac{a(2p+2i+1)}{2i+1} \end{cases}$$

Ces relations montrent que les coefficients b(2p) peuvent être considérés comme les échantillons a(2pT) de la réponse impulsionnelle analogique a(t) tandis que les coefficients c(2pT) peuvent être considérés comme les opposés des échantillons â(2pT) de la transformée de Hilbert de la fonction a(t). Elles donnent en outre une méthode simple de détermination des coefficients de pondération du filtre représenté sur la figure 2 à partir de ceux du filtre représenté sur la figure 1.

Le filtre que l'on vient de décrire relativement à la figure 2 présente une structure mieux adaptée que celle du filtre de l'art antérieur représenté à la figure 1 dans les cas où une information commune doit être tirée d'un signal x(t) et de sa transformée de Hilbert par exemple dans les systèmes de transmission en modulation d'amplitude à bande latérale unique.

On peut, sans sortir du cadre de l'invention modifier certaines dispositions ou remplacer certains moyens par des moyens équivalents. On peut notamment compléter le filtre transversal selon l'invention par une partie récursive classique.

REVENDICATIONS

1. Filtre numérique transversal à domaine de temps caractérisé en ce qu'il comporte deux échantillonneurs (5 et 6) recevant le premier (5) un signal d'entrée $x(t)$ et le deuxième (6) un signal $\hat{x}(t)$ transformé de Hilbert du signal d'entrée $x(t)$, fonctionnant en synchronisme à la cadence $1/T$ et délivrant des échantillons le premier (5) $x(m)$ du signal d'entrée $x(t)$, le deuxième (6) $\hat{x}(m)$ du signal $\hat{x}(t)$ et un organe de calcul transformant les couples d'échantillons $(x(m), \hat{x}(m))$ en échantillons $y(m)$ d'un signal de sortie par la relation :

$$y(m) = \sum_k b(k)\ x(m-2k) + c(k)\ \hat{x}(m-2k)$$

m et k étant des entiers et $b(k)$ et $c(k)$ des coefficients de pondération réels.

2. Filtre selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'organe de calcul comporte :

- une première ligne à retard (7) à prises intermédiaires qui est connectée à la sortie du premier échantillonneur (5) et dans laquelle les échantillons $x(m)$ progressent d'une prise à l'autre à une cadence $1/2T$ moitié de celle d'échantillonnage, un échantillon $x(m)$ étant stocké entre chaque prise,
- une deuxième ligne à retard (8) identique à la première(7), qui est connectée à la sortie du deuxième échantillonneur (6) et dans laquelle les échantillons $\hat{x}(m)$ progressent d'une prise à l'autre à une cadence $1/2T$ moitié de celle d'échantillonnage, un échantillon $\hat{x}(m)$ étant stocké entre chaque prise,

Cc

- des circuits multiplicateurs (9,10) qui sont connectés les premiers (9) à l'entrée, aux prises intermédiaires et à la sortie de la première ligne à retard (7) et les deuxièmes (10) à l'entrée, aux prises intermédiaires et à la sortie de la deuxième ligne à retard (8) et qui délivrent les premiers (9) des échantillons du signal d'entrée x(t) affectés de coefficients de pondération (b(o), b(2), b(4),....b(2N)) et les deuxièmes (10) des échantillons du signal $\hat{x}(t)$ transformé de Hilbert du signal d'entrée x(t) affectés de coefficients de pondération (c(o),c(2),c(4),....,c(2N)),
- et un circuit de sommation (11) qui est connecté aux sorties du circuit multiplicateur et qui délivre les échantillons y(m) du signal de sortie.

F. Segaust

FIG.1

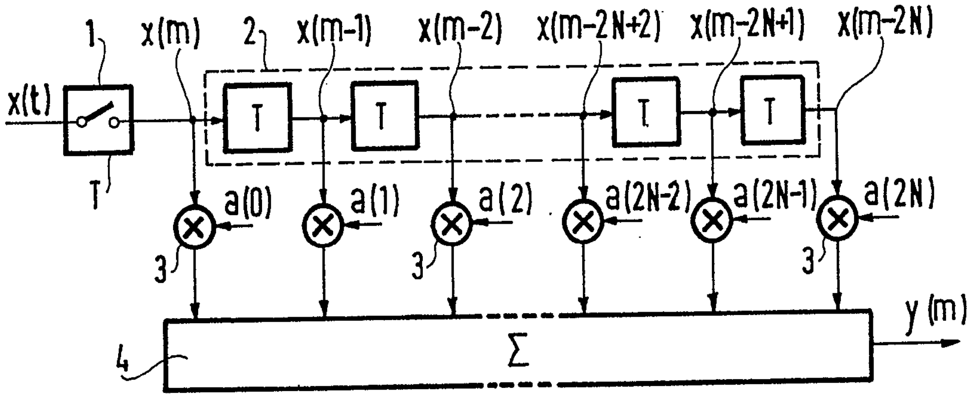
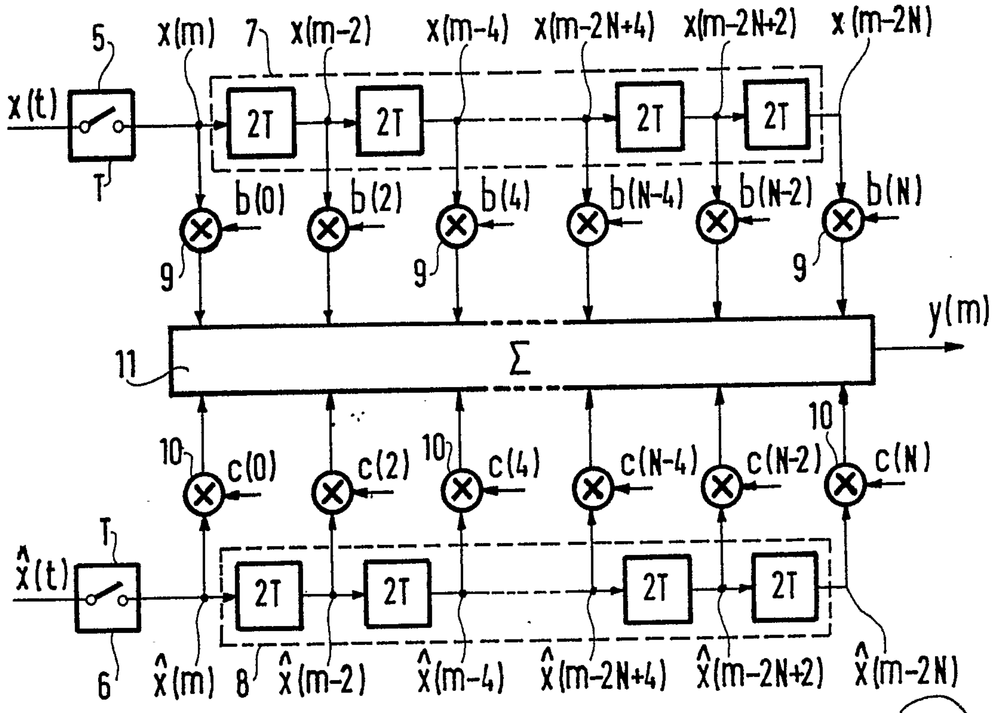



FIG.2




F. Segaust