

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 12867**

---

(54) **Filtre récursif à ondes élastiques de surface utilisant une ligne à retard à bouclage actif.**

(51) **Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). H 01 P 1/205.**

(22) **Date de dépôt..... 10 juin 1980.**

(33) (32) (31) **Priorité revendiquée :**

(41) **Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 50 du 11-12-1981.**

---

(71) **Déposant : FELDMANN Michel et HENAFF Jeannine, résidant en France.**

(72) **Invention de : Michel Feldmann et Jeannine Henaff.**

(73) **Titulaire : ETAT FRANÇAIS, résidant en France.**

(74) **Mandataire : Brevatome,  
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.**

---

La présente invention a pour objet un filtre récuratif à ondes élastiques de surface. Elle trouve une application en électronique et plus particulièrement dans la réalisation d'équipements de télécommunications, notamment pour les communications avec les mobiles.

Les filtres à ondes élastiques de surface se répartissent en deux catégories :

- les filtres transversaux, qui sont constitués par un transducteur de réponse impulsionnelle donnée suivi d'un transducteur de lecture,
- les filtres à résonateurs, qui sont constitués par des résonateurs à ondes élastiques de surface couplés entre eux, ces résonateurs étant obtenus par exemple au moyen de sillons gravés.

Ces dispositifs sont décrits notamment dans l'ouvrage de H. MATTHEWS (Editeur) intitulé "Surface Wave Filters", John Wiley (1977) et dans celui de A.A. OLINER (Editeur) intitulé "Acoustic Surface Waves" collection "Topics in Applied Physics" vol. 24, Springer Verlag (1978).

Les filtres de la première catégorie possèdent une fonction de transfert de la forme  $P(z)$  où  $z$  est une variable complexe égale à  $j\omega t$ ,  $\omega$  étant une pulsation et  $t$  le temps. Cette fonction ne possède pas de pôles et les filtres associés sont non récuratifs. Ceux de la seconde catégorie possèdent une fonction de transfert de la forme  $\frac{P(z)}{Q(z)}$ , la présence du dénominateur  $Q(z)$  entraînant l'existence de pôles. Ces filtres sont récuratifs.

La présente invention se rapporte aux filtres récuratifs, c'est-à-dire aux filtres dont la fonction de transfert est de la forme  $\frac{P(z)}{Q(z)}$ .

Les filtres récuratifs de l'art antérieur présentent un inconvénient du fait que le numérateur

et le dénominateur de leur fonction de transfert sont liés, ce qui conduit à des difficultés lorsqu'une réponse particulière doit être synthétisée.

5 La présente invention a pour but d'éviter cet inconvénient en proposant un filtre qui conduit à une indépendance des numérateur et dénominateur de la fonction de transfert correspondante, ce qui laisse une plus grande latitude dans le choix des composants du filtre et permet éventuellement un accord électro-  
10 nique.

A cette fin, le filtre de l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend : au moins une ligne à retard constituée par deux transducteurs à ondes élastiques de surface, cette ligne étant bouclée sur  
15 elle-même extérieurement par un amplificateur, un moyen pour introduire dans cette ligne une onde élastique de surface, ce moyen étant relié à une entrée du filtre, et un troisième transducteur ayant une forme de filtre transversal, ce transducteur étant couplé à  
20 ladite ligne et relié à une sortie du filtre.

Dans une variante avantageuse, l'amplificateur est précédé d'un déphaseur auxiliaire pouvant être commandé électroniquement. De tels déphaseurs sont connus et comprennent, par exemple, une jonction  
25 hybride et des capacités réglables électroniquement.

De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux après la description qui suit, d'exemples de réalisation donnés à titre explicatif et nullement limitatif. Cette des-  
30 cription se réfère à des dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente un premier mode de réalisation d'un filtre conforme à l'invention et comportant un déphaseur auxiliaire,

- la figure 2 représente deux exemples de  
35 réponse en fréquence des éléments composant le filtre de l'invention,

- la figure 3 représente un deuxième mode de réalisation d'un filtre selon l'invention,

- la figure 4 représente un troisième mode de réalisation d'un filtre selon l'invention,

5 - la figure 5 représente un quatrième mode de réalisation d'un filtre selon l'invention,

- la figure 6 représente un cinquième mode de réalisation d'un filtre selon l'invention.

Le filtre représenté sur la figure 1 comprend, sur un substrat 10 susceptible de propager une onde élastique de surface (par exemple un substrat en niobate de lithium), un premier transducteur  $t_1$  réuni à une entrée de signal E et un second transducteur  $t_2$ , ces deux transducteurs étant couplés entre eux et définissant une ligne à retard de fonction de transfert  $T(z)$ . Les deux transducteurs  $t_1$  et  $t_2$  sont réunis entre eux par un amplificateur 12. Le filtre comprend en outre un troisième transducteur  $t_3$  en forme de filtre transversal, de fonction de transfert  $P(z)$ , ce dernier transducteur étant réuni à une sortie de signal S. Un déphaseur réglable auxiliaire 11 est inséré dans la branche extérieure de gain complexe G.

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant. Si l'on désigne par  $x$  le signal d'entrée appliqué au transducteur  $t_1$ , et par  $y$  le signal appliqué au transducteur  $t_2$ , on a :

$$y = G \left[ x + T(z)y \right]$$

30 soit :

$$y = \frac{G}{1 - GT(z)} x$$

soit encore :

35

$$y = \frac{1}{Q(z)} x$$

Le transducteur  $t_2$  rayonne une onde élastique de surface vers le troisième transducteur  $t_3$ , cette onde étant proportionnelle à  $y$ , soit  $\frac{1}{Q(z)} x$ . On trouve donc, à la sortie S un signal de la forme :

5

$$\frac{1}{Q(z)} x P(z)$$

La fonction de transfert globale du filtre, entre l'entrée E et la sortie S, est donc de la forme :

10

$$\frac{N(z)}{D(z)}$$

où le dénominateur  $D(z)$  n'est défini que par la ligne à retard bouclée.

15

La fonction  $\frac{1}{Q(z)}$  n'est en fait pas quelconque puisque le dispositif qui la détermine est une ligne à retard dont la fonction est de retarder le signal d'entrée de  $n$  périodes fondamentales. On a donc :

20

$$T(z) = z^{-n}$$

ou encore, en posant  $G = r^n = R^n e^{jn\phi}$  où  $n\phi$  est le déphasage apporté par le déphaseur auxiliaire et  $r$  est complexe et de module  $R$  :

25

$$GT(z) = (r/z)^n$$

et sensiblement :

30

$$1 - GT(z) = z^{-n} (z^n - r^n)$$

La fonction de transfert globale du filtre est donc finalement de la forme :

35

$$\frac{z^n P(z)}{z^n - r^n}$$

où le dénominateur est imposé.

Lorsque le déphasage auxiliaire est différent de zéro, le dénominateur peut s'écrire :

$$Q = z^n - r^n = (z^n - R^n) e^{jn\phi}$$

avec :

$$z = ze^{-j\phi} = \exp j\tau (\omega - \phi/\tau)$$

10

où  $\tau$  correspond à un retard élémentaire. Comme le facteur  $\exp(jn\phi)$  est sans influence, le déphasage a simplement pour effet de décaler la fréquence de  $\phi/\tau$  et ainsi de constituer un filtre accordable électroniquement. Lorsque  $\phi = 0$ ,  $z = z$ .

15

En l'absence de déphasage auxiliaire, la synthèse du filtre revient alors au calcul d'un numérateur approprié ou encore à la synthèse du filtre transversal  $t_3$ . Des méthodes pour ce faire sont connues. A ce sujet, on pourra se reporter, par exemple, aux articles de :

20

- M. FELDMANN et J. HENAFF, intitulé "Design of Saw Filter with minimum Phase Response", publié dans IEEE Ultrasonics Symposium, Septembre 25-27, 1978, CHERRY HILL (New Jersey) U.S.A.,

25

- J. HENAFF et M. FELDMANN, intitulé "Design and Capabilities of Saw Filters : Synthesis and Technologies", publié dans les comptes-rendus de 1979, IEEE International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS 79, TOKYO, Japon 17-19 juillet 1979,

30

- M. FELDMANN, intitulé "Direct Synthesis of Minimum Phase Transversal Filters", publié dans les mêmes comptes-rendus.

La figure 2 représente deux exemples de réponse (R) en fréquence (F) qui peuvent être retenus

35

pour constituer un filtre selon l'invention. La fonction  $\frac{1}{Q(z)}$  est représentée en trait plein et la fonction  $P(z)$  en traits interrompus. Sur la figure (a), la fonction  $\frac{1}{Q(z)}$  présente deux "bosses" et sur la figure  
 5 (b), elle n'en présente qu'une seule.

A titre illustratif, un exemple simple peut être donné de détermination d'un filtre selon l'invention. Soit à réaliser un filtre récursif défini par la fonction :

$$10 \quad \frac{P(z)}{Q(z)} = \frac{z^2 - 2z \cos \theta + 1}{z^2 + rz + r^2} \quad (\text{où } r < 1)$$

Cette fonction correspond à un filtre elliptique du second ordre.

15 La fonction de transfert correspondant à un retard de durée  $\tau = 2\pi/\omega_0$ , où  $\omega_0$  est la fréquence centrale du système est encore notée  $z^{-1}$ .

On constitue alors une ligne à retard de  $3\tau$ , dont la fonction de transfert est :

$$20 \quad T(z) = z^{-3}$$

on a :

$$25 \quad GT = r^3 z^{-3} \text{ et}$$

$$1 - GT = z^{-3}(z^3 - r^3) = z^{-3}(z-r)(z^2 + rz + r^2)$$

Il suffit alors de prendre  $P(z)$  proportionnel à :  
 30

$$z^{-3} (z-r)(z^2 - 2z \cos \theta + 1),$$

soit :

$$35 \quad P(z) = 1 - z^{-1} (r + 2 \cos \theta) + z^{-2} (1 + 2r \cos \theta) - rz.$$

Le transducteur  $t_3$  admet donc comme coefficients :

$$1, (r+2\cos\theta), (1+2r\cos\theta), r.$$

5

Le mode de réalisation de la figure 1 n'est donné naturellement qu'à titre explicatif et d'autres modes peuvent être imaginés qui entrent dans le cadre de l'invention. Certains sont représentés sur les figures 3 à 6.

10

Le filtre de la figure 3 se distingue de celui de la figure 1 par l'existence d'un transducteur supplémentaire  $t_0$  qui reçoit le signal à filtrer et qui est couplé au transducteur  $t_1$  de la ligne à retard.

15

Le filtre de la figure 4 est analogue à celui de la figure 1, mais son amplificateur 12 est inversé, sa sortie étant reliée à  $t_1$  et son entrée à  $t_2$ .

Le filtre de la figure 5 utilise des transducteurs de type à peignes interdigités.

20

Enfin, le filtre de la figure 6 comprend une pluralité de lignes à retard constituées par des transducteurs  $(t_1, t_2)$ ,  $(t'_1, t'_2)$ , etc... et un transducteur de sortie  $t_3$ .

25

D'autres variantes pourraient encore être imaginées à partir de ces exemples.

REVENDEICATIONS

1. Filtre récursif à ondes élastiques de surface, caractérisé en ce qu'il comprend : au moins une ligne à retard constituée par deux transducteurs ( $t_1$ ,  $t_2$ ) à ondes élastiques de surface, cette ligne  
5 étant bouclée sur elle-même extérieurement par un amplificateur (12), un moyen pour introduire dans cette ligne une onde élastique de surface, ce moyen étant relié à une entrée du filtre, et un troisième transducteur ( $t_3$ ) ayant une forme de filtre transversal, ce  
10 transducteur étant couplé à ladite ligne et relié à une sortie du filtre.

2. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ligne de bouclage extérieure comporte en outre un déphaseur auxiliaire (11) à commande  
15 électronique.

3. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen pour introduire l'onde élastique de surface dans la ligne à retard est constitué par l'un des transducteurs ( $t_1$ ,  $t_2$ ) de cette ligne, ce  
20 transducteur étant relié à l'entrée du filtre.

4. Filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen pour introduire l'onde élastique de surface dans la ligne à retard est constitué par un transducteur supplémentaire ( $t_0$ ) réuni à l'en-  
25 trée du signal à filtrer.

5. Filtre selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les transducteurs de la ligne à retard sont du type à peignes interdigués.

1/2

FIG.1

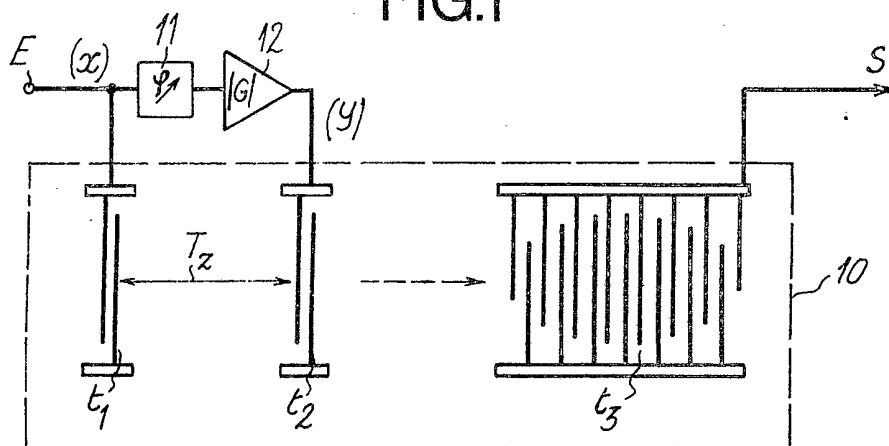
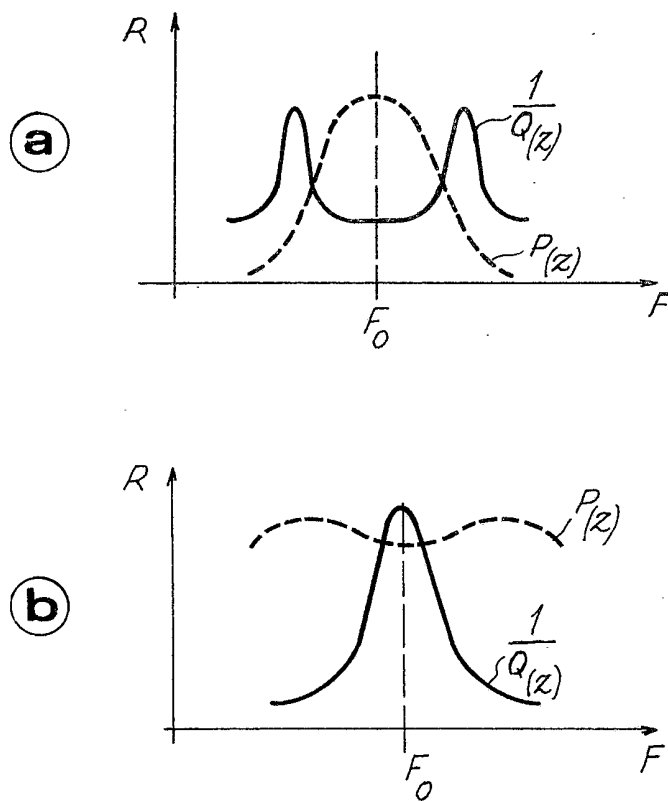


FIG.2



2/2

FIG.3

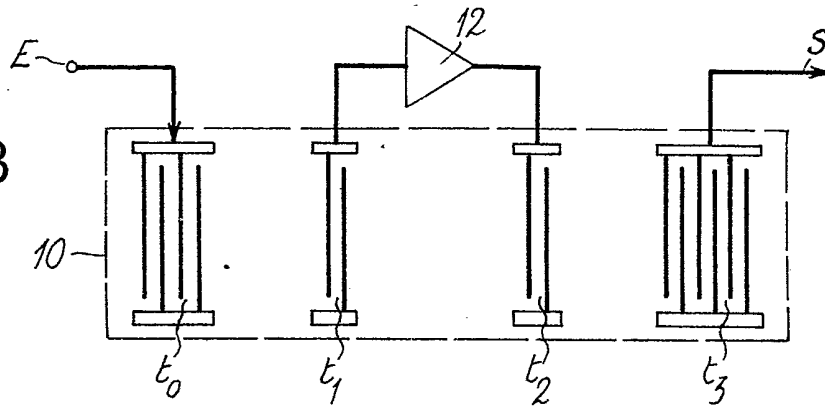


FIG.4

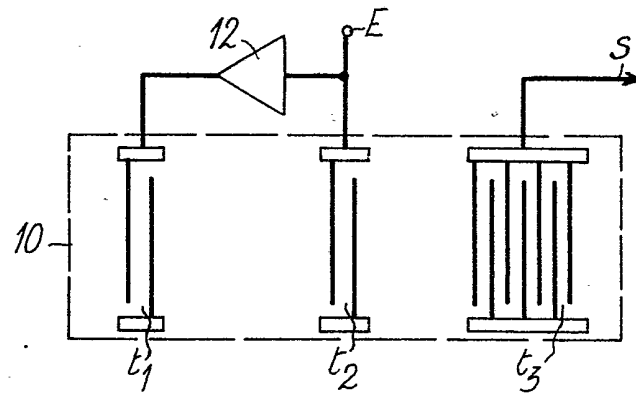


FIG.5

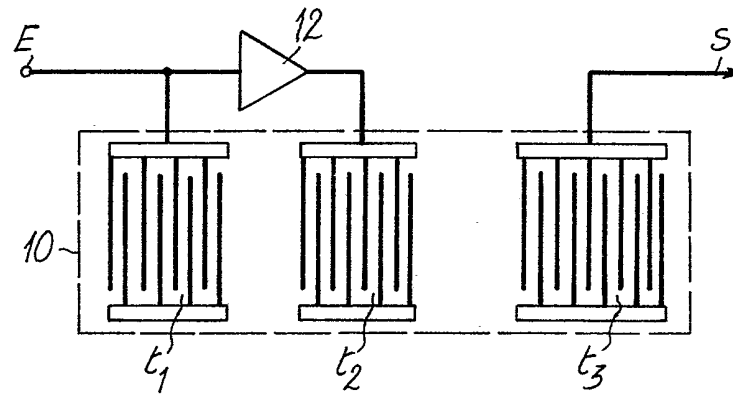


FIG.6

