

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.11.06.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.05.08 Bulletin 08/22.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : THOMSON LICENSING Société par actions simplifiée — FR.

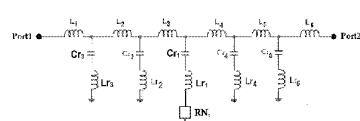
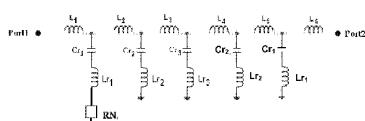
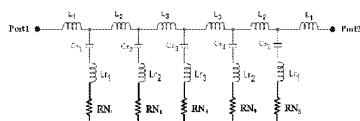
(72) Inventeur(s) : LO HINE TONG DOMINIQUE, BARON FRANCOIS, LABABIDI RAAFAT et LOUZIR ALI.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : THOMSON.

(54) FILTRE PASSE-BAS ACTIF.

(57) L'invention concerne un filtre passe-bas actif sélectif et une méthode pour améliorer la sélectivité d'un tel filtre. La méthode consiste à centrer au centre du réseau l'élément résonnant dont la fréquence est la plus proche de la fréquence de coupure du filtre et à insérer en série avec cet élément une résistance négative de valeur supérieure à la résistance parasite du filtre.



L'invention se rapporte à un filtre passe-bas actif sélectif et à une méthode pour améliorer la sélectivité d'un filtre passe-bas actif. Elle s'inscrit dans le cadre du projet Multi-Radio-Front-End (MRFE) pour la conception de terminaux fixes/mobiles multimodes, multistandards, intégrant par exemple des systèmes de téléphonie 5 cellulaire (GSM, UMTS etc.), de réception de télévision numérique terrestre (DVB-H/T) et d'accès aux réseaux locaux (WLAN a/b/g).

D'un point de vue technique, cette convergence de différents modes d'accès dans un 10 seul objet communicant implique des problèmes de coexistence dus en particulier à la proximité des bandes de fréquences d'opération de chacun des modes.

La présente invention s'intéresse plus particulièrement à la coexistence des standards DVB-H/T et GSM pour laquelle, comme le montre la figure 1, il est clair que les signaux 15 GSM émis dans la bande 890-915MHz vont certainement perturber et dégrader la réception DVB-T/H si aucun dispositif de filtrage n'est incorporé dans le système pour isoler les 2 bandes.

La spécification très sévère en terme de gabarit entraîne nécessairement l'utilisation 20 d'un filtre passe-bas ultra sélectif. En effet, ce filtre doit posséder une fréquence de coupure supérieure ou égale à 862MHz et rejeter la bande GSM, de 890 à 915MHz d'au moins 20dB. Selon les résultats d'une pré analyse, seule l'utilisation d'un filtre 25 d'ordre 11 et possédant une réponse de type pseudo elliptique permet d'atteindre ces objectifs.

Le réseau de ce filtre est représenté en figure 1. La synthèse de ce filtre amène 30 automatiquement à une structure de réseau symétrique. Celui-ci comprend :

- 6 inductances de couplages : 2\*L1, 2\*L2, 2\*L3 connectées en série entre la borne d'entrée E et la borne de sortie S ;
- et 5 éléments résonants LC série : 2\*Lr1/Cr1, 2\*Lr2/Cr2, 1\*Lr3/Cr3, intercalés entre les différentes inductances de couplage et la masse. Ces éléments LC série résonnent à des fréquences qui sont très proche de la fréquence de coupure du filtre, et créent ainsi des zéros de transmission qui vont permettre d'augmenter de manière drastique la sélectivité du filtre.

Une application de la méthode de synthèse de ce réseau préconisée à ce gabarit de filtrage amène aux valeurs des composants suivants :

- Inductances de couplage :  $L1=1.5\text{ nH}$ ,  $L2=10\text{nH}$ ,  $L3=9.1\text{nH}$
- Eléments L/C série :  $Lr1=11\text{nH}$ ,  $Lr2=7.5\text{nH}$ ,  $Lr3=6.8\text{nH}$   $Cr1= 2.2\text{pF}$ ,  $Cr2=3\text{pF}$ ,  $Cr3=3.3\text{pF}$

- 5 Une remarque importante pour la suite concerne la fréquence de résonance des éléments L/C : On peut noter en effet que les résonateurs L/C qui permettent d'obtenir les zéros de transmission les plus proches de la fréquence de coupure sont situés en bout du réseau, en l'occurrence ici les 2  $Lr1/Cr1$  qui résonnent à la fréquence  $Fr1=1023\text{MHz}$ . Les 2 autres résonateurs L/C résonnent aux fréquences  $Fr2=1061\text{MHz}$  et  $Fr3=1062\text{MHz}$ .
- 10

La figure 2 montre la réponse en transmission simulée en considérant des composants L/C idéaux. Dans ce cas, on peut noter effectivement une fréquence de coupure  $F_c$  autour de  $860\text{MHz}$ , représentée par le point m1, et une réjection de la bande GSM de plus de  $40\text{dB}$ , représentée à partir du point m2.

15

Les composants usuellement employés sont des composants CMS (pour composants montés en surface) tels que donnés par exemple par le fabricant Murata de la série LQW15 pour les inductances et de la série GRM15 pour les capacités.

En réalité, si les éléments parasites sont pris en compte, les pertes d'insertion sont fortement dégradées au voisinage de  $F_c$ . Cette dégradation est due principalement à la résistance parasite série (de valeur courante de l'ordre de  $1\text{ohm}$  pour des inductances CMS bobinées) des inductances qui réduit le facteur de qualité de celles-ci et conséquemment les performances du filtre en terme de pertes d'insertion et de sélectivité. Sur la figure 2 qui montre les performances simulées du filtre en prenant en compte les éléments parasites des composants L/C du réseau, on note la dégradation des pertes d'insertion à  $F_c$  qui sont passées à plus de  $13\text{dB}$ .

20

25

L'invention vise à remédier à ces inconvénients.

30 L'invention consiste en une méthode d'amélioration de la sélectivité d'un filtre passe-bas avec une fréquence de coupure  $F_c$ , formé par un réseau symétrique d'éléments résonnants LC associé à des inductances de couplage montés en série entre les ports d'entrée et de sortie.

La méthode d'amélioration de la sélectivité comprend les étapes suivantes de :

- centrer l'élément résonnant à la fréquence la plus proche de la fréquence de coupure  $F_C$  au centre du réseau ;
  - insérer une résistance négative  $R_N$  en série avec cet élément résonnant ;
  - optimiser les valeurs des composants des éléments résonnents LC du réseau
- 5 pour adapter le filtre dans la bande de fonctionnement.

L'invention a l'avantage de permettre de résoudre la problématique de coexistence de standards DHV\_H/T et GSM.

- 10 L'invention consiste également en un filtre passe-bas actif sélectif de fréquence de coupure  $F_c$  formé par un réseau d'inductances  $L$  et de résonateurs LC. Il comprend au centre du réseau une résistance négative  $R_N$  en série avec l'élément résonnant à la fréquence la plus proche de la fréquence de coupure  $F_c$ .  
Préférentiellement, la résistance négative a une valeur supérieure à la résistance
- 15 parasite de l'inductance de couplage.

Selon une variante de l'invention, le filtre est d'ordre 11 et possède une réponse de type pseudo elliptique.

- 20 Il s'ensuit ainsi les avantages suivants :  
Grâce à l'utilisation d'une seule résistance négative, le filtre est peu encombrant, à faible coût, à faible consommation et grâce à une fonction stable électriquement, le filtre est insérable sans condition dans une chaîne de réception.

- 25 Les caractéristiques et avantages de l'invention mentionnée ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante, faite en relation avec les dessins joints, dans lesquels :
  - la figure 1 déjà décrite, représente un filtre passe-bas selon l'état de la technique ;
  - la figure 2 déjà décrite, correspond à la courbe de réponse simulée du filtre passe-bas en prenant en compte les éléments parasites ;
  - la figure 3 représente un réseau du filtre passe-bas actif comprenant des résistances négatives ;

- la figure 4 représente un réseau du filtre passe-bas actif comprenant une seule résistance négative en extrémité du réseau ;
- la figure 5 représente un réseau du filtre passe-bas actif selon l'invention comprenant une seule résistance négative au centre du réseau ;
- 5 - la figure 6, représente la courbe de réponse simulée du filtre passe-bas actif selon l'invention ;
- La figure 7 représente une topologie d'une résistance négative.

10 Pour simplifier la description, les mêmes références seront utilisées dans ces dernières figures pour désigner les éléments remplissant des fonctions identiques.

15 Les résistances parasites les plus critiques sont celles des inductances  $L_r$  qui permettent de créer les zéros de transmission proche de  $F_c$ , et plus particulièrement  $L_{r1}$  qui mise en série avec  $C_{r1}$  crée un zéro de transmission au plus près de  $F_c$  comme il a été précisé précédemment.

Le concept proposé ici, est basé sur l'utilisation d'une technologie de filtrage actif permettant, grâce à une réponse de type passe-bas pseudo-elliptique, de rejeter la bande parasite GSM transmise et de protéger ainsi toute la bande DVB de 470 à 862MHz d'une perturbation potentielle.

20 Un filtre actif se définit comme un filtre comprenant des composants actifs tels que principalement des transistors. Il est clair qu'un filtre actif, par rapport à un filtre passif, permet d'atteindre de meilleures performances en termes de pertes d'insertion et de sélectivité, grâce à la compensation possible des pertes inhérentes aux éléments 25 passifs. Cependant, les composants actifs dans les filtres entraînent un certain nombre de problèmes tels la stabilité électrique, le bruit du dispositif, les non linéarités des composants actifs et la consommation électrique.

30 Dans le cas particulier du réseau passe-bas, les pertes des inductances sont compensées en introduisant un circuit actif en série dont le but sera de créer une résistance négative qui viendra compenser la résistance parasite de celles-ci.

Dans le cas extrême, si on veut retrouver les performances du filtre passe-bas idéal, il faudrait alors rajouter à chacun des éléments L/C une résistance négative, c'est-à-dire

pour notre filtre 11 pôles, il faudrait rajouter un total de 5 résistances RN1, RN2, RN3, RN4 et RN5 tel représenté par la figure 3. Mais le coût du filtre, son encombrement et sa consommation augmenteraient considérablement.

- 5 La figure 4 illustre une autre solution. Elle consiste à n'introduire qu'une seule résistance négative placée spécifiquement en série avec l'une des 2 inductances Lr1 mise en série avec la capacité Cr1 et qui permet de créer le zéro de transmission le plus proche de Fc. De plus, en prenant une résistance négative RN1 de valeur plus élevée que celle de la résistance parasite seule de l'inductance, cette résistance permet
- 10 de compenser quasiment toutes les pertes du réseau au voisinage de la fréquence de coupure Fc.

Par exemple une résistance négative RN de valeur  $\sim 7\text{ohms}$ , conçue classiquement en utilisant une structure à 1 transistor ou à 2 transistors bipolaires, permet de compenser une valeur de la résistance parasite de  $\sim 1\text{ohm}$ .

- 15 La figure 7 représente une topologie d'une telle résistance négative. Les ports 1 et 2 des transistors sont reliés aux bases des transistors. Le collecteur de chacun des transistors est relié à la base du transistor opposé. Une tension de polarisation est appliquée au point commun des émetteurs. De nombreux autres circuits permettent de simuler une résistance négative.
- 20 Les résultats de simulation montre que ce filtre est une source potentielle d'instabilité électrique, en particulier lorsque que celui-ci sera inséré dans la chaîne de réception DVB-H/T.

- En reprenant la structure initiale du réseau de filtrage telle qu'usuellement employée, en
- 25 particulier le placement des résonateurs LC au sein de ce réseau, c'est-à-dire en déplaçant un des résonateurs LC se trouvant en bout du réseau et résonnant à la fréquence la plus proche de la fréquence de coupure Fc du filtre, au centre du réseau et en insérant une résistance négative en série avec ce résonateur LC, on remédié de plus au problème d'instabilité. La valeur de cette résistance doit nécessairement être
- 30 supérieure à la résistance parasite d'une inductance seule afin de compenser les pertes de l'ensemble du réseau et les valeurs des autres composants L et C du réseau doivent être de nouveau optimisés afin de réadapter le filtre dans la bande de fonctionnement.
- La figure 5 illustre un tel filtre passe-bas actif comprenant une seule résistance négative au centre du réseau. Ce filtre passe-bas actif comporte 6 inductances de couplage en

série entre le port d'entrée Port1 et le port de sortie Port2. Les 5 éléments résonnantes sont disposés tels qu'un des éléments résonnantes Lr1/Cr1 résonant à la fréquence la plus proche de la fréquence de coupure  $F_c$  du filtre soit inséré au centre du filtre. Une résistance négative RN1 est insérée en série avec ce résonateur Lr1/Cr1.

- 5 Les 2 éléments résonnantes Lr2/Cr2 sont disposés de part et d'autre de l'élément central tandis qu'aux extrémités du filtre sont reliés les éléments résonnantes Lr4/Cr4 et Lr3/Cr3. Les valeurs des éléments résonnantes sont ensuite optimisées de façon à atteindre les performances de sélectivité et d'adaptation souhaitées
- 10 L'adjonction d'une seule résistance négative judicieusement placée permet de compenser les résistances parasites des inductances les plus critiques, et une modification du réseau de filtrage initial tel qu'usuellement employé peut rendre le filtre inconditionnellement stable.

15 La figure 6 représente la courbe de réponse simulée du filtre passe-bas actif selon l'invention. Il apparaît que l'atténuation de la bande parasite GSM atteint plus de 40dB. Le point m2 de la courbe correspond à une atténuation de  $-43,71$  dB à une fréquence de 890MHz. Le point m1 indique une perte de  $-0,33$  dB à une fréquence de 860MHz .Les pertes d'insertion restent donc très faibles.

20 Le dispositif de filtrage est entièrement stabilisé électriquement car de plus les paramètres de réflexion simulés aux 2 ports du filtre sont négatifs.

25 Le filtre obtenu possède des performances satisfaisantes tant en termes de pertes d'insertion dans la bande DVB-H/T que de réjection de la bande parasite GSM. Pour cette application particulière où la fréquence d'opération est relativement basse ( $<1$ GHz) les éléments LC considérés sont des éléments discrets (ou localisés, de type CMS) pour conserver la compacité du filtre, mais il est clair que le concept est aussi applicable à d'autres technologies, en particulier lorsque ces LC sont en éléments distribués, par exemple des lignes de transmission, pour des applications à plus hautes fréquences.

## REVENDICATIONS

1. Méthode d'amélioration de la sélectivité d'un filtre passe-bas avec une  
5 fréquence de coupure  $F_C$ , formé par un réseau d'éléments résonnantes LC associé à des inductances de couplage montés en série entre les ports d'entrée et de sortie, caractérisée par les étapes suivantes :

- centrer l'élément résonnant à la fréquence la plus proche de la fréquence de coupure  $F_C$  au centre du réseau ;
- 10 - insérer une résistance négative RN en série avec cet élément résonnant, et
  - optimiser les valeurs des composants des éléments résonnantes LC du réseau pour adapter le filtre dans la bande de fonctionnement et pour rejeter la bande parasite au niveau souhaité.

15 2. Méthode d'amélioration de la sélectivité d'un filtre passe-bas selon la revendication 1, caractérisée en ce que la valeur de la résistance négative est supérieure à celle de la résistance parasite de l'inductance de couplage.

3. Filtre passe-bas actif sélectif de fréquence de coupure  $F_c$  formé par un  
20 réseau d'inductances L et de résonnateurs LC, caractérisé en ce qu'il comprend au centre du réseau une résistance négative RN en série avec l'élément résonnant à la fréquence la plus proche de la fréquence de coupure  $F_c$ .

4. Filtre passe-bas actif sélectif selon la revendication 3, caractérisé en ce  
25 que la résistance négative a une valeur supérieure à la résistance parasite de l'inductance de couplage.

5. Filtre passe-bas actif sélectif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le filtre est d'ordre 11 et possède une réponse de type pseudo elliptique.

1/3

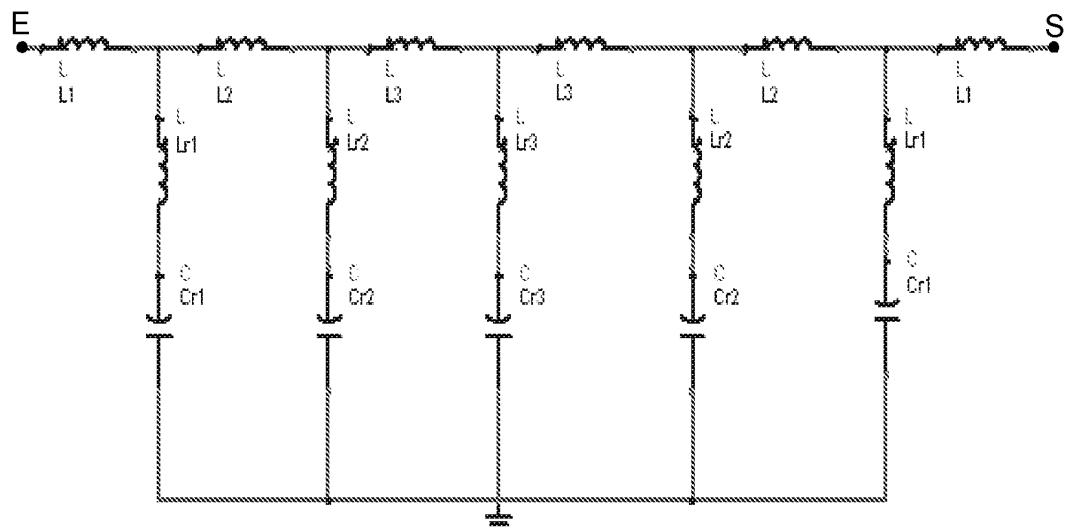


Figure 1

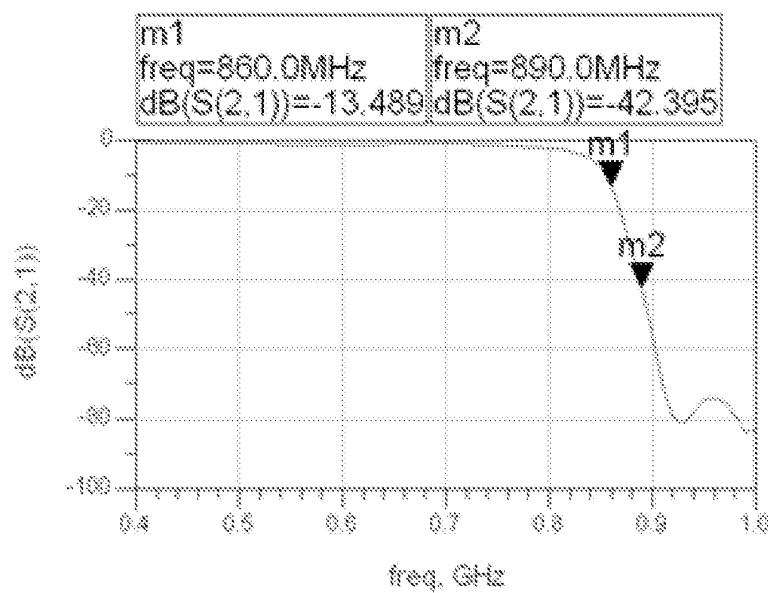


Figure 2

2/3

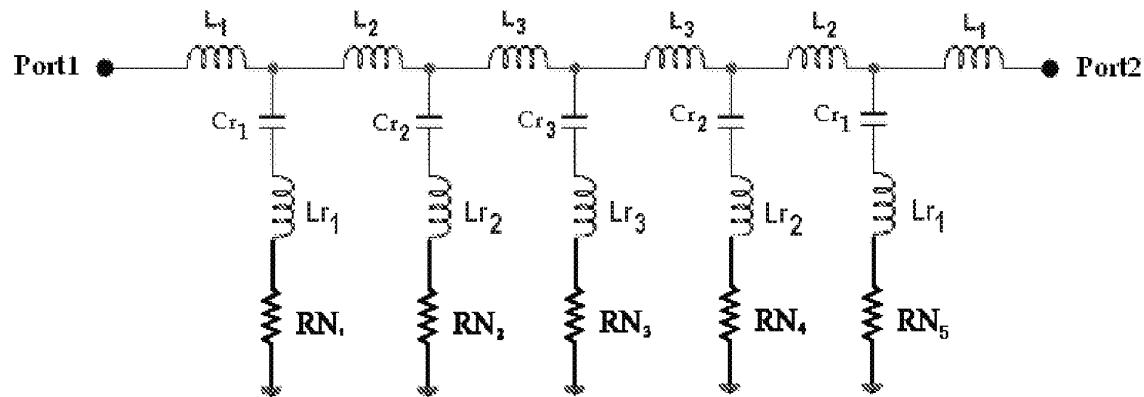


Figure 3

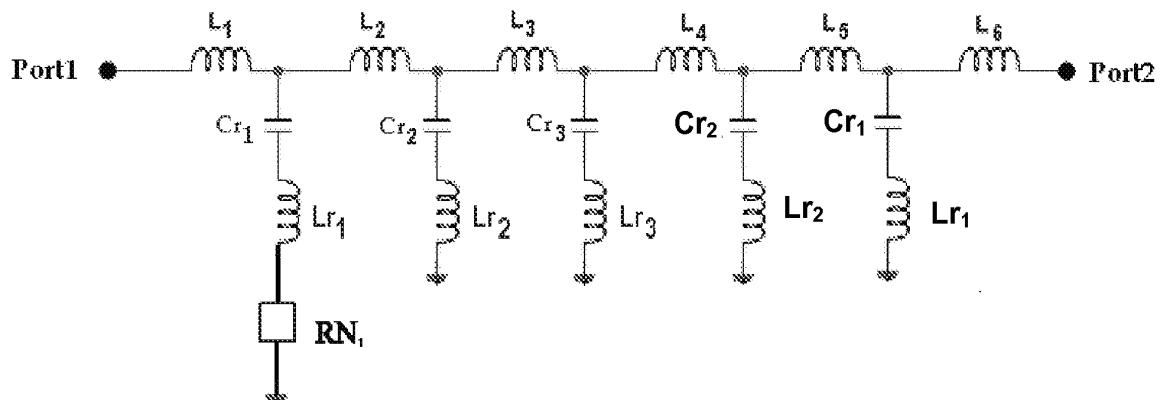


Figure 4

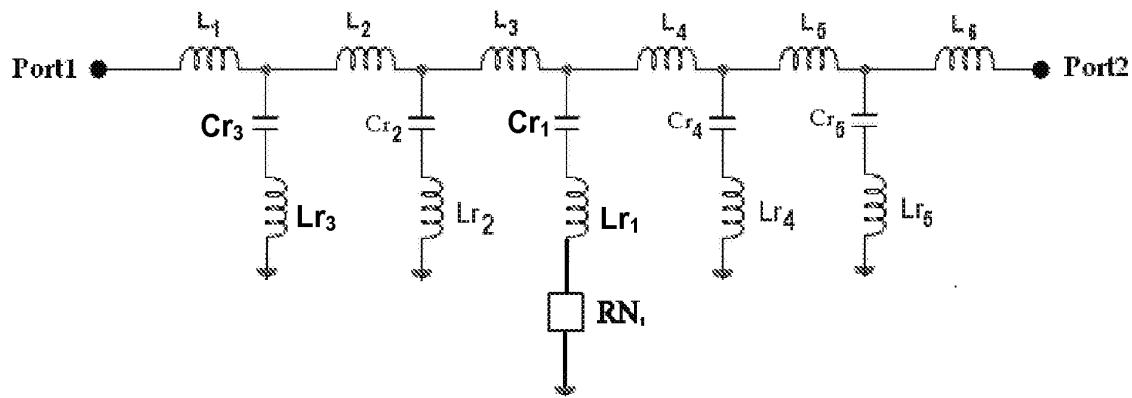
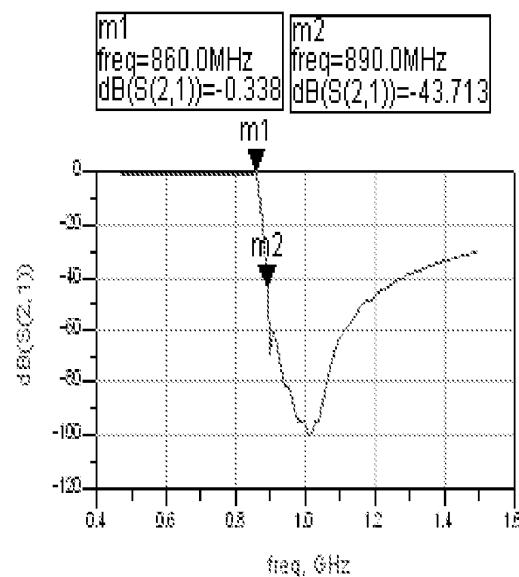
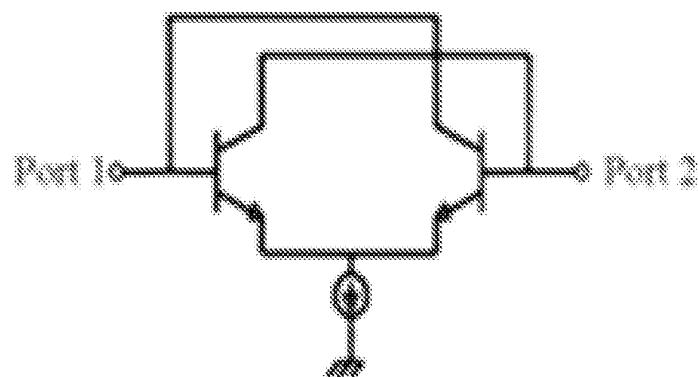


Figure 5

3/3



**Figure 6**



**Figure 7**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement  
nationalFA 687929  
FR 0655109établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>DARDILLAC S ET AL: "Highly selective planar filter using negative resistances for loss compensation" MICROWAVE CONFERENCE, 2003. 33RD EUROPEAN 7-9 OCT. 2003, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 2, 7 octobre 2003 (2003-10-07), pages 821-824, XP010681021 ISBN: 1-58053-835-5 * page 822, colonne 1, ligne 8 - page 823, colonne 1, ligne 38; figures 5-7,9 *</p> <p>-----</p>	1-5	H03H7/12 H04L5/00 H04J1/00 H03H17/02
X	<p>WILLIAM B KUHN ET AL: "A 200 MHz CMOS -Enhanced LC Bandpass Filter" IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 31, no. 8, août 1996 (1996-08), XP011060293 ISSN: 0018-9200 * page 1113, colonne 2, ligne 1 - page 1113, colonne 2, ligne 28; figure 2 *</p> <p>-----</p>	1-5	
A	<p>K-K M KWOK-KEUNG M CHENG ET AL: "Noise Performance of Negative-ResistanceCompensated Microwave Bandpass Filters-Theory and Experiments" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 49, no. 5, mai 2001 (2001-05), XP011038319 ISSN: 0018-9480 * figures 2-4 *</p> <p>-----</p>	1-5	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)</p> <p>H03H</p>
3	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
	12 juin 2007	Kreutz, Joseph	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)			