

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00603

(22) Data de depozit: 27/09/2019

(41) Data publicării cererii:
28/08/2020 BOPI nr. 8/2020

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• MOCANU IULIA-ANDREEA,
ȘOS.MIHAI BRAVU NR.192, BL.204, SC.A,
ET.5, AP.19, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;
• BĂDESCU ALINA MIHAELA,
ȘOS.PANTELIMON, NR.89, BL.404 - 405,
SC.3, AP.63, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) CUPLOR DIRECTIV DE BANDĂ DUALĂ,
MULTIPLE-INPUT-MULTIPLE-OUTPUT
CU TREI BRAȚE DE CUPLAJ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un cuplor directiv de bandă duală cu intrări multiple și ieșiri multiple (MIMO), pentru standardul LTE (Long Term Evolution), cu aplicații în domeniul telecomunicațiilor. Cuplorul conform invenției funcționează în două benzi de frecvență LTE, de 930 MHz și 1780 MHz, și, pentru realizarea acestuia, se folosesc trei linii de transmisie de tip LH (Left Handed), fiecare formată dintr-o singură celulă inversoare de impedanță, celulele fiind implementate folosind componente de tip SMD (Surface Mount Device) într-o capsulă (1) 0603, interconectate prin linii (2) microstrip. Substratul (3) folosit este FR4, material compozit laminat format din fibre de sticlă impregnate cu rășină epoxidică rezistentă la foc, iar alimentarea cuplorului se face cu ajutorul unor linii (5) de acces având o impedanță caracteristică de 50 Ω și o lungime minimă, pentru a nu introduce defazaje suplimentare, egală cu lungimea pinului conectorului (6) coaxial de tip SMA.

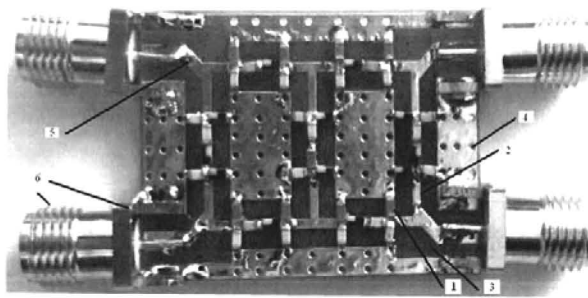
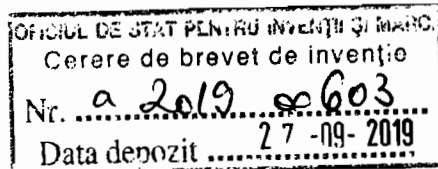


Fig. 2

Revendicări: 2
Figuri: 7





DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la un dispozitiv de tip cuplor directiv MIMO, care operează simultan pe două frecvențe arbitrar alese, cea de-a doua frecvență nefiind armonica primeia [1]. Cele două frecvențe sunt din standardul LTE pentru Europa, mai exact 930MHz și 1780 MHz.

Folosirea unui cuplor realizat cu linii de transmisiune de tip Composite Right Left Handed (CRLH)[2] permite alegerea oricăror două frecvențe de funcționare. Implementarea fiecărei linii cu o singură celulă inversor de impedanță, în loc de două sau mai multe favorizează miniaturizarea dispozitivului și transformarea lui într-o componentă de bandă dublă [3], păstrând performanțele unui cuplor directiv.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje: cuplorul poate fi integrat ușor în sistemele de telecomunicații, are o structură simplă și ieftin de fabricat folosind tehnologia circuitelor imprimate și a capsulelor SMD (*Surface Mount Device* – componentă cu montare pe suprafață), robustă atunci când este montată pe suprafețe rigide, este foarte versatilă în ceea ce privește alegerea frecvențelor de lucru, este miniaturizată prin folosirea unui număr minim de componente și poate lucra cu performanțe similare la două frecvențe arbitrar alese. Totodată se obțin performanțe foarte bune din punct de vedere al parametrilor de transfer.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legăturile cu figurile 1 - 7, care se referă la:

Fig. 1 – vedere tridimensională a schemei cuplorului măsurat

Fig. 2 – vedere frontală a cuplorului

Fig. 3 – dependența modulului atenuării de inserție măsurat în funcție de frecvență

Fig. 4 – dependența modulului atenuării de cuplaj măsurat în funcție de frecvență

Fig. 5 – dependența modulului atenuării de reflexie la intrare măsurat în funcție de frecvență

Fig. 6 – dependența modulului atenuării de izolație măsurat în funcție de frecvență

Fig. 7 – dependența diferenței de fază între semnalele de la portile de ieșire măsurată în funcție de frecvență

Conform invenției, pentru realizarea cuplorului directiv MIMO cu bandă dublă, se folosesc trei linii de transmisiune Composite Right Left Handed (CRLH), fiecare fiind formată dintr-o singură celulă inversoare de impedanță, plasate în brațele cuplorului. Celulele au fost implementate folosind componente cu constante concentrate de tip SMD în capsula 0603 (1) interconectate prin linii microstrip (2). Substratul folosit a fost FR4 (3), material compozit laminat format din textură din fibre de sticlă impregnată cu rășină epoxidică de tip “Flame Retardant/Resistant”, rezistent la foc, cu o permitivitate relativă de 4,4, cu o grosime $h = 0,5$ mm și o tangentă a unghiului de pierderi de 0,02, ce a fost utilizat pentru a evita un factor de disipare ridicat. Dimensiunile globale sunt de $30 \times 23 \times 1,3$ mm³.

Valorile componentelor cu constante concentrate au fost alese pentru a realiza înjumătățirea puterii de la intrare către cele două porți de ieșire ale cuplorului, în ambele benzi de frecvențe.

Un element de noutate este alegerea liniei CRLH cu o singură celulă, cu simetrizare în T, care asigură un defazaj de $90^\circ/-90^\circ$ corespunzătoare perechii de frecvențe 930MHz/1780MHz și introducerea ei în fiecare ramură a cuplorului, în loc de folosirea liniei CRLH cu mai multe celule [4]. Astfel, se obține o miniaturizare suplimentară a cuplorului.

Simetrizarea celulelor s-a ales în T din rațiuni tehnologice, fiind mai ușor de proiectat și realizat. Punerea la masă a fost făcută cu ajutorul găurilor metalizate (4) având un diametru $d=0.508$ mm, iar plasarea acestora s-a făcut într-un număr cât mai mare pentru a asigura o conexiune cât mai bună a stratului superior electric *top* cu stratul inferior electric *bottom*.

Alimentarea cuplorului se face cu ajutorul liniilor de acces (5), având o impedanță caracteristică de 50 Ω și o lungime minimă pentru a nu introduce defazaje suplimentare. Practic lungimea liniei de acces este lungimea pinului conectorului coaxial de tip SMA (6), adică aproximativ 0.5mm.

Proiectarea electromagnetică a celulelor cu constante concentrate și linii microstrip de interconectare s-a realizat cu ajutorul unui program de elemente finite de precizie înaltă. După cum se poate observa în figurile 3 - 7, măsurătorile efectuate au pus în evidență funcționalitatea cuplorului în banda de 930 MHz și 1780 MHz.

Unul dintre obiectivele cele mai importante ale cuplorului directiv este realizarea înjumătățirii puterii de la intrare. În figurile 3 și 4 se observă că pentru ambele frecvențe se obține modulul atenuării de inserție, respectiv al atenuării de cuplaj în jurul valorii de 3dB, cu o abatere de ± 0.75 dB, la cele două frecvențe impuse. Înjumătățirea puterii de la intrare se

păstrează în limite acceptabile într-o bandă de frecvențe clar delimitată și centrată în jurul frecvențelor nominale.

În figura 5 se observă că modulul atenuării de reflexie la intrare, este de aproximativ 33,1dB pentru frecvența inferioară, respectiv 31,7dB pentru frecvența superioară, ceea ce asigură o adaptare bună la intrare.

Modulul atenuării de izolație are o valoare de 32,47dB, respectiv 40dB la cele două frecvențe, realizând o izolație optimă în ambele benzi.

În figura 7 se observă că diferența de fază între semnalele de la ieșire este de 90° pentru frecvența inferioară și -90° pentru frecvența superioară. Diferența de fază între semnalele de la ieșire demonstrează funcționalitatea cuplorului în cuadratură. De asemenea, lărgimea de bandă obținută prin impunerea unei abateri de $\pm 1^\circ$ este 85MHz pentru prima frecvență, respectiv 166MHz pentru cea de-a doua, păstrându-se caracteristica de cuplor de bandă îngustă.

În general, parametri electrici măsurați ai cuplorului se pastrează cu performanțe similare în ambele benzi de frecvențe, ceea ce îl recomandă pentru aplicațiile MIMO de uz general în benzile LTE.



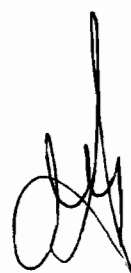
Bibliografie

1. I-Hsiang Lin, M. DeVincentis, C. Caloz and T. Itoh, "*Arbitrary dual-band components using composite right/left-handed transmission lines*," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 52, no. 4, pp. 1142-1149, April 2004.
2. A. Lai, T. Itoh and C. Caloz, "*Composite right/left-handed transmission line metamaterials*," in IEEE Microwave Magazine, vol. 5, no. 3, pp. 34-50, Sept. 2004.
3. Ling Wang and Tie Jun Cui, "*A novel branch-line coupler based on the composite right/left handed TL structure*," 2008 International Workshop on Metamaterials, Nanjing, 2008, pp. 397-399.
4. A. Sanada, C. Caloz and T. Itoh, "*Characteristics of the composite right/left-handed transmission lines*," in IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 14, no. 2, pp. 68-70, Feb. 2004.



REVENDICĂRI

1. Cuplor directiv de bandă duală, multiple-input-multiple-output cu trei brațe de cuplaj, pentru benzile de frecvență LTE **caracterizat prin aceea că** funcționează în cele două benzi de frecvență LTE de 930 MHz și 1780 MHz, fiind alcătuit din trei brațe de cuplaj, fiecare având o celulă inversoare de impedanță simetrică, realizate prin componente cu constante concentrate de tip SMD (*Surface Mount Device* – componentă cu montare pe suprafață) în capsula 0603 (1) interconectate prin linii microstrip (2). Substratul folosit a fost FR4 (3) cu o permitivitate relativă de 4,4, cu o grosime $h = 0,5$ mm și o tangentă a unghiului de pierderi de 0,02, în scopul îmbunătățirii lărgimii de bandă folosită în telecomunicații pentru transferul de date păstrând reduse dimensiunile, greutatea și costul de fabricație.
2. Dispozitiv conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că** alimentarea semnalului se face printr-o linie microstrip (6) de impedanță caracteristică de 50Ω , realizată pe substratul dielectric (3), iar celulele inversoare de impedanță sunt poziționate la distanța de 55 mm de capătul liniei microstrip.



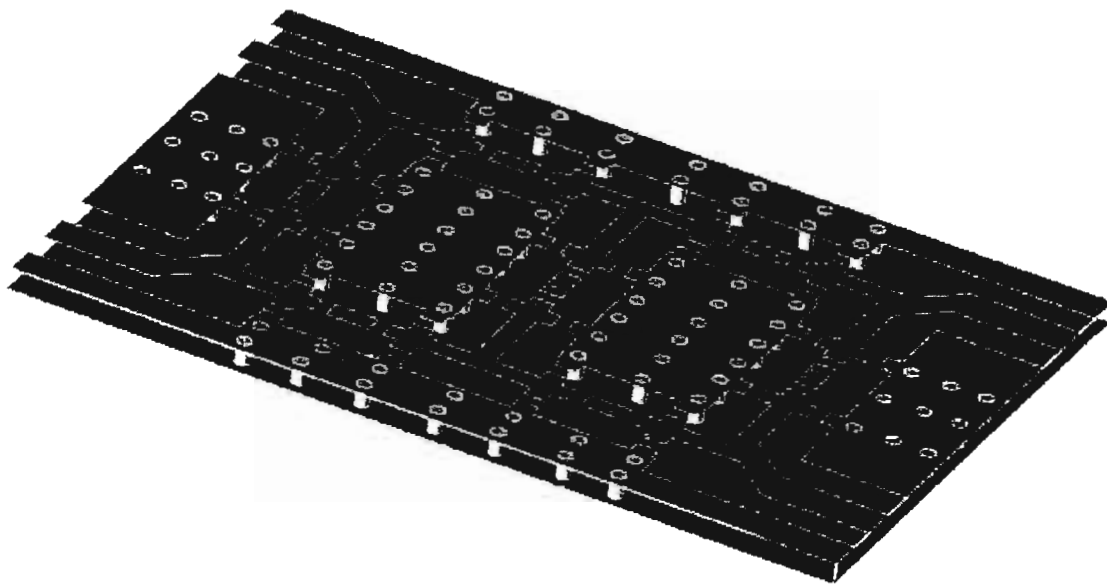


Fig. 1

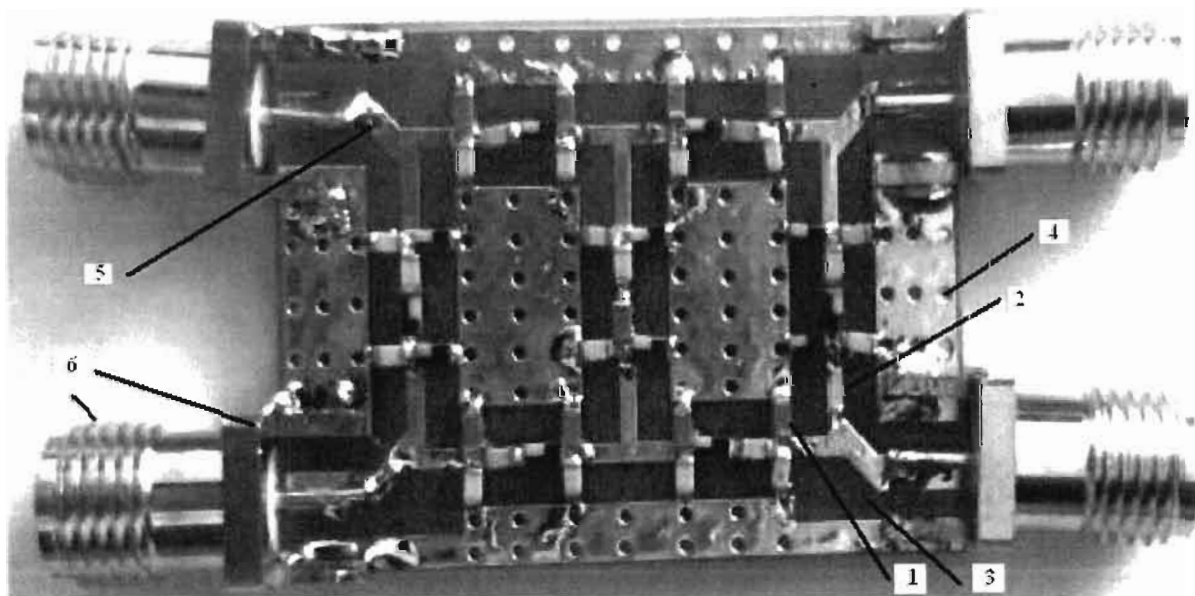


Fig. 2

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a cursive script.

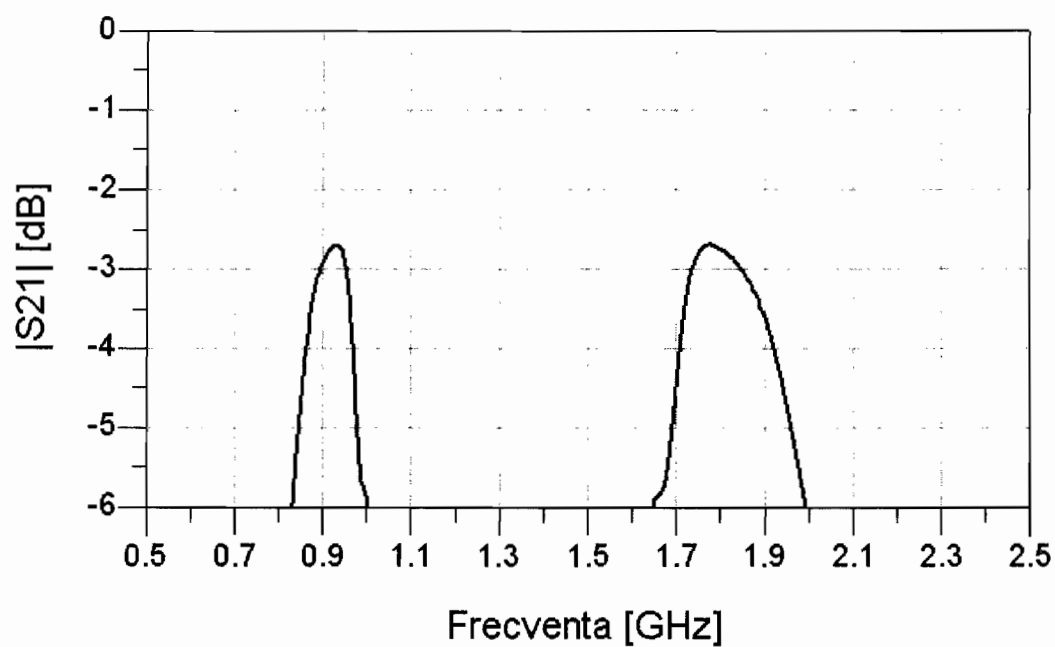


Fig. 3

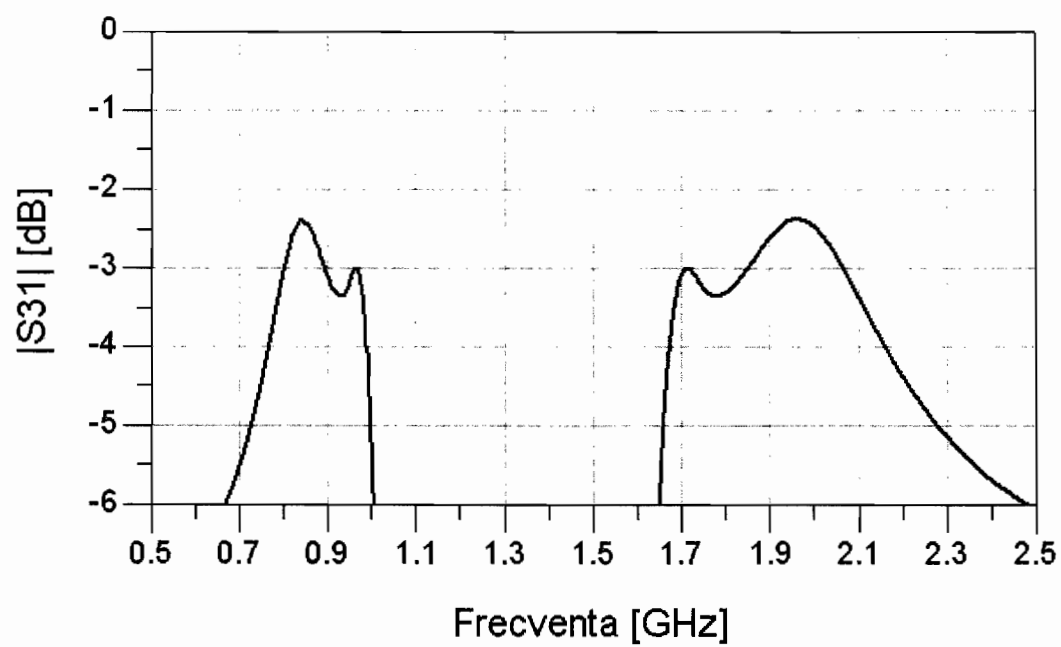


Fig. 4

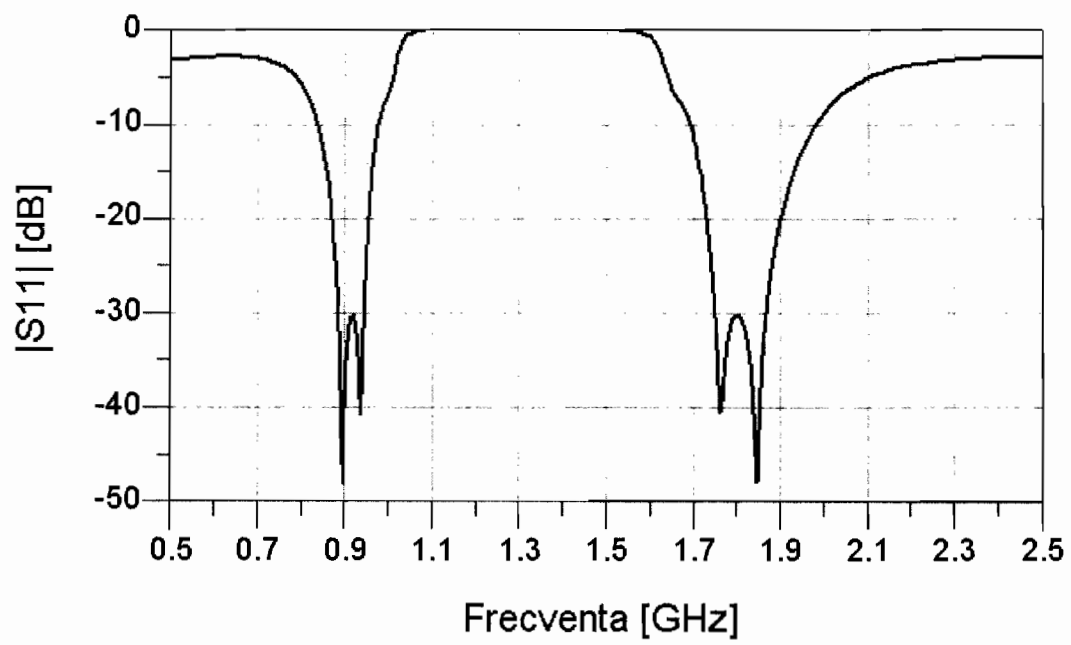


Fig. 5

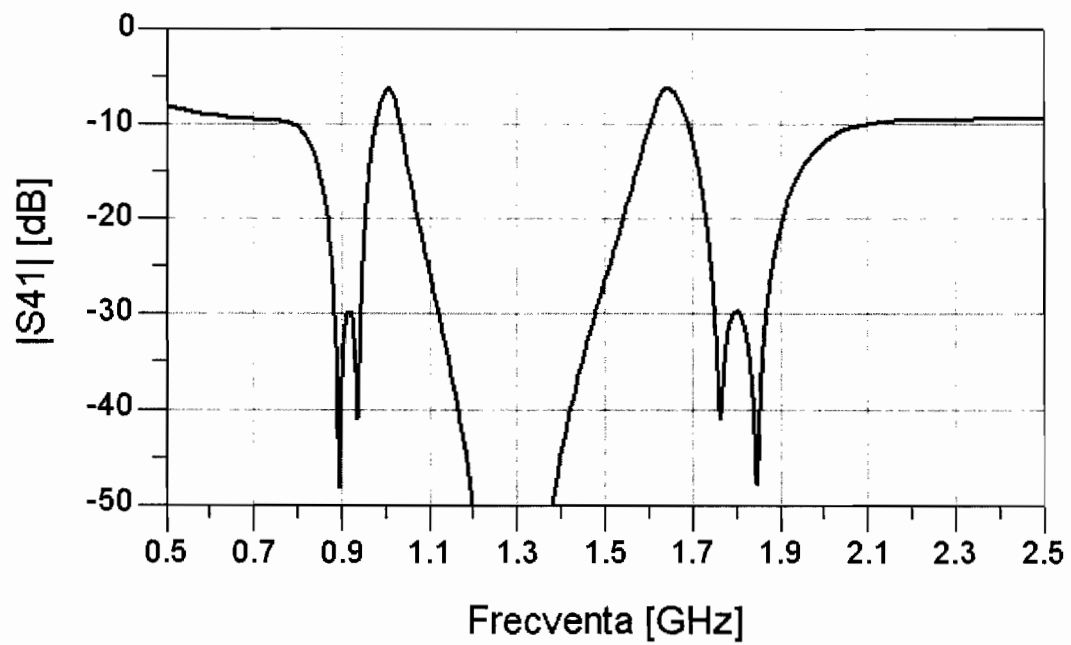


Fig. 6

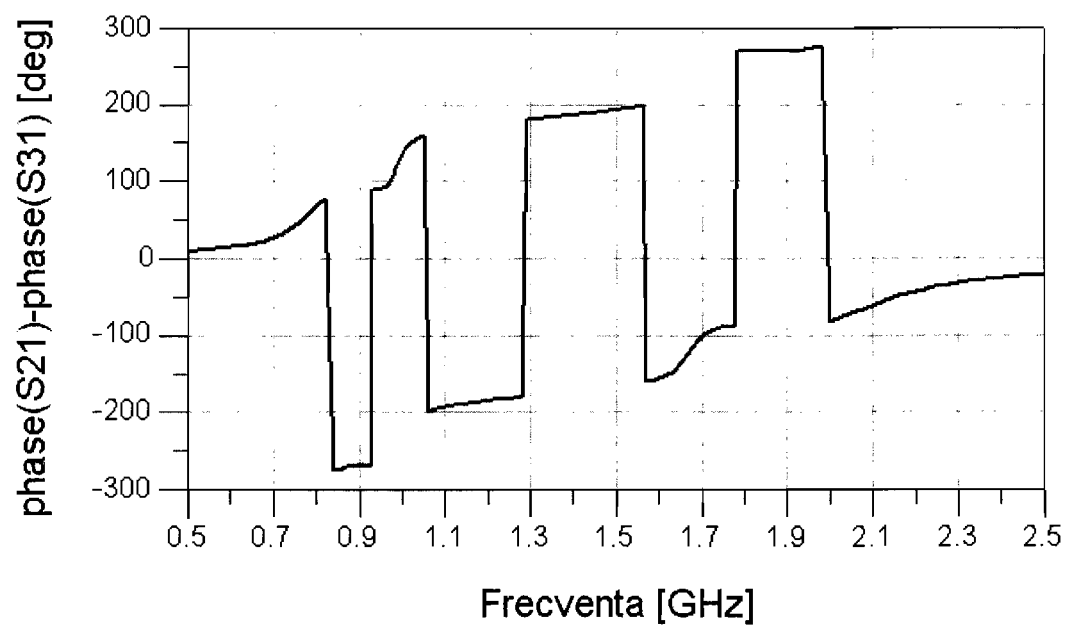


Fig. 7