

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00565

(22) Data de depozit: 07/09/2020

(41) Data publicării cererii:
30/03/2021 BOPI nr. 3/2021

(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

(54) CUPLOR DIRECTIV DIFERENȚIAL DE BANDĂ DUBLĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un cuplor directiv diferențial, cu bandă dublă de funcționare pentru standardul Long Term Evolution, LTE, cu aplicații în domeniul telecomunicațiilor. Cuplorul, conform invenției, este alcătuit din linii de transmisiune artificiale, implementate cu o singură celulă simetrizată, având un comportament de inversor de impedanță și proprietăți duale, celulele fiind realizate din componente cu constante concentrate de tip SMD în capsula 0603 (1) interconectate prin linii microstrip (2), substratul folosit fiind un material compozit FR4 (3), 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, iar alimentarea cuplurului realizându-se cu ajutorul unor linii de acces (5) a căror lungime este egală cu lungimea pinului conectorului coaxial (6) de tip SMA.

Revendicări: 2
Figuri: 7

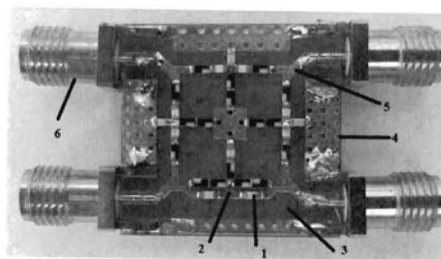
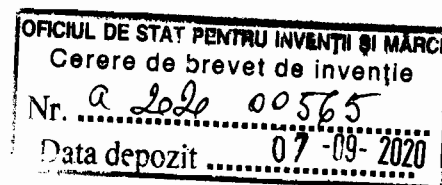


Fig. 2



DESCRIEREA INVENȚIEI



Cuplor directiv diferențial, de bandă dublă

Invenția se referă la un dispozitiv de tip cuplor directiv diferențial, de bandă dublă, care operează simultan pe două frecvențe arbitrar alese, fără a fi armonici [1]. Cele două frecvențe sunt din standardul LTE pentru Europa, Africa și America de Nord, mai exact 830MHz și 1780 MHz.

Folosirea unui cuplor realizat cu linii de transmisiune de tip Composite Right Left Handed (CRLH)[2] și Dual Composite Right Left Handed (D-CRLH) [3] permite alegerea oricăror două frecvențe de funcționare. Implementarea fiecărei linii cu o singură celulă inversor de impedanță și proprietăți duale, în loc de două sau mai multe celule identice [4] favorizează miniaturizarea dispozitivului și transformarea lui într-o componentă de bandă dublă, păstrând performanțele unui cuplor directiv diferențial.

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 dualității liniilor de transmisiune CRLH și D-CRLH 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 izolație măsurat în funcție de frecvență

Fig. 6 – dependența modulului atenuării de reflexie la intrare 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 diferențial, cu bandă dublă de funcționare, se folosesc trei linii de transmisiune Composite Right Left Handed (CRLH) identice, fiecare fiind formată dintr-o singură celulă inversoare de impedanță și o linie de transmisiune Dual Composite Right Left Handed (D-CRLH) formată tot dintr-o singură celulă inversoare de impedanță, cu proprietăți duale celorlalte trei. Celulele au fost implementate folosind componente cu constantele 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 ale cuplorului sunt de $25 \times 23 \times 1,3$ mm³.

Valorile componentelor cu constante concentrate au fost alese astfel încât să se realizeze înjumătățirea puterii de la intrare către cele două porți de ieșire ale cuplorului, în ambele benzi de frecvențe.

Un element de noutate este alegerea liniilor de transmisiune artificiale, CRLH și D-CRLH cu o singură celulă și simetrizare în T, care asigură un defazaj de $90^\circ/-90^\circ$, respectiv $-90^\circ/90^\circ$, corespunzătoare perechii de frecvențe 830MHz/1780MHz și introducerea lor în fiecare ramură a cuplorului, în loc de folosirea doar a liniilor 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, dar și pentru a limita cuplajele nedorite. 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 50Ω 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 linii microstrip de interconectare și constante concentrate 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 830 MHz și 1780 MHz.

Unul dintre obiectivele cele mai importante ale cuplorului directiv diferențial, de bandă dublă 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 $\pm 0.5\text{dB}$, 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 izolație are o valoare de 39dB pentru frecvența inferioară, respectiv 43dB pentru cea superioară, ceea ce asigură o izolație optimă în ambele benzi.

Conform figurii 6 modulul atenuării de reflexie la intrare, este de aproximativ 40,5dB pentru frecvența inferioară, respectiv 27dB pentru frecvența superioară, realizându-se o adaptare bună la intrare.

În figura 7 se observă că diferența de fază între semnalele de la ieșire este de 180° pentru frecvența inferioară și -180° pentru frecvența superioară, ceea ce demonstrează funcționalitatea cuplorului diferențial în bandă dublă. De asemenea, lărgimea de bandă obținută prin impunerea unei abateri de $\pm 1^\circ$ este 92MHz pentru frecvența inferioară, respectiv 86MHz pentru cea superioară, păstrându-se caracteristica de cuplor de bandă îngustă.

În general, parametri electrici mășurați 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 din zone geografice diferite.

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. 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.
3. C. Caloz, "*Dual Composite Right/Left-Handed (D-CRLH) Transmission Line Metamaterial*," in IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 16, no. 11, pp. 585-587, Nov. 2006
4. Pei-Ling Chi, Cheng-Jung Lee and Tatsuo Itoh, "*A compact dual-band metamaterial-based rat-race coupler for a MIMO system application*," 2008 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, Atlanta, GA, USA, 2008, pp. 667-670

REVENDICĂRI

1. Cuplor directiv diferențial, de bandă duală, pentru benzile de frecvență LTE **caracterizat prin aceea că** funcționează în cele două benzi de frecvență LTE de 830 MHz și 1780 MHz, fiind alcătuit din trei linii de transmisiune artificiale, fiecare având o celulă inversoare de impedanță simetrică și o linie de transmisiune artificială având o celulă inversoare de impedanță simetrică, cu proprietăți duale, 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.

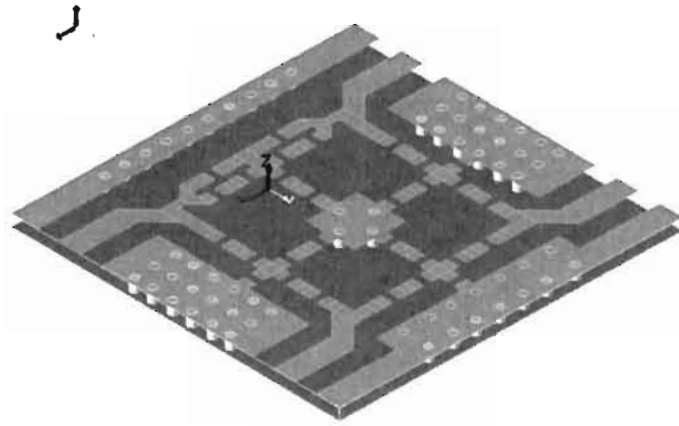


Fig. 1

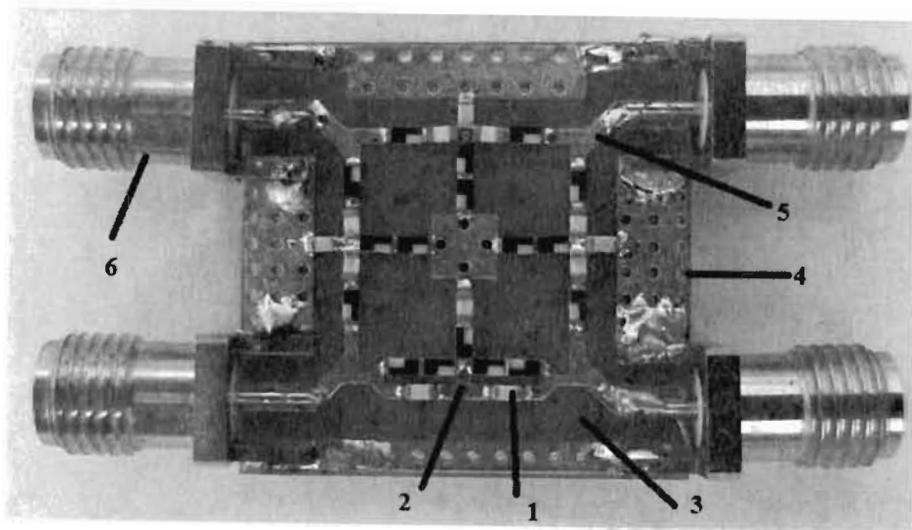


Fig. 2

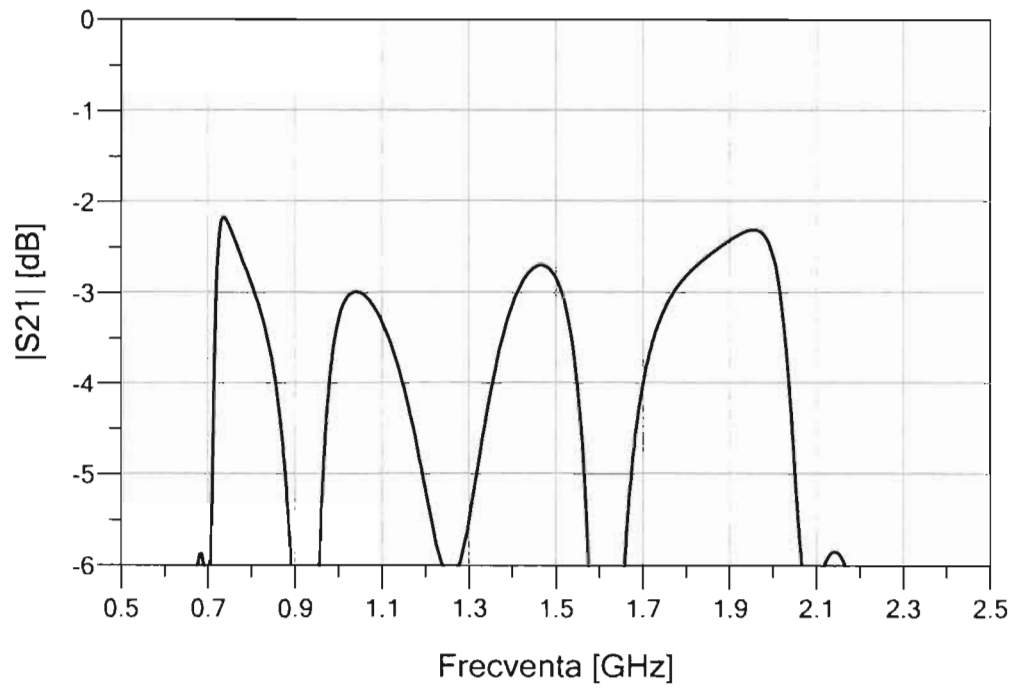


Fig. 3

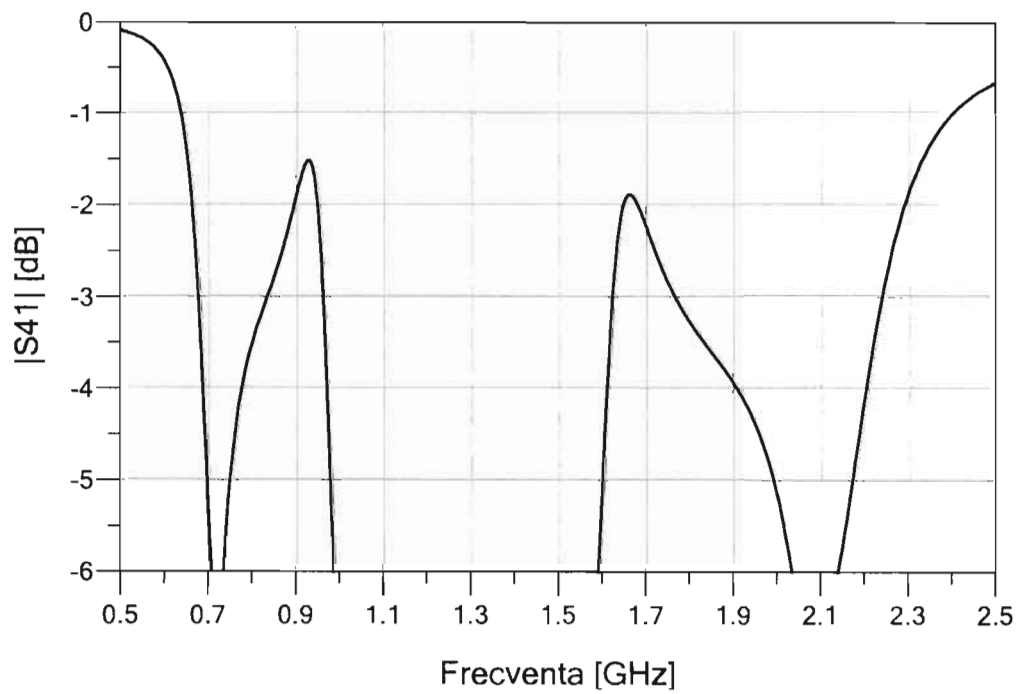


Fig. 4

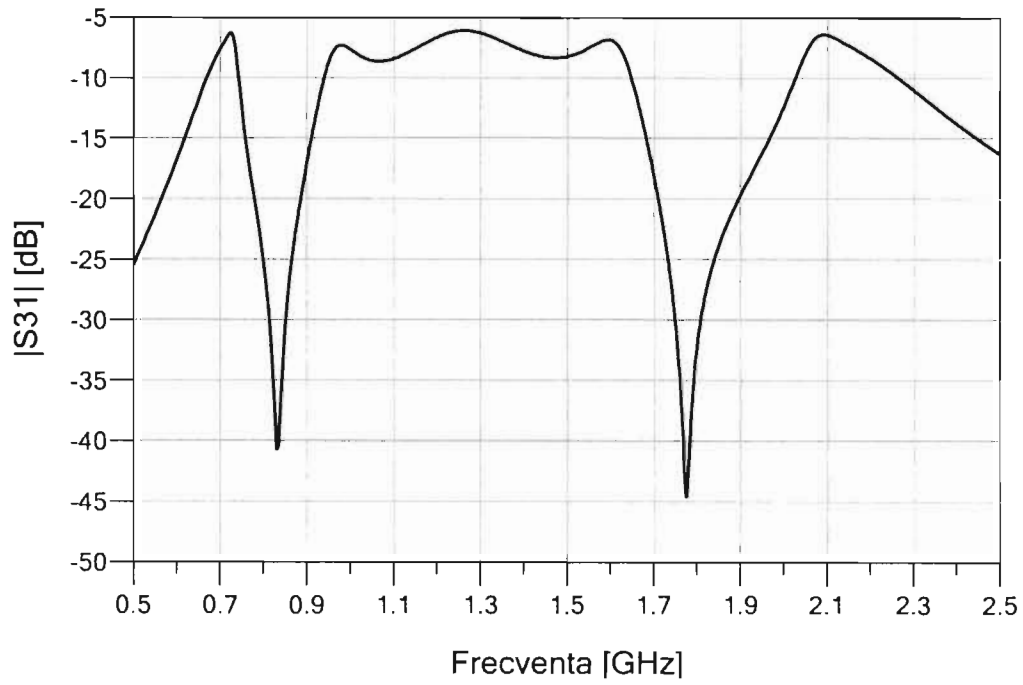


Fig. 5

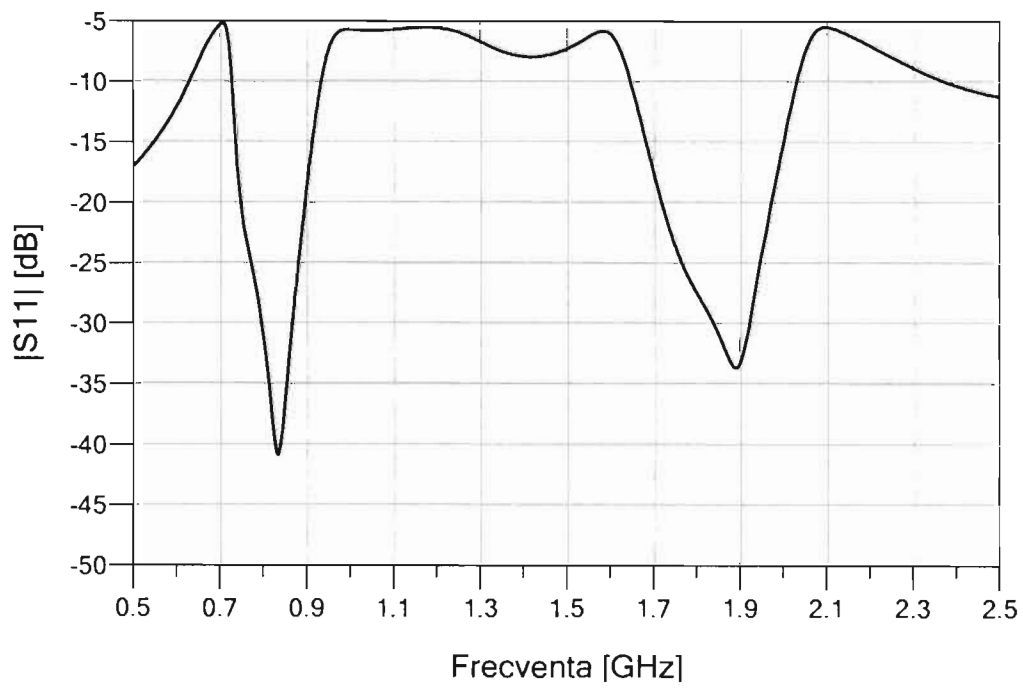


Fig. 6

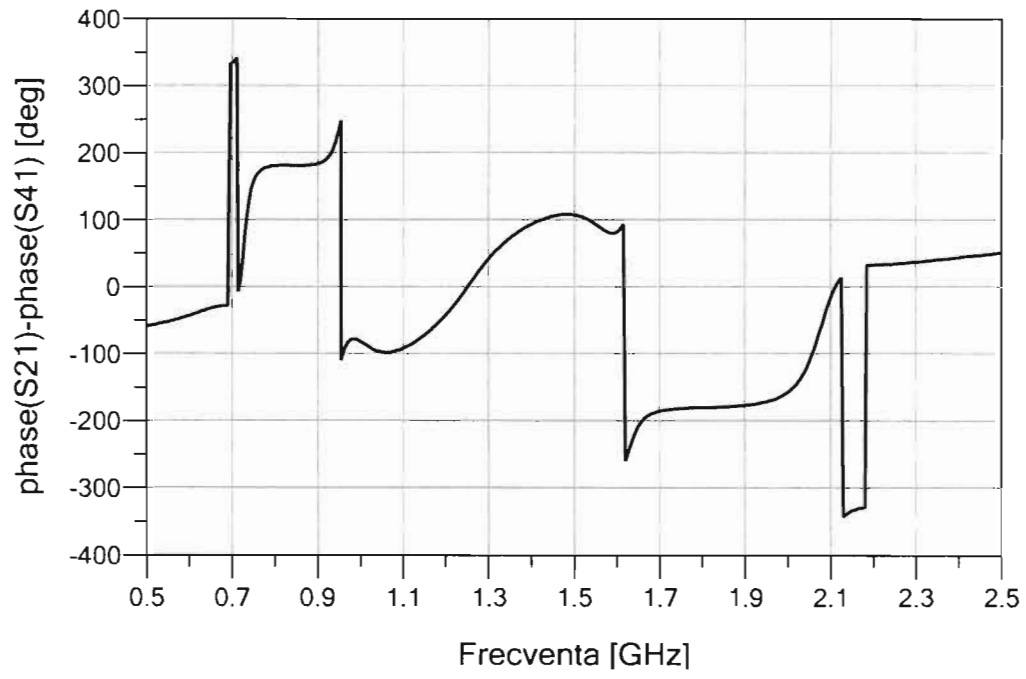


Fig. 7