

Aplicația 3D Smith Chart

Alin Moldoveanu

Universitatea POLITEHNICA
din București
Facultatea de Automatică și
Calculatoare
alin.moldoveanu@cs.pub.ro

Andrei A. Muller

Instituto de
Telecomunicaciones y
Aplicaciones Multimedia,
GAM, UPV Valencia
andrei@iteam.upv.es

Victor Asavei

Universitatea POLITEHNICA
din București
Facultatea de Automatică și
Calculatoare
victor.asavei@cs.pub.ro

REZUMAT

Pe parcursul acestui articol vor fi prezentate o parte din modalitățile grafice de reprezentare, editare și analiză a informației pe care utilizatorul le are disponibile în cadrul aplicației software „3D Smith Chart”.

Aceasta este, după cunoștința autorilor, prima aplicație software din lume care este capabilă să reprezinte parametrii electronici ai circuitelor de microunde pe sfera Riemann.

Cuvinte cheie

3D Smith Chart, sfera Riemann, microunde.

Clasificare ACM

H5.2. User Interfaces

INTRODUCERE

Aplicația, a carei bază de conversie a parametrilor electronici în parametri grafici poate fi găsită în [1-5], generalizează diagrama Smith [6]. Această diagramă este un instrument prezent în teoria și în majoritatea programelor de proiectare din domeniul frecvențelor de microunde [7].

Diagrama Smith clasică (2D)

Diagrama Smith a fost propusă în anul 1939 fiind inițial o

tehnică grafică ce permitea proiectarea liniilor de transmisie și a circuitelor de microunde. Măsurătorile punct cu punct permiteau reprezentarea unei curbe și calculul impedenței în planul diagramei Smith (un cerc intersectat cu arce de cerc de rezistență și reactanță constantă). Odată cu trecerea anilor aceasta a devenit o icoană [7] a ingineriei de microunde fiind predată în cursurile de microunde ca un mijloc unic de proiectare vizuală. Majoritatea pachetelor de programe din domeniu includ funcții dedicate lucrului cu acest tip de diagrame.

Există însă limitări semnificative ale acestui model, pentru diverse categorii de aplicații, un exemplu fiind domeniul vast al microundelor. În momentul de față măsurătorile din domeniul microundelor (frecvențe cuprinse între 1GHz și 30 GHz) se efectuează folosind tehnica computerizată, iar curbele care trasează variația impedenței în funcție de frecvență, sunt reprezentate automat pe ecranele aparatelor care sunt gradate conform diagramei Smith 2D. Reprezentările bidimensionale ale unor astfel de curbe nu permit însă vizualizarea și interpretarea tuturor situațiilor de interes.

Recent au existat diferite încercări de a aduce în spațiul 3D această diagramă, cum ar fi [8,9]. Modelul și aplicația prezentate în aceasta lucrare sunt însă prima realizare concretă, materializată prin model matematic complet, extins prin model grafic și de interfațare cu calculatorul

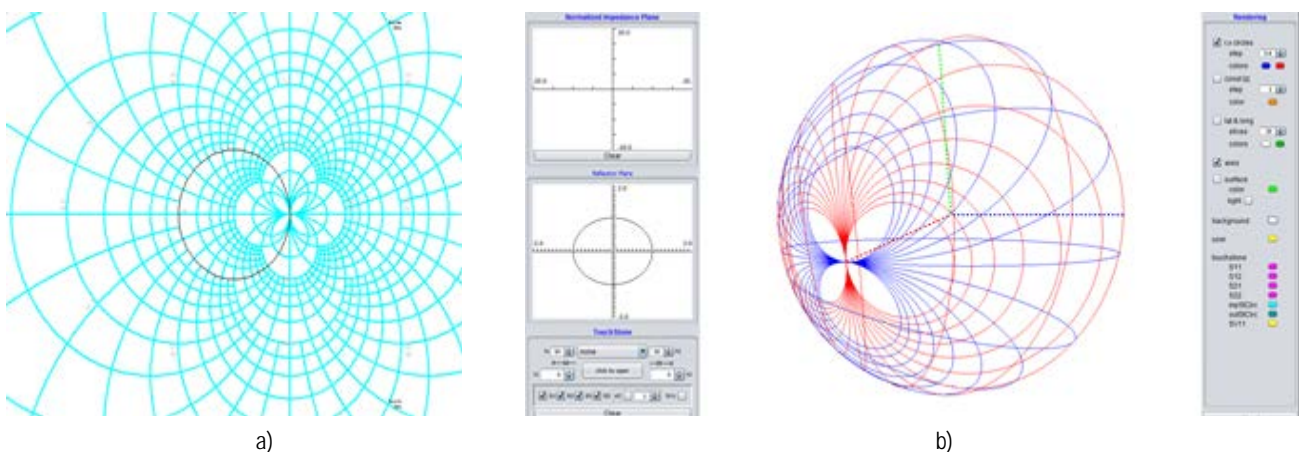


Figura 1.

a) Diagrama Smith generalizată 2D (diagrama Smith clasică este reprezentată în interiorul cercului de rază unitate)

b) Aplicația 3D – cercul de rază unitate este proiectat în emisfera nordică în timp ce exteriorul acestuia este proiectat în emisfera sudică

TRECEREA ÎN 3D

Diagrama Smith 2D este rezultatul aplicării transformării de tip Mobius (1) liniilor de rezistență și reactanță constantă din planul impedențelor [1-5] unde z reprezintă o impedență normată)

$$t(z) = \frac{z - 1}{z + 1} \quad (1)$$

În Figura 1a) se poate vedea rezultatul acestei transformări în planul bidimensional – (1) transformând acele linii în cercuri sau arce de cerc care tind sau nu spre infinit. Utilizând (1) strict în planul complex, se va transforma semiplanul drept (circuitele cu impedență cu parte reală pozitivă - circuitele pasive) în interiorul cercului de rază unitate în timp ce circuitele cu rezistență negativă (sempiplanul stâng al planului complex) în exteriorul cercului de rază unitate.

Considerând și punctul $z=-1$ ca un punct unde (1) este definită (planul complex extins) [1], transformarea (1) va transforma semiplanul drept în emisfera nordică în timp ce semiplanul stâng se va transforma în emisfera sudică pe sfera lui Riemann (considerand polul sud imaginea infinitului) - Figura 1b)

În Figura 1a) se poate vedea diagrama Smith 2D generalizată în timp ce în Figura 2b) este prezentată diagrama Smith 3D (care este capabilă să păstreze forma cercurilor nealterată).

Stadiul actual al aplicației

În forma sa actuală, aplicația „3D Smith Chart” permite interfațarea cu diferiți parametri de microunde obținuți fie prin proiectarea fie prin măsurarea unor circuite de microunde și manipularea acestora în 3D. Această interfațare se face prin butoane și formulare din aplicație care permit modificarea parametrilor și prin manipularea directă a sferei Riemann în spațiul 3D pentru vizualizare.

Aplicația are în varianta actuală o interfață grafică superioară celei descrise în [5], fiind capabilă să interpreteze mai multe fișiere electronice printr-o interfață nouă și originală, cu opțiuni avansate de analiză a conținutului lor.

CIRCUITE DE MICROUNDĂ PE DIAGRAMA SMITH 3D I

Aplicația gradează sfera lui Riemann cu transformarea conformă reprezentată de coeficientul de reflexie (parametrul S_{11}) al circuitelor electronice.

Aplicația citește parametrii S (de reflexie) ai circuitelor electronice (în formatul standard Touchstone) pe care apoi îi prelucrează și reprezintă pe suprafața sferică.

Parametrii de reflexie ai circuitelor cu rezistență pozitivă, care puteau fi reprezentați pe diagrama Smith clasică (în interiorul cercului de rază unitate) sunt vizualizați acum în emisfera nordică în timp ce parametrii de reflexie ai circuitelor cu rezistență negativă (amplificatoare, tranzistoare, etc.), care nu puteau fi vizualizați în 2D deoarece valorile acestora se puteau apropia de infinitate, sunt vizualizați în emisfera sudică.

Aplicația preia în mod automat fișierele Touchstone clasice ale programelor de proiectare sau de măsurare ale circuitelor electronice și reprezintă următorii parametrii de reflexie: S_{11} S_{21} S_{12} S_{22} , cercurile de stabilitate (prezente în teoria amplificatoarelor): S_{rC} și S_{V1} coeficientul de reflexie în tensiune.

Interfața aplicației permite manipularea interactivă a parametrilor în funcție de frecvența de lucru și valorile numerice introduse de utilizator pentru a realiza adaptarea circuitului ce va fi reprezentat ($R1$ $X1$ - partea reală și imaginară a impedenței de intrare, $R2$ $X2$ - partea reală și imaginară a impedenței de ieșire).

Astfel, într-o interfață grafică elegantă și inovativă, utilizatorul poate:

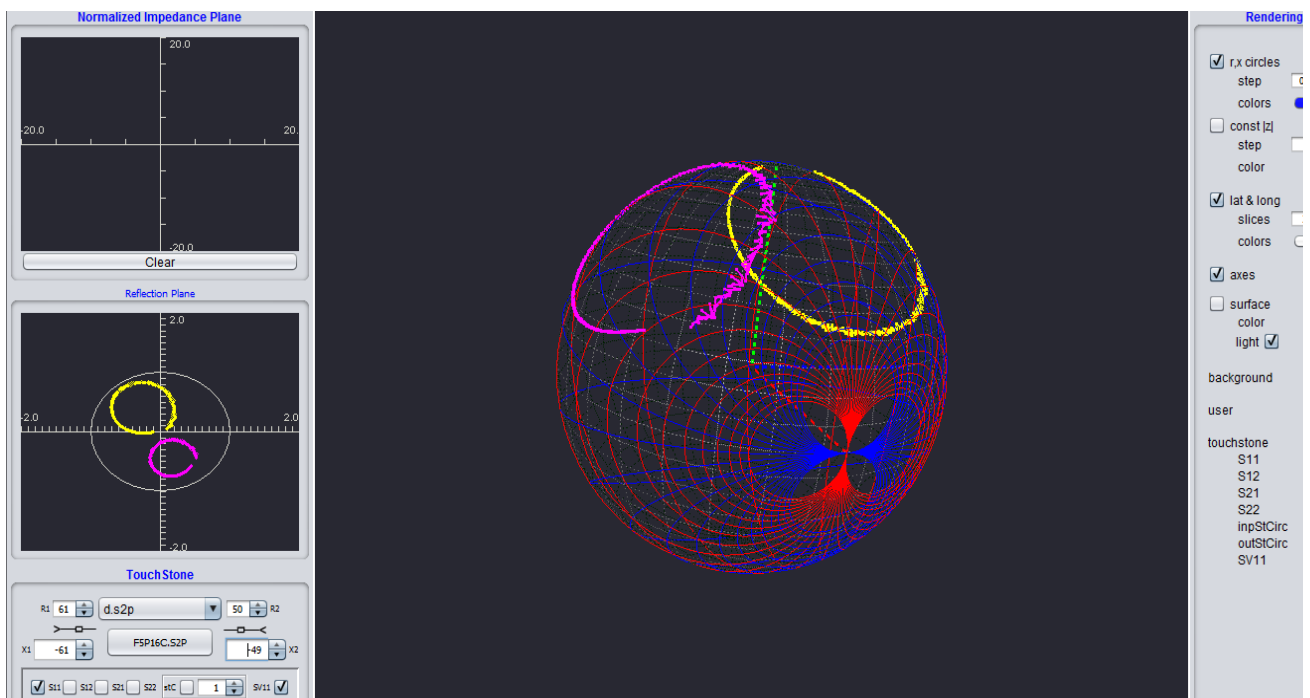


Figura 2. Coeficienții de reflexie ai unui comutator de microunde Radant [www.radantmems.com]

- vizualiza parametrii de interes
- schimba mărimile de gradare ale sferei Riemann în funcție de interesul acestuia
- vizualiza cercurile r , x clasice diagramei Smith 2D
- vizualiza cercurile de $|z|= \text{constant}$
- vizualiza latitudinile și longitudinile, care îi dau acestuia informații asupra modului coeficientului de reflexie, respectiv a factorul de calitate[1].

CIRCUITE DE MICROUNDE PE DIAGRAMA SMITH 3D II

În figura 2 se prezintă o capabilitate nouă a aplicației

(extinsă față de [5]): reprezentarea parametrilor S (coeficienții de reflexie pentru voltaj și putere) ai unor circuite electronice adaptate cu impedanțe complexe cu partea imaginară negativă.

În figura 3 se reprezintă coeficienții de reflexie pentru un inductor de 1 nH adaptat cu doua impedanțe complexe (se observă cum unul dintre coeficienți iese din cercul de rază unitate pe când celălalt nu va părăsi acest cerc).

Acest lucru este important deoarece reprezentarea grafică simultană a acestor coeficienți de reflexie nu a putut fi

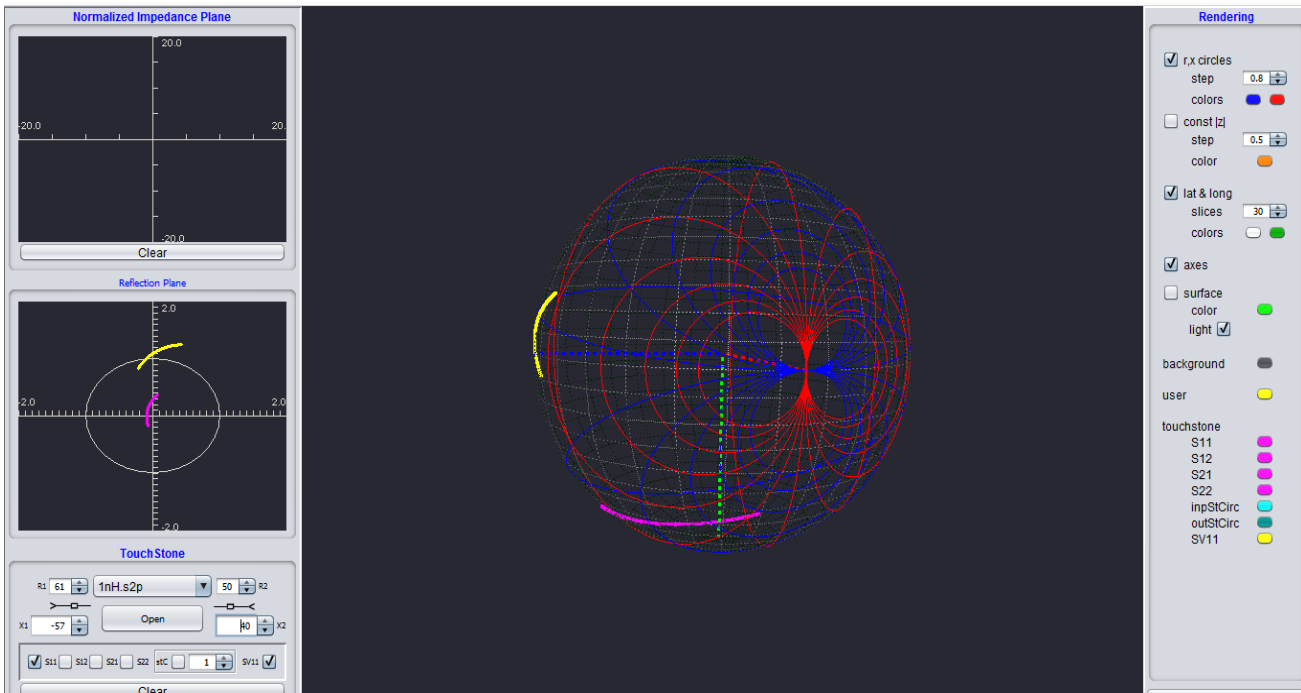


Figura 3. Coeficienții de reflexie pentru voltaj și putere pentru un inductor adaptat cu sarcini complexe cu părți imaginare pozitive și negative

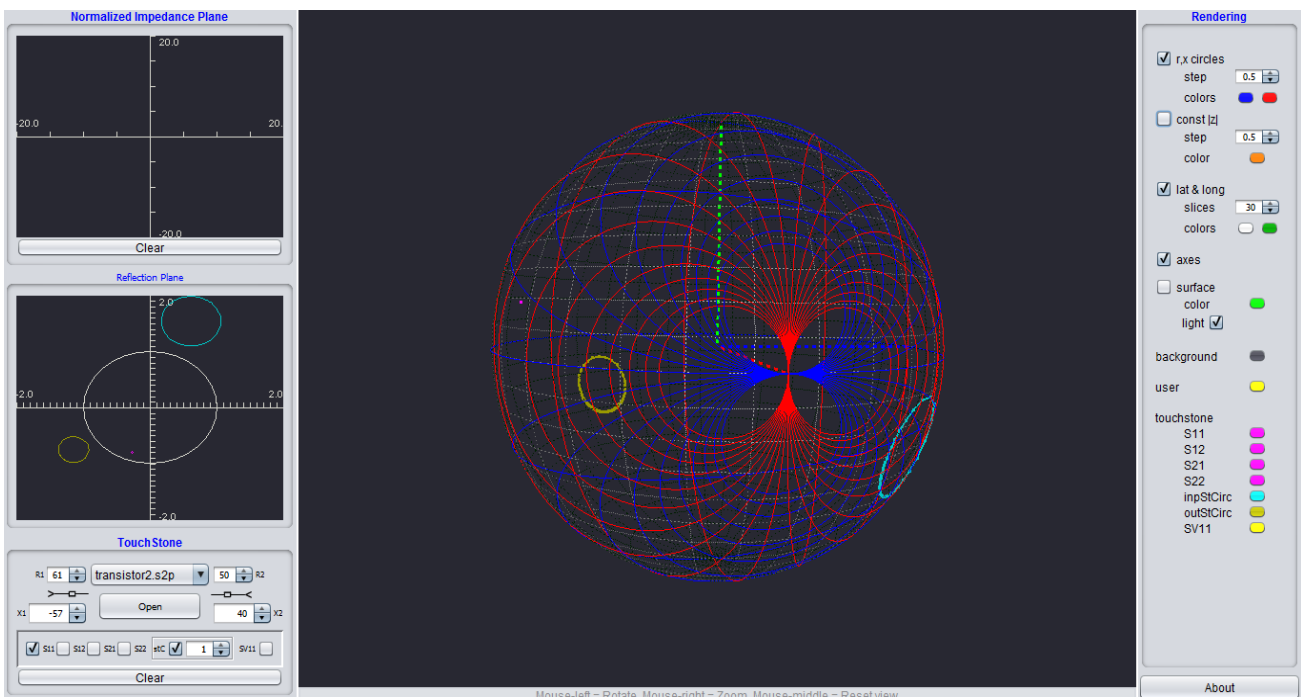


Figura 4. Parametrii unui tranzistor Motorola 2N 667A la o anumita frecvență de lucru

realizată până în prezent pe diagrama clasică Smith 2D.

În figura 4 se pot observa cercurile de stabilitate ale unui tranzistor, ce pot fi reprezentate automat pentru orice circuit. Prin reprezentarea acestora pe o suprafață compactă (sferică) se evită dificultățile ce apar în aplicațiile software actuale ce utilizează diagrama clasică Smith 2D (probleme de scalare care complică proiectarea vizuală și măsurarea parametrilor circuitelor [10]).

În figura 5 se pot vedea mai mulți parametri de interes ai unui circuit de microunde (linii de transmisie de înaltă frecvență cu pierderi adaptate cu sarcini complexe) reprezentați simultan.

CONCLUZII

Aplicația software „3D Smith Chart” preia în mod

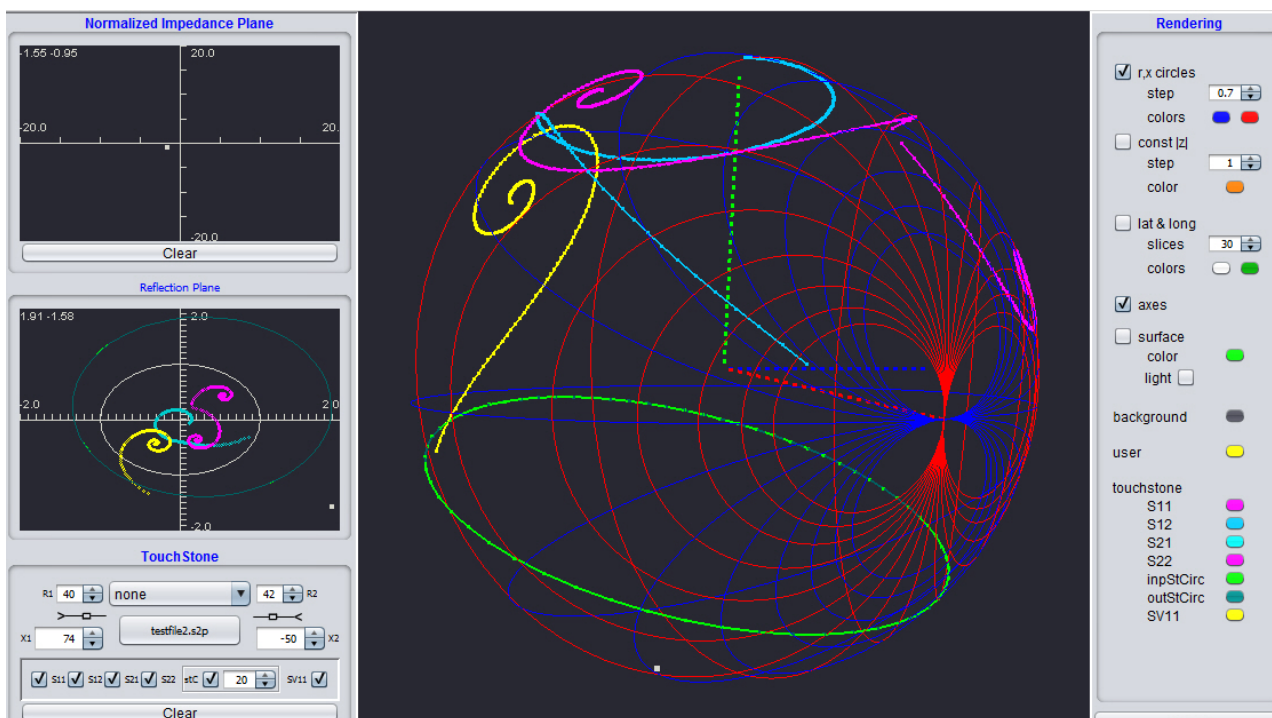


Figura 5. Parametrii de reflexie și cercurile de stabilitate ale unei linii de transmisie de înaltă frecvență cu pierderi adaptată cu sarcini complexe

automat diferiți parametri electronici ai circuitelor de microunde reprezentând apoi parametrii S ai acestora în funcție de frecvența și impedanțele de sarcină.

Modul de reprezentare al acestor parametri pe sfera lui Riemann (gradați cu o transformare conformă reprezentată de coeficientul de reflexie) constituie un instrument inovativ capabil să vizualizeze parametrii de lucru ai circuitelor de microunde într-un mod compact.

Aplicația constituie totodată un punct de start în reprezentarea pe sfera Riemann, aceasta putând fi extinsă în viitor pentru a reprezenta orice funcție matematică (extinzându-se astfel aria de lucru), sfera Riemann fiind privită ca un mijloc de vizualizare al funcțiilor complexe ce a căpătat o dată cu dezvoltarea graficii 3D computerizate o atenție nouă și în matematica pură [11].

REFERINȚE

1. Andrei A Muller, P. Soto, D. Dascalu, D. Neculoiu, V.E.Boria, „A 3D Smith Chart based on the Riemann

Sphere for Active and Passive Microwave Circuits”, IEEE Microwave and Wireless Components Letters, iunie 2011, vol 6, pp 286-288

2. Andrei Muller, Teza de doctorat, *O teorie de proiectare in microunde bazata pe geometria lui Klein*, 10 octombrie 2011
3. Andrei Muller, P. Soto, D. Dascalu, V.E.Boria, “*The 3D Smith Chart and its Practical Applications*”, Microwave Journal, vol 55 no 7 pp 64-74, iulie 2012
4. Andrei Muller, A. Moldoveanu, V Asavei, D. Dascalu, „*A 3D Smith Chart for active and passive Microwave circuits and visual complex analysis*”, U.P.B. Scientific Bulletin, Series C, Vol. 74, Issue 2, 2012
5. Andrei Muller, P.Soto, A. Moldoveanu, V. Asavei, V.E Boria, “*A Visual Comparison between the Voltage and Power Wave Reflection Coefficient of*

Microwave Circuits”, IEEE Asia Pacific Microwave Conference, Decembrie 2012, Kaoshiung, Taiwan

6. P. H. Smith, “*Transmission-line calculator*” Electronics, vol. 12, pp.29-31, Jan. 1939
7. M. S. Gupta, “*Escher’s art, Smith Chart and hyperbolic geometry*”, IEEE Microwave, vol. 7, 2006
8. C. Zelle, “*A spherical representation of the Smith Chart*”, IEEE Microwave, vol. 8, pp. 60-66, Jun. 2007
9. Y. Wu, Y. Zhang, Y. Liu, and H. Huang, “*Theory of the spherical generalized Smith Chart*”, Microwave Opt. Technol. Lett., vol 51, pp. 95-97, Jan. 2009
10. Joseph F White, „*High Frequency Techniques: An Introduction to RF and Microwave Engineering*”, ISBN 0-471-45591-1 6 2004 John Wiley & Sons, Inc.
11. Arnold Douglas, J. Rogness, „*Möbius transformations revealed*”, Notices of AMS, vol 55, nr 10, 2009