



A XIX-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”,
CLUJ NAPOCA, 2019

ANALIZA COMPLEXITĂȚII UTILIZÂND ELEMENTE NELINIARE DE TIP DIODĂ CHUA

George MAHALU

COMPLEXITY ANALYSIS USING CHUA DIODE NONLINEAR ELEMENTS

This paper work treats the inter-systemic simulation between the Chua circuit and other systems with similar behavior. Like a suggestive example is presented by the Lorenz's system and it is made the interpretation of similitude between the two physic systems.

Keywords: system, chaos, signal, nonlinear element

Cuvinte cheie: sistem, haos, semnal, element nelinier

1. Introducere

Teoria complexității presupune existența sistemelor cu tendințe comportamentale către haos. Astfel de sisteme dețin cel puțin un subsistem nelinier, ceea ce face ca descrierea lor în formalismul intrare-stare-ieșire să aibă o reprezentare de ordin doi sau mai înaltă.

Sistemele cu comportament haotic au început să fie înțelese și studiate spre sfârșitul secolului XX, în urma unor descoperiri remarcabile făcute de o serie de cercetători, printre care merită menționați: Edward Lorenz, Robert May, Mitchell Feigenbaum, Benoit Mandelbrot și Leon Chua.

Ultimul dintre aceștia a imaginat, în 1983, un circuit electronic care, deși lucrează ca un oscilator, nu prezintă în ieșire o regularitate caracteristică oscilatoarelor clasice. În felul acesta a fost creat un

sistem fizic determinist cu comportare haotică. Din acest motiv haosul implicat a căpătat denumirea de *haos determinist*.

2. Circuitul Chua

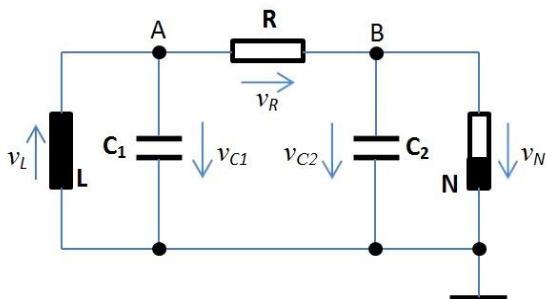


Fig. 1 Circuitul Chua

Circuitul Chua are schema din figura 1. Elementul nelinier a fost notat cu N și este cunoscut în literatura de specialitate sub numele de *diodă Chua*. Se poate arăta că sistemul ecuațiilor de stare ale acestuia se scrie [1]:

$$\begin{cases} L \frac{di_L}{dt} = -v_{C1} \\ C_1 \frac{dv_{C1}}{dt} = i_L - \frac{v_{C2} - v_{C1}}{R} \\ C_2 \frac{dv_{C2}}{dt} = \frac{v_{C2} - v_{C1}}{R} - g(v_{C2}) \end{cases} \quad (1)$$

Este vorba de un sistem de ordin trei, ceea ce justifică o eventuală comportare orientată spre haos.

3. Simularea circuitului Chua

Mediul de simulare Multisim se dovedește propice în cazul sistemelor electrice și electronice, dar cu puțină imaginație și inventivitate această platformă de simulare poate fi utilizată și în domeniile neelectrice.

Schema de simulare este prezentată în figura 2. În figurile 3 și 4 sunt prezentate ecranele celor două osciloscopae.

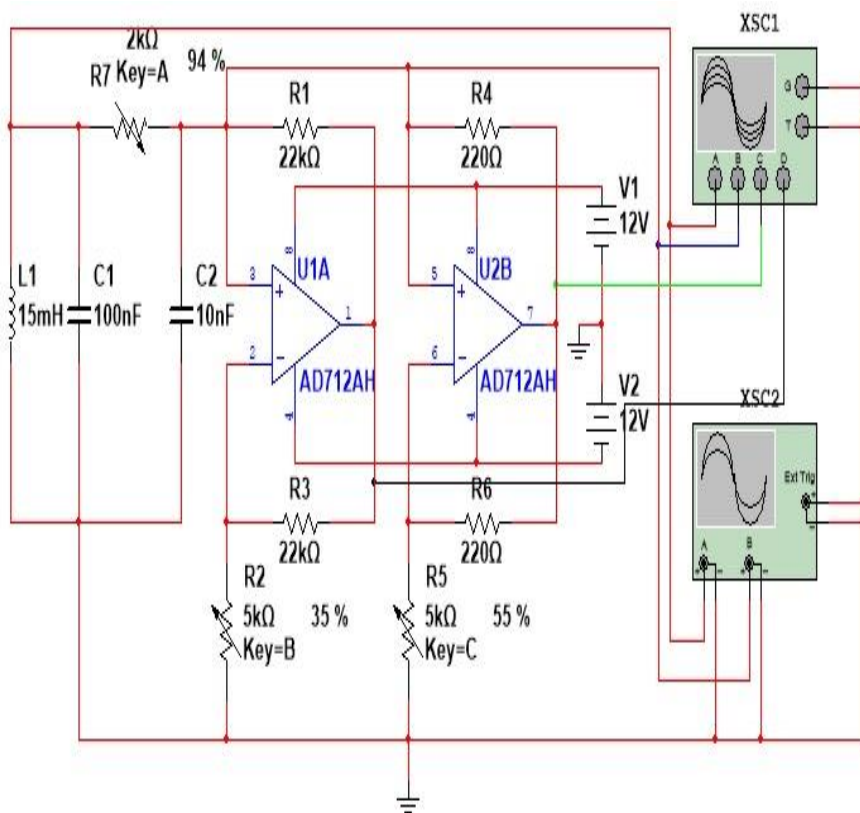


Fig. 2 Schema de principiu a circuitul Chua

Dioda Chua este realizată prin intermediul celor două amplificatoare operaționale.

Se observă că semnalul cules pe bobina L1 este sinusoidal, de amplitudine ce variază impredictiv. La fel se întâmplă și cu semnalul de pe condensatorul C2, componenta continuă pentru acesta suferind un salt haotic între două valori extreme. În consecință portretul de stare $V_{L1}(V_{C2})$ capătă forma din figura 4.



Fig. 3 Ecranul osciloscopului XSC1



Fig. 4 Ecranul osciloscopului XSC2

Se pot decela cei doi atractori, situați pe abscisă, de o parte și alta a axei ordonatei. Traiectoriile de stare înconjoară atractorii, comutând din vecinătatea unuia în cea a celuilalt. Această instabilitate surprinde în ea întregul caracter haotic al sistemului.

În momentul realizării efective a circuitului, Chua a obținut imaginea din figura 4 pe ecranul unui osciloscop cu două canale, de tipul lui XSC2.

4. Interpretarea rezultatelor simulării

Modelul fizic reprezentat prin intermediul sistemului (1) poate fi unul de cu totul altă natură decât cel electric, specific circuitului Chua. Un model similar a fost studiat de Edward Lorenz, în studiul său asupra fenomenelor de convecție dezvoltate în atmosferă, în 1963. El a dedus pentru modelul său un sistem matematic de forma (2):

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \sigma(y - x) \\ \frac{dy}{dt} = x(\rho - z) - y \\ \frac{dz}{dt} = xy - \beta z \end{cases} \quad (2)$$

leșirile corespunzătoare ce au fost obținute, sunt prezentate în figura 5.

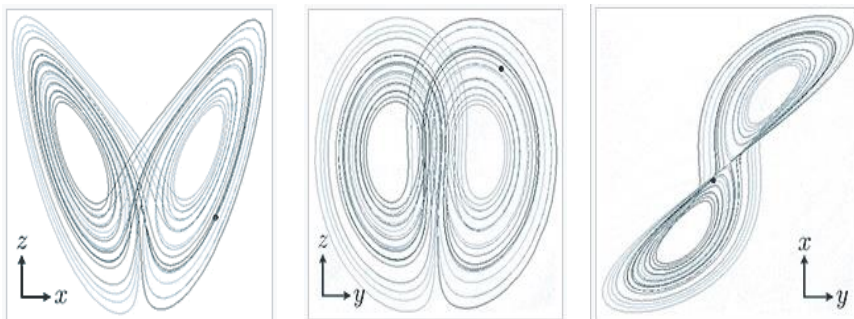


Fig. 5 Diagramele de stare Lorenz

Se poate trage concluzia, în mod logic, că cele două clase de sisteme, haotice ambele, au descrieri matematice similare, ceea ce face ca în unele cazuri speciale ele să poată fi simulate unul prin celălalt. Tocmai în acest lucru constă importanța studiului circuitului Chua.

5. Concluzii

Circuitul Chua se caracterizează prin comportament haotic, datorită neliniarității elementului de circuit N , numit diodă Chua. Acest element de circuit a fost imaginat de către Leon Chua în timp ce încerca să găsească cel de-al patrulea element electric, denumit de el *memristor*. Studiile l-au condus către obținerea modelului matematic (1), care s-a dovedit a fi extrem de prolific în modelarea și simularea sistemică.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mahalu, G., Pentiuc, R., *Considerații asupra circuitului Chua – Partea I*, Știință și Inginerie, Ed. AGIR, pg. 365-370, vol.29, Sebeș 2016.
- [2] Mahalu, G., Pentiuc, R., *Considerații asupra circuitului Chua – Partea II*, Știință și Inginerie, Ed. AGIR, pg. 371-376, vol.29, Sebeș 2016.
- [3] Mahalu, G., Pentiuc, R., *Considerații asupra circuitului Chua – Partea III*, Știință și Inginerie, Ed. AGIR, pg. 377-382, vol.29, Sebeș 2016.
- [4] Chua, L. O., *Memristor - the missing circuit element*, IEEE Trans. Circuit Theory 18, 507–519, 1971.
- [5] Mahalu, G., Mahalu C., Dumistrăcel, I., *Considerații de proiectare a elementului neliniar al circuitului Chua*, Simpozionul Național de Informatică, Automatizări și Telecomunicații în Energetică, Sinaia 22-24 Octombrie, 2014.
- [6] Kennedy, M.P., *Three Steps to Chaos*, IEEE Transactions, vol. 40, No. 10, pp.657-674, October, 1993.

Conf.Dr.Ing. George MAHALU
Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava
membru AGIR
e-mail: mahalu@eed.usv.ro