

FENÔMENOS COMPLEXOS EM SISTEMAS DINÂMICOS NÃO-LINEARES

Mauro Murara Filho¹, Vinicius Fabricio Romancini Antunes², Holokx Abreu Albuquerque³

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção e Sistemas CCT – UDESC bolsista PROBIC/UDESC

² Acadêmico do Curso de Mestrado em Física CCT – UDESC.

³ Orientador, Departamento de Física CCT-UDESC – holokx.albuquerque@udesc.br

Palavras-chave: Caos experimental, Computação Analógica, Sistema de Chua HiperCaótico.

O objetivo do trabalho foi a construção de circuitos osciladores baseado em eletrônica analógica, com auxílio dos amplificadores operacionais na configuração integradora. Com isso, foi possível executar a computação analógica, ou seja, a resolução do sistema de equações diferenciais de primeira ordem acopladas, no tempo. Tais equações que se encontram na Ref. [1], estão listadas abaixo:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \alpha(y - ax^3 - (1 + c)x), \\ \dot{y} &= x - y + z, \\ \dot{z} &= -\beta y - \gamma z + w, \\ \dot{w} &= -sx + yz,\end{aligned}\tag{1}$$

O sistema possui quatro graus de liberdade, sendo que, cada grau corresponde a uma variável dinâmica do sistema de Chua hipercaótico, quatro parâmetros (“ α ”, “ β ”, “ γ ” e “ s ”) disponíveis para varredura do espaço de parâmetros, como segue na Ref. [2]. Foi fixado as constantes $a = 0.03$, $c = -1.2$, os parâmetros $\alpha = 30$, $\beta = 50$; sendo o foco a varredura do espaço de parâmetros ao longo dos parâmetros “ γ ” por “ s ”.

Usando topologias conhecidas de amplificadores operacionais [3], construímos um computador analógico e projetamos os primeiros testes experimentais com o auxílio do software NI MULTISIM. Foi necessário reescalar o circuito [4], fazendo uma mudança de variáveis ($x' = x/4$; $y' = y/3$, $z' = z/2$, $w' = w$) pois as tensões nas saídas dos circuitos integrados multiplicadores AD633JN [5], e dos circuitos integrados responsáveis pelos amplificadores operacionais TL074CN [6], excediam as tensões prescritas em seus respectivos datasheets. Além disso, foi utilizado para reescala os valores da resistência de base $R_b = 100k$ ohms e capacitância de base $C_b = 33nF$.

Segue na Fig. 2 o esquema elétrico do circuito de Chua hipercaótico com a reescala implementado no software NI MULTISIM.

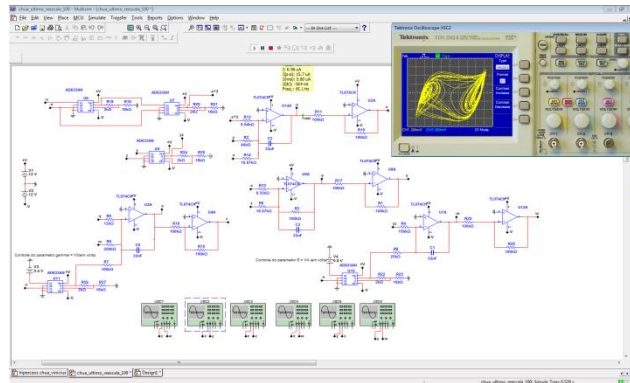


Fig.2 Esquema elétrico do circuito de Chua hipercaótico e o atrator associado caótico double scrol no espaço de fases ao longo do plano “x” por “y” no osciloscópio, para os parâmetros $\gamma = 0.4 V$ e $s = 0.8 V$.

Experimentalmente o circuito foi montado via protoboard para os testes de bancada. As séries temporais foram coletadas via software Python em uma resolução de 40.000 pontos (200x200 ao longo dos parâmetros “ γ ” por “ s ”) para aquisição experimental dos atratores. Também via Python foi calculado os expoentes de Lyapunov dos atratores experimentais, tendo em vista o ajuste das flags $k = 100$ e $d = 5$. Por fim, o espaço de parâmetros experimental do circuito de Chua hipercaótico foi plotado via software Gnuplot. Segue abaixo na figura 3:

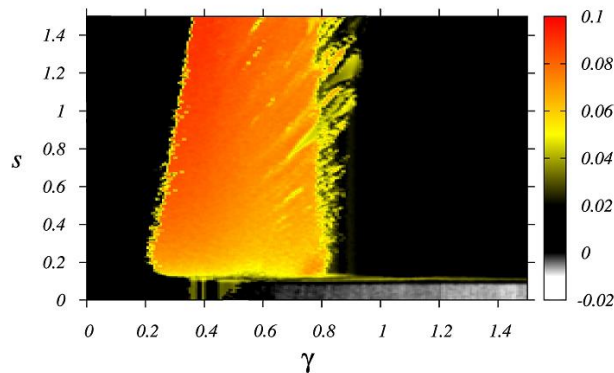


Fig. 3 Espaço de parâmetros experimental do maior expoente de Lyapunov para o circuito de Chua hipercaótico em (γ, s) .

Referências Bibliográficas:

- [1] A HYPERCHAOTIC CHUA SYSTEM, PAULO C. RECH AND HOLOKX A. ALBUQUERQUE.
- [2] Lyapunov exponent diagrams of a 4-dimensional Chua system, Cristiane Stegemann, Holokx A. Albuquerque, Rero M. Rubinger, and Paulo C. Rech.
- [3] DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS E TEORIA DE CIRCUITOS; ROBERT BOYLESTAD, LOUIS NASHESKY.
- [4] CONTROLE DE PARÂMETROS VIA TENSÃO CONTÍNUA: UMA APLICAÇÃO EM DINAMICA NÃO LINEAR, DAVID WILLIAM CORDEIRO MARCONDES.
- [5] Low Cost Analog Multiplier, AD633, ANALOG DEVICES, datasheet.
- [6] Low Noise, JFET Input Operational Amplifiers, TL074CN, MOTOROLA, datasheet.