



CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS NÃO-LINEARES: CHUA HIPERCAÓTICO

Mauro Murara Filho¹, Gabriel C. Grime,² Holokx Abreu Albuquerque³

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

² Acadêmico do Curso de Licenciatura em Física CCT-UDESC bolsista PIBIC/CNPq.

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, para assim, 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], e estão listadas abaixo:

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

no qual 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 ($x' = x/10$; $y' = y/10$, $z' = z/10$, $w' = w/10$) 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*.

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

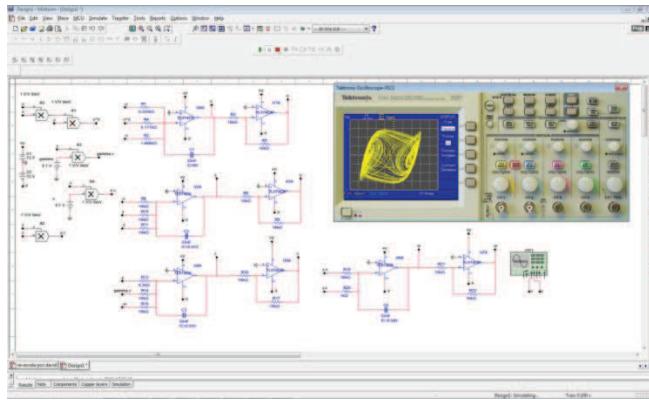


Fig.2 Esquema elétrico do circuito de Chua hipercaótico e o atrator associado caótico double scroll no espaço de fases ao longo do plano “x” por “y” no osciloscópio, para os parâmetros $\gamma = 0.1 \text{ V}$ e $s = 0.1 \text{ V}$.

Numericamente foi simulado via o software Python e comprovado que as suas trajetórias no espaço de fases dos atratores com a re-escala não excedia o valor nominal previsto nos datasheet dos circuitos integrados. Assim é possível executar a montagem via protoboard do circuito de Chua hiper-caótico e varrer o espaço de parâmetros experimental. Segue abaixo a figura 3:

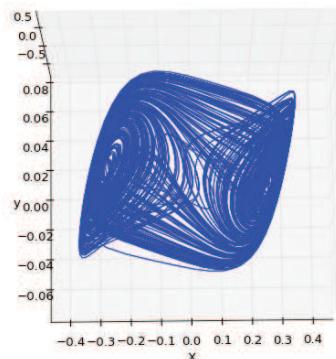


Fig.3 Atrator obtidos via Python para os parâmetros $\gamma = 0.1 \text{ V}$ e $s = 0.1 \text{ V}$ com a reescala efetuada das variáveis dinâmicas.

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 NASHELSKY
- [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.