

CAOS E PERIODICIDADE NO CIRCUITO DE MUTHUSWAMY-CHUA-GINOUX¹

Helena Furtado Berger², Cesar Manchein³

¹ Vinculado ao projeto “Sistemas Dinâmicos Não-Lineares: Propriedades Caóticas e Estatísticas”

² Acadêmico (a) do Curso de Física – CCT – Bolsista PIBIC/CNPq

³ Orientador, Departamento de Física – CCT – cesar.manchein@udesc.br

A pesquisa realizada tem como objetivo principal explorar e caracterizar a dinâmica periódica, quase-periódica e caótica do circuito eletroeletrônico Muthuswamy-Chua-Ginoux, e também, provar a existência de multiestabilidade no mesmo, ao estudar e analisar o comportamento e a função de cada um dos componentes envolvidos. O circuito é composto por: um capacitor, um indutor, um termistor (resistor não linear) e um memristor, componente teorizado por Leon Chua em 1972 e recentemente desenvolvido por pesquisadores da Hewlett-Packard (HP).

Inicialmente, foram realizadas leituras sobre sistemas dinâmicos não lineares/caóticos, para uma melhor compreensão do comportamento do circuito, e sobre a linguagem de programação Fortran e o software Gnuplot, que foram utilizados ao longo da pesquisa, que possibilitaram a criação de gráficos e imagens. Além disso, foi analisado detalhadamente o artigo base “A physical memristor based Muthusamy-Chua-Ginoux system”, reproduzindo os passos seguidos pelos autores e buscando novos resultados acerca do estudo, alterando valores de parâmetros e intervalos escolhidos para os testes em laboratório.

Os testes desenvolvidos foram a resolução das equações do artigo nas linguagens de programação Fortran e C, e construção dos gráficos de atratores, diagramas de bifurcação e expoentes de Lyapunov. Construímos diagramas de com comportamentos dinâmicos através do espectro de Lyapunov (Figura 2), que é composto por três expoentes organizados em ordem decrescente. Com isso, investigamos uma porção do espaço de parâmetros dos sistemas e provamos a existência de domínios onde a dinâmica é caótica (região em amarelo onde há um expoente positivo, um nulo e um negativo), periódica (região em vermelho, com um expoente nulo e dois expoentes negativos) e a dinâmica quase-periódica (representada em preto, com dois expoentes nulos e um negativo).

Ao aplicar as leis de Kirchhoff no circuito (Figura 1, extraída do artigo mencionado anteriormente), obteve-se o seguinte sistema de equações que regem o comportamento do circuito:

$$\begin{aligned} & \bullet \quad dx/dt = y/\alpha \\ & \bullet \quad dy/dt = - [x + f(y) + R(z) \cdot y] / \eta \\ & \bullet \quad dz/dt = R(z) \cdot y^2 - \varepsilon \cdot z, \end{aligned}$$

onde, $f(y) = a \cdot y + b \cdot y^3$ e $R(z) = \mu \cdot z^2 + \gamma \cdot z + \theta$. Temos que $x = V_C$ (Tensão no capacitor), $y = i$ (corrente elétrica) e $z = T - T_0$ (Variação de Temperatura no termistor). Além disso temos os seguintes parâmetros: $\alpha = C$ (capacitância), $\eta = L$ (indutância), $\theta = R_0/c$ (valor da resistência inicial sobre a capacitância), $\gamma = - (R_0/c) \cdot (\beta/T_0^2)$ (em que β é uma constante do material do termistor e T_0 é o valor da temperatura ambiente), $\mu = (R_0/c) \cdot (\beta \cdot (\beta + 2T_0))/2 \cdot T_0^4$, e, por fim, $\varepsilon = \delta/c$ (tal que δ é a constante de dissipação do termistor).

Por fim, observamos a existência da dinâmica caótica, periódica e quase-periódica no sistema quando um ou mais parâmetros são alterados, além de termos fortes indícios de que há multiestabilidade no espaço de parâmetros, fator que será mais bem explorado com a continuidade da pesquisa. Observamos também uma sequência de línguas de Arnold auto similares (em vermelho) no diagrama apresentado na Figura 2, resultado que se mostrou surpreendente visto que não se era esperado esse comportamento no sistema em questão e também será estudado mais a fundo futuramente.

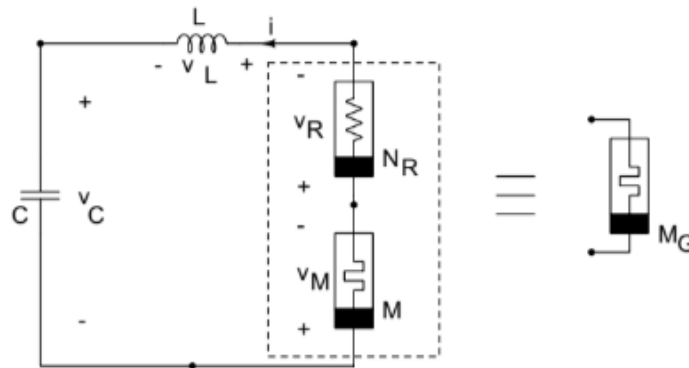


Figura 1. *Circuito de Muthuswamy-Chua-Ginoux*

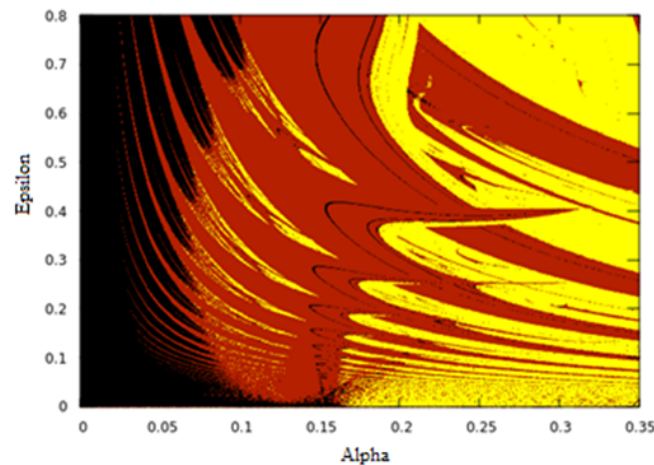


Figura 2. *Diagrama de espectro de Lyapunov.*

Palavras-chave: Circuito de Chua. Caos. Quasiperiodicidade.