

COMPUTAÇÃO ANALÓGICA PARA SOLUÇÃO DE SISTEMAS DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ¹

Carolina Luciano da Silveira ², Holokx Abreu Albuquerque ³.

¹ Vinculado ao projeto “Fenômenos Complexos em Sistemas Dinâmicos Não-Lineares”

² Acadêmica do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Bolsista PROBIC

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

No estudo conduzido, foi estudado um dos 19 modelos matemáticos descritos por três equações diferenciais ordinárias não-lineares acopladas, conforme descrito em Sprott [1]. Esse modelo, denotado como sistema S, é descrito pelas seguintes equações diferenciais:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -x - 4y, \\ \dot{y} &= x + z^2, \\ \dot{z} &= 1 + x. \end{aligned} \quad (1)$$

A primeira etapa na análise do sistema (1) envolveu a resolução numérica das equações por meio de um código em Python. O objetivo era confrontar os resultados da computação digital com a simulação analógica realizada no software NI Multisim, que simula o funcionamento de circuitos eletrônicos, incluindo amplificadores operacionais, resistores, capacitores e circuitos integrados [2].

A *Figura 1* apresenta um atrator característico do sistema (1), no espaço das variáveis (x, y, z) , obtido da solução numérica através de um código implementado em Python. A partir desse resultado, foi determinada a faixa de valores de cada variável e efetuado um ajuste nas magnitudes das variáveis do sistema (1), para que se alinhassem com a escala de tensão apropriada para o circuito analógico. Após essa adaptação, o sistema resultante é expresso como,

$$\begin{aligned} \dot{x}' &= -x' - 4y, \\ \dot{y} &= 4x' + z^2, \\ \dot{z} &= \alpha + 4x'. \end{aligned} \quad (2)$$

Depois da readequação, tornou-se viável construir e simular o circuito analógico através do software NI Multisim, sem a possibilidade de sobrecarregar os componentes. A *Figura 2* mostra o esquemático do circuito analógico que integra o conjunto de equações do sistema (2). As variáveis (x, y, z) também são tenções elétricas no circuito. Foi possível estudar a mudança na dinâmica do circuito, através dos atratores, com as variações de tensão entre 0,2 V até 0,9 V no circuito (seta verde na *Figura 2*, que indica a fonte de tensão contínua referente ao parâmetro de controle α no sistema (2)), como mostra a *Figura 3*.

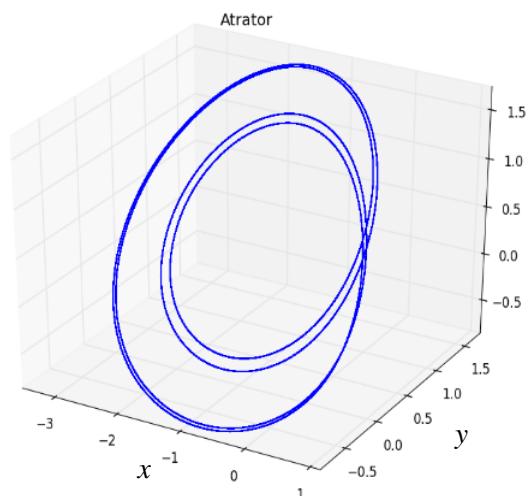


Figura 1. Atrator característico do sistema (1) obtido por solução numérica.

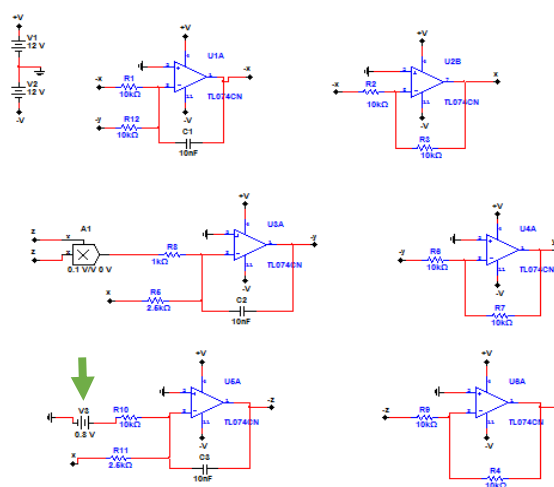


Figura 2. Projeto esquemático do circuito analógico que integra o sistema (2).

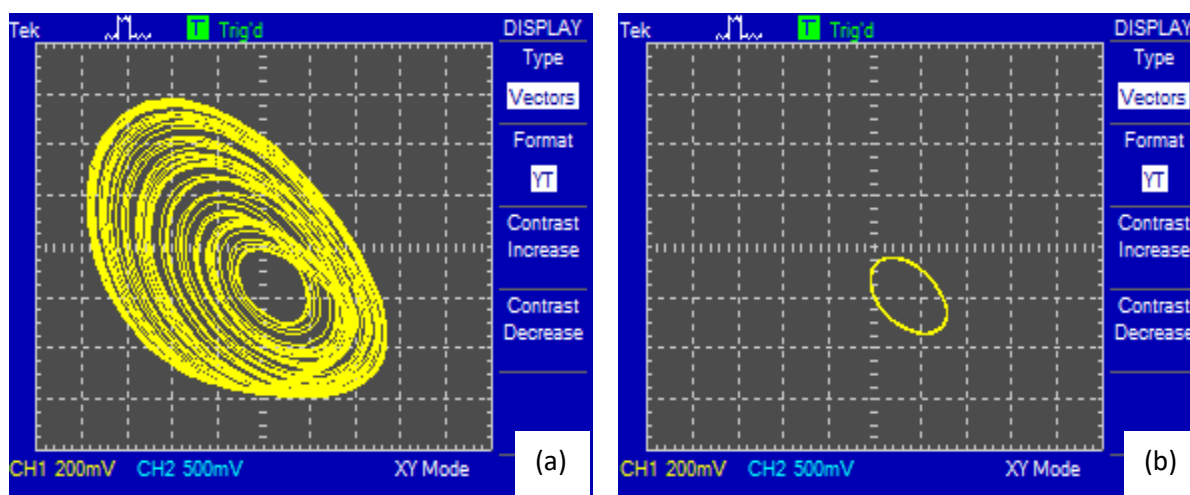


Figura 3. Atratores obtidos pela simulação do circuito analógico da figura (2) no software NI Multisim no plano das variáveis x e y . Em (a), atrator caótico para o parâmetro de controle $\alpha = 0,9$ V (seta verde na figura (2)) e em (b), atrator periódico para $\alpha = 0,2$ V.

Palavras-chave: Computação Analógica. Eletrônica Analógica. Caos.

Referências:

- [1] J. C. Sprott, Some simple chaotic flows, Physical Review E 50, R647(R) (1994).
- [2] David W. C. Marcondês, Controle de parâmetros via tensão contínua: uma aplicação em dinâmica não linear. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Física, Joinville, 2017.