

## ESTUDO EXPERIMENTAL DA DINÂMICA DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Bruna Gabriela Pedro<sup>1</sup>, David Willian Cordeiro Marcôndes<sup>2</sup>,  
Holokx Abreu Albuquerque<sup>3</sup>, Cesar Manchein<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Licenciatura em Física CCT-UDESC, bolsista de iniciação científica PROBIC/UDESC

<sup>2</sup>Acadêmico do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Física – CCT/UDESC

<sup>3</sup>Orientador, Professor do Departamento de Física CCT-UDESC – holokx.albuquerque@udesc.br

<sup>4</sup>Orientador, Professor do Departamento de Física CCT-UDESC – cesar.manchein@udesc.br

Palavras-chave: Caos, Sistemas dinâmicos não lineares, Circuito Analógico.

O primeira tarefa do projeto de Iniciação Científica foi o acompanhamento do estudo do Circuito de Chua através de um circuito integrado composto por amplificadores operacionais (AMPOPs). Deste modo, foi possível reescalar o sistema de equações diferenciais estudado para que o circuito correspondente respeite os limites dos AMPOPs. Com isso conseguimos: (i) trabalhar dentro das faixas lineares dos AMPOPs minimizando erros de *offset*, (ii) escolher uma escala adequada de tempo para respeitar também a *Unity gain bandwidth* do componente e (iii) construir o projeto *esquemático* da placa com auxílio do *software MultiSim*. As informações citadas anteriormente podem ser encontradas nos *Datasheets* dos componentes [1,2]. Para exercitar melhor tais habilidades utilizamos o artigo de James C. Sprott [3] contendo 19 sistemas caóticos dos quais alguns foram escolhidos para serem reescalados e simulados no *software*: todos com uso dos AMPOPs AD633 e TL074.

Durante a atividade citada acima, percebemos que um dos sistemas apresentava um atrator semelhante ao do sistema Rössler e então, para testar a metodologia experimental proposta, introduziu-se uma função (curva) linear por partes em uma das equações deste sistema que nomeamos como sistema de Sprott-Chua. Depois reescalonar o sistema, escolher o tempo adequado e esquemático do circuito construímos o circuito integrado, porém problemas com ruídos e erros sistemáticos dificultaram a tarefa.

Considerando que no estudo da dinâmica caótica de sistemas não lineares qualquer pequena perturbação no sistema pode alterar significativamente os resultados, faz-se necessário usarmos técnicas para minimizar os erros intrínsecos dos componentes, erros propagados na alteração das condições iniciais do sistema e alguns erros causados por ruídos externos. Deste ponto em diante a concentramos esforços no uso de alguns filtros e maneiras de zerar as condições iniciais do sistema. Obteve-se bons resultados quando comparados com resultados teóricos mostrando a validade das técnicas como se queria verificar.

A seguir, iniciou-se o trabalho com um sistema Chua que continha uma perturbação assimétrica e como maneira de treinamento foi deixado á cargo da bolsista a obtenção de alguns diagramas de bifurcação, espaço de parâmetros e espaço de períodos do sistema, assim como pequenos ajustes nos algoritmos desenvolvidos pelo mestrando.



Com término deste último trabalho foi proposto para a bolsista o início do estudo de um sistema acoplado de um Oscilador Van der Pol com um Oscilador Duffing Amortecido. Mediante a restrição de amplificadores operacionais procurou-se uma maneira de construir o sistema proposto com menor uso de AMPOPs e a solução foi que a parte referente ao sistema Van der Pol pode ser feita sem o uso dos amplificadores. A implementação experimental encontrada continha uma válvula triodo [4] e a proposta é trocar este componente por um transistor de efeito de campo [5] com objetivo de minimizar os erros e ruídos tão prejudiciais aos sistemas caóticos. O estudo e análise desta solução alternativa esta em andamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Datasheet AD633*. Disponível em: <<http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD633.pdf>>. Acesso em: 17 de fev. 2017.
- [2] *Datasheet TL074*. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/25382/STMICROELECTRONICS/TL074.html>>. acesso me: 17 de fev. 2017.
- [3] Van der Pol Oscillator. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Van\\_der\\_Pol\\_oscillator](https://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Pol_oscillator)>. Acesso em: 15 de maio. 2017.
- [5] Armstrong Oscillator. Disponível em > <[https://en.wikipedia.org/wiki/Armstrong\\_oscillator](https://en.wikipedia.org/wiki/Armstrong_oscillator)>. Acesso em: 15 de maio. 2017.
- [6] RONILSON ROCHA, RENE O. MEDRANO T., “*Na inductor-free realization of the chua?s circuit based on electronic analogy,*” *Nonlinear Dyn*, vol. 56, 2009.