

Simpósio de Integração Acadêmica

“Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável”

SIA UFV 2023



Nano-osciladores em Sincronia

ZIMERER, A.¹ (arthur.zimerer@ufv.br); DE ARAUJO, C.I.L.¹ (dearaujo@ufv.br); MOURA-MELO, W.A.¹ (winder@ufv.br)

¹ Departamento de física

Ciências Exatas e Tecnológicas - Física da Matéria Condensada
Pesquisa
spintrônica, computação neuromórfica, nanotecnologia

Introdução

Uma das hipóteses para a forma com que o cérebro associa eventos de fontes diferentes é o mecanismo de ‘associação por sincronização’, que consiste na sincronização transitória de grandes grupos de neurônios, criando sinais oscilatórios fortes no caso de reconhecimento de um evento.

Dispositivos spintrônicos têm características interessantes para a computação neuromórfica: velocidade de operação, e tecnologias e efeitos magnéticos que podem ser utilizados para imitar processos do cérebro, como o efeito spin torque, propagação de paredes de domínio e de skyrmions.

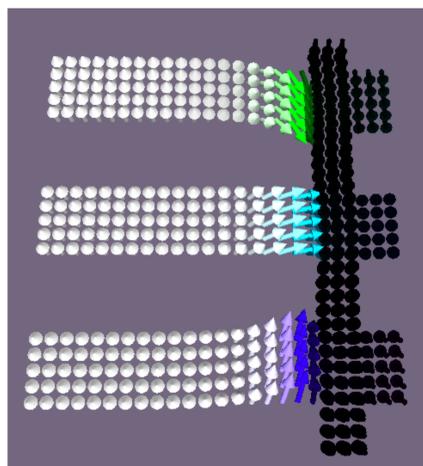
Em uma tentativa de emular esse funcionamento do cérebro neste estudo, estudamos a capacidade de sincronização de nano-osciladores spintrônicos inspirado no nano-oscilador de três terminais proposto em Toro et al. (2020), baseado na fixação e precessão de uma parede de domínio em uma nanofita magnética através da competição entre o torque gerado pelo campo magnetostático de um defeito em T, e o causado por uma densidade de corrente de spin.

Objetivos

Propor uma configuração de nano-osciladores spintrônicos com capacidade de sincronização mútua, para aplicações futuras na área de computação neuromórfica através do mecanismo de ‘associação por sincronização’.

Material e Método

Através do software mumax³, foram feitas diversas simulações, considerando diferentes configurações de distância entre osciladores, corrente central de sincronização e a simulação de um potencial de ação neuronal. Os dados foram analisados através de transformadas de Fourier discretas para determinar a frequência e fase de oscilação em cada caso.



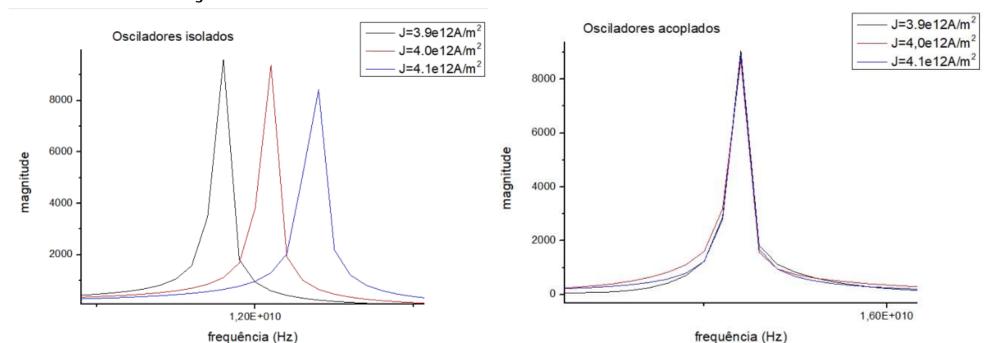
3 osciladores acoplados

Apoio financeiro



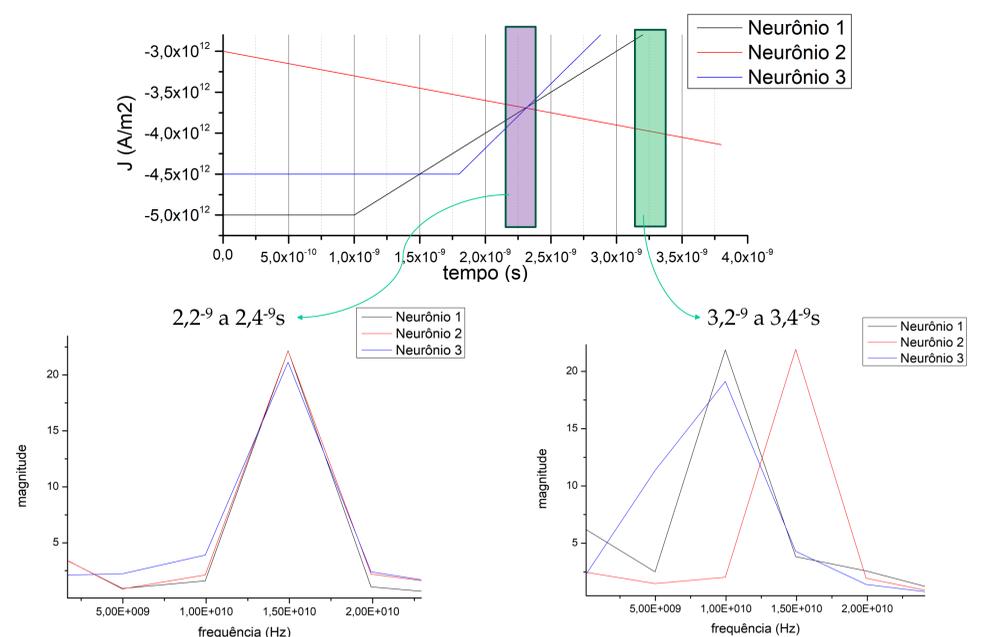
Resultados e Discussão

1. Sincronização



Frequência em cada oscilador com as correntes indicadas, em caso acoplado e com osciladores separados

2. Potencial de ação neuronal, oscilador como “neurônio”



Frequência em cada oscilador nos intervalos de tempo destacados. Observe a sincronização transitente dos osciladores.

Conclusões

Os osciladores propostos mostram um grande potencial para aplicações na computação neuromórfica, tendo em vista que a sincronização transitente é uma chave para emular o mecanismo de ‘associação por sincronização’. Dispositivos futuros baseados nesse tipo de tecnologia podem se tornar mais eficientes e descentralizados, aproximando computadores de um cérebro biológico.

Bibliografia

- Marković D, et al. Physics for neuromorphic computing, *Nature Reviews Physics*. vol. 2, no. 9, pp. 499–510, 2020.
- Hopfield JJ, Brody CD. What is a moment? Transient synchrony as a collective mechanism for spatiotemporal integration. *Proc. Natl Acad. Sci.* 98, 1282–1287, 2001.
- Toro OO, et al. Three terminal nano-oscillator based on domain wall pinning by track defect and anisotropy control. *J. Appl. Phys.* 127, 183905, 2020.
- Romera M, et al. Binding events through the mutual synchronization of spintronic nano-neurons. *Nat Commun* 13, 883 (2022).