

# **1. TÍTULO: REDES DE MICROCHIPS SEM FIO DE SENSORIAMENTO NEURAL E MICROESTIMULAÇÃO AUTÔNOMA COM TÉCNICAS DE RADIOFREQUÊNCIA EM SUA ALIMENTAÇÃO**

**YAGO DANIEL SOUTO**

## **2. INTRODUÇÃO**

Detectar e estimular a atividade elétrica fisiológica em vários pontos ajuda a compreender a operação de circuitos biológicos direcionados, como os do córtex cerebral. Interfaces corticais cérebro-máquina atuais, por exemplo, implantam matrizes de microeletrodos monolíticos (MEAs) para gravar sinais multiponto de circuitos funcionais específicos, como as áreas motoras [1, 2, 3]. Em outro lugar, o mapeamento de circuitos cardíacos por MEAs semelhantes é buscado na exploração diagnóstica e terapêutica [4, 5, 6].

A maioria dos sensores neurais de alto desempenho são baseados em 'leitos de agulhas' (MEA) microusinados à base de silício ou matrizes de eletrodos planares (ECoG) conectados a componentes eletrônicos ativos externos, com pontos de contato de tecido numerados na escala de cem [7]. Aumentar a quantidade de canais para muitos fornece um benefício de desempenho significativo, no entanto, essa tarefa apresenta desafios na arquitetura, transferência de dados e implantabilidade. Uma abordagem recente para escalonamento empregou técnicas de microfabricação para implementar vários locais de sondas multiplexadas ao longo de hastes de silício de penetração rígida (por exemplo, abordagem de Neuropixel [8]) e técnicas para sua implantação de alto rendimento são exploradas ativamente (por exemplo, Neuralink [9]).

Métodos sem fio para eliminar o cabeamento percutâneo para sensores de silício monolítico também foram relatados (por exemplo, [10, 11, 12, 13, 14]). Uma nova abordagem para sensores em microescala, proposta por vários grupos, prevê implantes multicanais que compreendem conjuntos de microdispositivos autônomos individuais. A transferência de energia sem fio puramente eletromagnética (WPT) e a comunicação no campo próximo (indutiva) são estudadas e já somam em aplicações. Embora alcançar um bom acoplamento eletromagnético seja inerentemente desafiador para antenas em escala de chip de área pequena [15, 17], as técnicas de RF (radiofrequência) podem, se adequadamente otimizadas, fornecer um caminho eficiente para a captação de energia sem fio e telecomunicação. Notamos outros exemplos em que microdispositivos demonstraram microestimulação elétrica em pequenos animais [18, 19, 20].

Somado à redução das necessidades de consumo de energia de muitos dispositivos e com a busca por fontes alternativas de energia, a captação de energia, sobretudo de RF, tornou-se uma fonte de energia viável para tais dispositivos de baixo consumo. Conforme

discutido em [16], projetos de dispositivos de captação de energia por RF estão começando a ser usados para fins médicos, a fim de medir pressão intraocular, temperatura, marcapasso, eletrocardiogramas (ECG) e eletrocorticografias (ECoG).

Portanto, este projeto concentra-se em desenvolver microchips individuais operando como parte de conjuntos de rede sem fio (matrizes de microeletrodos) com várias funções, desde coleta de energia por radiofrequência até comunicação de dados bidirecional e gravação neural e/ou estimulação, a fim de registrar sinais de ECoG epicorticais e estimular microcircuitos neuronais intracorticamente.

### **3. OBJETIVOS**

Desenvolvimento e fabricação de uma rede de microchips sem fios que executam de forma autônoma o sensoriamento neural ou microestimulação elétrica, combinando técnicas de captação de energia por RF em sua alimentação.

### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

- Projeto de circuito equivalente;
- Simulações eletromagnéticas;
- Fabricação e montagem;
- Aquisição de dados;
- Experimentação de captação por RF;
- Roedores *Long-Evans*.

### **5. RESULTADOS ESPERADOS**

Construção e avaliação do sistema de redes de microchips sem fios em solução salina e funcional no modelo de rato in vivo para registro neural ECoG e microestimulação elétrica, e a caracterização da eficiência de conversão e captação da transferência de energia sem fio.

### **REFERÊNCIAS**

- [1] Hochberg, L. R. et al. Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature* 442, 164–171 (2006).
- [2] Afshar, A. et al. Single-trial neural correlates of arm movement preparation. *Neuron* 71, 555–564 (2011).
- [3] Truccolo, W., Friebs, G. M., Donoghue, J. P. & Hochberg, L. R. Primary motor cortex tuning to intended movement kinematics in humans with tetraplegia. *Journal of Neuroscience* 28, 1163–1178 (2008).
- [4] Natarajan, A. et al. Patterned cardiomyocytes on microelectrode arrays as a functional, high information content drug screening platform. *Biomaterials* 32, 4267–4274 (2011).
- [5] Fang, H. et al. Capacitively coupled arrays of multiplexed flexible silicon transistors for longterm cardiac electrophysiology. *Nature biomedical engineering* 1, 1–12 (2017).

- [6] Meyer, T., Guenther, E. & Kraushaar, U. Microelectrode arrays in cardiac mapping. *Cardiac Mapping* 18–27 (2013).
- [7] Nurmikko, A. V. et al. Listening to brain microcircuits for interfacing with external world — progress in wireless implantable microelectronic neuroengineering devices. *Proceedings of the IEEE* 98, 375–388 (2010).
- [8] Jun, J. J. et al. Fully integrated silicon probes for high-density recording of neural activity. *Nature* 551, 232–236 (2017).
- [9] Musk, E. et al. An integrated brain-machine interface platform with thousands of channels. *Journal of medical Internet research* 21, e16194 (2019).
- [10] Miranda, H., Gilja, V., Chestek, C. A., Shenoy, K. V. & Meng, T. H. HermesD: A high-rate longrange wireless transmission system for simultaneous multichannel neural recording applications. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems* 4, 181–191 (2010).
- Borton, D. A., Yin, M., Aceros, J. & Nurmikko, A. An implantable wireless neural interface for recording cortical circuit dynamics in moving primates. *Journal of neural engineering* 10, 026010 (2013).
- [11] Yin, M., Borton, D. A., Aceros, J., Patterson, W. R. & Nurmikko, A. V. A 100-channel hermetically sealed implantable device for chronic wireless neurosensing applications. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems* 7, 115–128 (2013).
- [12] Simeral, J. D. et al. Home use of a wireless intracortical brain-computer interface by individuals with tetraplegia. Preprint at <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2019.12.27.19015727v1> (2019).
- [13] Song, Y.-K. et al. Active microelectronic neurosensor arrays for implantable brain communication interfaces. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 17, 339–345 (2009).
- [14] Seo, D., Carmena, J. M., Rabaey, J. M., Alon, E. & Maharbiz, M. M. Neural dust: An ultrasonic, low power solution for chronic brain-machine interfaces. Preprint at <https://arxiv.org/abs/1307.2196v1> (2013).
- [15] AMOR, Antonio Alex. TITULO: DESIGN OF A RADIOFREQUENCY (RF) ENERGY HARVESTING SYSTEM FOR LOW-POWER SENSOR APPLICATIONS AT MICROWAVE BANDS. 2018.
- [16] Gutruf, P. et al. Fully implantable optoelectronic systems for battery-free, multimodal operation in neuroscience research. *Nature Electronics* 1, 652– 660 (2018).
- [17] Ho, J. S. et al. Wireless power transfer to deep-tissue microimplants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, 7974–7979 (2014).

- [18] Khalifa, A. *et al.* The microbead: A highly miniaturized wirelessly powered implantable neural stimulating system. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems* **12**, 521–531 (2018).
- [19] Yeon, P., Bakir, M. S. & Ghovanloo, M. Towards a 1.1 mm<sup>2</sup> free-floating wireless implantable neural recording SoC. In *2018 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)*, 1–4 (IEEE, 2018).
- [20] Agrawal, D. R. *et al.* Conformal phased surfaces for wireless powering of bioelectronic microdevices. *Nature biomedical engineering* **1**, 0043 (2017).