

ESTUDO DE TECNOLOGIAS DE SEMICONDUTORES WIDE-BANDGAP: APLICAÇÃO DE TRANSISTORES GaN EM BISTURIS ELÉTRICOS

Stéfano Kenji Fernandes Tamanaha

Prof. Dr. Augusto Matheus dos Santos Alonso

Universidade de São Paulo

stefano.kenji@usp.br, augusto.alonso@usp.br

Objetivos

Nos últimos anos, as tecnologias wide-bandgap vêm sendo alvo crescente de estudos em aplicações devido às suas características intrínsecas, tornando-as soluções em circuitos que o silício não atende às necessidades [1]. Com base nesse cenário, as pesquisas desses semicondutores concentram-se em ambientes extremos, como a área de aplicações em potência, onde há o emprego extensivo de dispositivos baseados em SiC, por sua baixa condutividade térmica e capacidade de suportar tensões elevadas. Dito isso, essa preferência por SiC acaba colocando os dispositivos GaN em segundo plano, entretanto, a alta mobilidade presente nesse semicondutor pode ser explorada em diversas áreas que exigem alta frequência, como é o caso de telecomunicações e a área médica [5]. Assim, este trabalho tem como objetivo explorar a versatilidade dos dispositivos GaN e sua aplicação em bisturis elétricos, um equipamento revolucionário e de extrema importância nas cirurgias modernas [6].

Métodos e Procedimentos

Foi realizado o estudo dos circuitos utilizados atualmente nas *ESUs* – *Electrosurgical Units*, equipamentos que cotidianamente chamados de bisturis elétricos e que são usados em procedimentos eletrocirúrgicos, isto é, a aplicação de corrente elétrica alternada e de alta frequência

(radiofrequência) ao tecido biológico com o objetivo de cortar, coagular, desidratar ou fulgurar tecidos [2][3].

Com isso, das diversas topologias possíveis de circuitos, foi escolhida a topologia *Full-Bridge* para a implementação de dois pares de mosfets GaN em conjunto com um filtro ressonante na saída [4][7].

Definido o circuito, foram realizadas simulações no software LTSpice a fim de visualizar a resposta do mesmo a um chaveamento de alta frequência (4 MHz) e diferentes tipos de cargas resistivas, de forma a emular os diversos tipos de tecido no corpo humano.

Resultados

Com a simulação do circuito apresentado na Figura 1, foi possível obter os resultados apresentados a seguir.

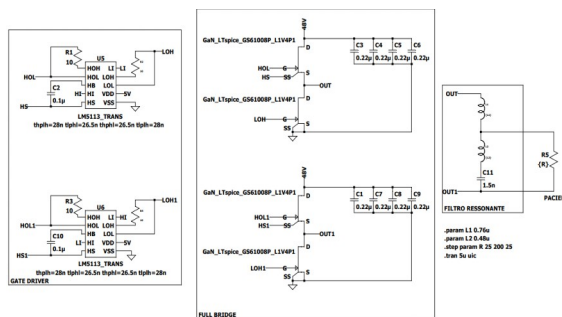


Figura 1 - Esquemático do circuito no software
LTSpice

Apresentada abaixo, a Figura 2 ilustra o chaveamento das duas partes da ponte. Nota-se que ambos os lados operam de maneira complementar, com um pico observado no ponto de chaveamento. Esse comportamento é característico dos drivers utilizados nesse tipo de semiconductor, especialmente em aplicações de alta frequência.

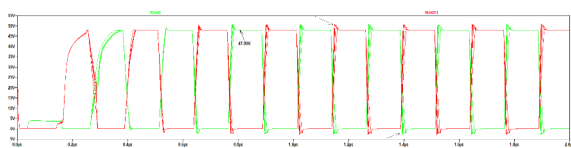


Figura 2 - Comparação entre os sinais de saída dos pares de mosfets.

Finalmente, a Figura 3 apresenta a saída após o filtro, onde o tecido do paciente é modelado como um resistor. Ao analisar a saída, observa-se que a aplicação do filtro resulta em um sinal senoidal com leves distorções. Além disso, nota-se que a tensão varia de acordo com a carga acoplada, passando de 144V com $R = 25\Omega$ para quase 400V com $R = 125\Omega$.

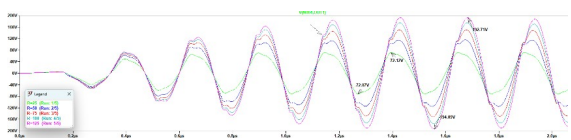


Figura 3 - Saída do circuito FB pós filtro com uma carga para a simulação de tecidos do paciente

Conclusões

Os semicondutores de nitreto de gálio (GaN) apresentam propriedades físicas e vantagens significativas que os tornam ideais para aplicações em geradores eletrocirúrgicos. Conforme avaliado nesta pesquisa, a alta frequência de operação, eficiência energética, capacidade de operação em altas temperaturas e a possibilidade de miniaturização fazem do GaN uma escolha promissora para melhorar a precisão, segurança e eficácia dos procedimentos eletrocirúrgicos. A medida que a

pesquisa e o desenvolvimento continuam, espera-se que a tecnologia GaN desempenhe um papel cada vez mais importante na inovação dos dispositivos médicos, contribuindo para avanços significativos na prática cirúrgica e, além disso, que seu uso se torne cada vez mais prevalente, contribuindo para outras inovações tecnológicas e um futuro mais sustentável.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, pois sem o incentivo deles jamais teria chegado onde estou. Em seguida, agradeço ao meu orientador pelo apoio durante as atividades e, finalmente, agradeço especialmente aos senhores Eder Ishibe e Leonardo Stanganini pelos ensinamentos fundamentais e constantes.

Referências

- [1]AMANO, H. The 2018 GaN power electronics roadmap. J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 51, 2018.
- [2]GOLDBERG, S. N. Radiofrequency tumor ablation: principles and techniques. European Journal of Ultrasound 13,pp. 129–147, 2001.
- [3]HAINER, B. Fundamentals of electrosurgery. Journal of the American Board of Family Practice, 4(6):419–26, 1991.
- [4]HWANG, S. et al. GaN-based 4-MHz full-bridge electrosurgical generator using zero-voltage switching over wide load impedance range. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, v. 17, n. 5, p. 1125–1134, 2023.
- [5]KAMINSKI, O. H. N. SiC and GaN devices – wide bandgap is not all the same. IET Circuits, Devices Systems, Vol. 8, Iss. 3,pp. 227–236,, 2014.
- [6]LEE, S. Advances in GaN transistors for high-frequency surgical applications. International Journal of Medical Engineering, 18(2), 123-134, 2023.
- [7]YOON, B. et al. 4 MHz electrosurgical generator system for wide load impedance range with SiC-based full-bridge inverter. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 71, n. 1, p. 338–347, 2024.