

Implementação de um ADC tipo Sigma-Delta utilizando Células Digitais Padrão da Tecnologia Skywater 130 nm

Yudi Asano Ramos

Prof. Dr. Maximilian Luppe

Universidade de São Paulo (USP)

yudiasanoramos@hotmail.com

Objetivos

Este projeto visa explorar os avanços tecnológicos na fabricação de circuitos integrados (ICs) digitais e aplicá-los ao desenvolvimento de componentes eletrônicos analógicos, como amplificadores operacionais. O objetivo principal é implementar um amplificador operacional utilizando células lógicas padrão da tecnologia Skywater 130 nm. Espera-se demonstrar que é possível utilizar essas células digitais para a construção de circuitos analógicos, aproveitando os benefícios das novas tecnologias de fabricação, como a redução de carga parasita, melhor performance e eficiência energética.

Métodos e Procedimentos

O projeto será desenvolvido utilizando componentes integrados padrão, como os circuitos integrados CD4007 e CD4069UBE, amplamente usados em projetos de circuitos analógicos e digitais. O CD4007 consiste em transistores MOSFET que podem ser configurados para diversas funções lógicas e amplificadoras, enquanto o CD4069UBE é um inversor CMOS utilizado para amplificação em circuitos digitais. Inicialmente, serão realizados testes teóricos por meio de simulações no software Spice, a fim de validar o comportamento do amplificador operacional. Essas simulações permitirão

prever o desempenho do circuito antes de sua implementação física. Em seguida, o circuito será montado em bancada utilizando os CIs CD4007 e CD4069UBE, e os resultados experimentais serão comparados com os resultados teóricos obtidos nas simulações.

Após os testes de bancada, e uma vez que o circuito esteja validado, seguiremos para a próxima etapa das atividades programadas. Nesta fase, o circuito será descrito em Verilog, uma linguagem de descrição de hardware, para possibilitar a implementação digital. O circuito descrito será então submetido ao fluxo Openlane, que abrange desde a síntese até a geração de máscaras (GDS2) para a fabricação dos circuitos integrados. Posteriormente, o layout do circuito será gerado e submetido a análises e simulações para garantir que o circuito funcione corretamente quando fabricado digitalmente com células padrão da tecnologia Skywater 130 nm.

Resultados

Embora o trabalho ainda esteja em andamento e os resultados finais não tenham sido obtidos, o objetivo principal é demonstrar que os valores teóricos, obtidos por meio das simulações no Spice, correspondem de forma próxima aos valores experimentais, medidos através do circuito montado em bancada com os CIs CD4007 e CD4069UBE. Esta comparação é

essencial para validar o desempenho do amplificador operacional, garantindo que ele funcione conforme o esperado em ambas as abordagens — teórica e prática.

Caso os resultados de bancada estejam alinhados com os valores teóricos, será possível comprovar a viabilidade do projeto, como descrito no estudo da bolsa. Isso permitirá a continuidade do trabalho, possibilitando a implementação digital do circuito no fluxo Openlane e a sua produção, sem falhas significativas que comprometam o desempenho do amplificador operacional

Conclusões

espera-se que, ao final da validação teórica e experimental do amplificador operacional, possamos comprovar a eficiência da implementação do circuito com os CIs CD4007 e CD4069UBE. A principal expectativa é que os resultados obtidos na bancada estejam em conformidade com as previsões teóricas, validando o funcionamento do amplificador.

Essa validação é crucial para assegurar que o circuito esteja preparado para ser implementado digitalmente utilizando o fluxo Openlane e a tecnologia Skywater 130 nm. Caso o comportamento do circuito físico e teórico seja consistente, a produção digital poderá ser realizada com confiança, evitando possíveis falhas e garantindo a funcionalidade esperada no amplificador operacional.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão ao Prof. Dr. Maximilian Luppe por sua orientação contínua e valiosa contribuição ao longo do desenvolvimento deste projeto. Seus conhecimentos e apoio têm sido fundamentais para o avanço de nosso trabalho.

Também agradecemos à Universidade de São Paulo (USP) por proporcionar esta oportunidade por meio do Programa Unificado de Bolsas (PUB), permitindo que o projeto seja desenvolvido e contribuindo para nosso crescimento acadêmico e profissional. Esta experiência tem sido essencial para nosso desenvolvimento na área de eletrônica e

circuitos integrados, e somos gratos pela confiança depositada em nós

Referências

Analog Devices. *StudentZone: Operational Amplifiers Basics and Experimentation Guide*. Disponível em:

<https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2022.html>. Acesso em: 12 set. 2024.

Gluck, E., *Revisiting CMOS with CD4007 Transistors in Open-Source Hardware*. *Journal of Integrated Circuits and Systems*, vol. 11, no. 4, 2020. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2079-9268/11/4/42>. Acesso em: 12 set. 2024.

Texas Instruments. *CD4007UB Datasheet*. Disponível em:

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/50544/TI/CD4007UB.html>. Acesso em: 12 set. 2024.

STMicroelectronics. *HCC4069UB Datasheet*. Disponível em:

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/56590/STMICROELECTRONICS/HCC4069UB.html>. Acesso em: 12 set. 2024.

Fessler, L., *CD4007 SPICE Model*. Disponível em:

https://people.rit.edu/lffeee/CD4007_SPICE_MODEL.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.