

USO DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO NA DISCIPLINA DE ELETRÔNICA ANALÓGICA

ALEXANDRE SILVA LUCENA¹; KEVIN SAMUEL DIEDRICH MELO²;

MATEUS BECK FONSECA³:

¹Universidade Federal de Pelotas – alexandre.lucena@ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – kevin.melo@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – mateus.fonseca@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O uso da matemática analítica mostrou-se crucial para análise de processos físicos, químicos, biológicos ou econômicos desde os primórdios, possibilitando a observação de variáveis de interesse para melhorias na colheita, desenvolvimento e otimização de processos, previsibilidade econômica e etc. (BOGAERTS e WOUWER, 2023; BADIALE e CRAVERO, 2024; LEE e SHI, 2010).

Entretanto, a partir do Séc. XIX, com o advento da revolução industrial, a necessidade de maiores volumes de informação tornou o cálculo manual uma tarefa impraticável. Como solução, os primeiros computadores surgiram na forma mecânica. Em 1870, Lord Kelvin apresentou ao mundo a Máquina Preditora de Marés, possibilitando a previsão de um sistema altamente complexo a partir do movimento de componentes mecânicos feitos em latão cujo movimento pode ser descrito na forma de equações diferenciais (IEEE SPECTRUM, 2024). Mais tarde a tecnologia foi de uso decisivo para a vitória aliada na Segunda Guerra Mundial, tendo sido usada para previsão de marés nas praias da Normandia, possibilitando a retomada da França em 1944 (PARKER, 2011).

De forma análoga ao que ocasionou o desenvolvimento de computadores mecânicos, tais tecnologias viram-se insuficientes quando confrontadas com a necessidade por maior velocidade ou precisão, o que foi ocasionalmente suprido pelo desenvolvimento das primeiras válvulas termiônicas, abrindo caminho para o desenvolvimento da eletrônica analógica e dos primeiros computadores analógicos, posteriormente substituídas pelo Transistor Bipolar de Junção (TBJ), tornando a computação algo mais próximo do conhecido atualmente.

Em síntese, desde os primórdios da computação, um dos principais objetivos era a simulação de condições reais com capacidade de extrapolação em ambiente controlado. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo explorar a importância do uso de ferramentas de simulação no âmbito da eletrônica analógica, visando a possibilidade de uso em monitorias da disciplina homônima no curso de Engenharia de Controle e Automação.

2. ATIVIDADES REALIZADAS

Considerando que a análise de sistemas dinâmicos é essencial para o projeto de controladores e para aplicações gerais de controle e que os amplificadores operacionais são a base da eletrônica analógica, optou-se por desenvolver elementos de simulação voltados aos blocos construtores do cálculo

e das equações diferenciais: Amplificadores integradores e amplificadores diferenciadores.

Com esse objetivo, foram comparados os simuladores *LTSpice* e *Falstad Circuit Simulator*, em matéria de facilidade de uso e confiabilidade e precisão de resultados.

2.1. LTSpice

O ambiente de simulação LTSpice é apresentado na Figura 1. Os circuitos de amplificador integrador e diferenciador simulados no software são ilustrados na Figura 2.

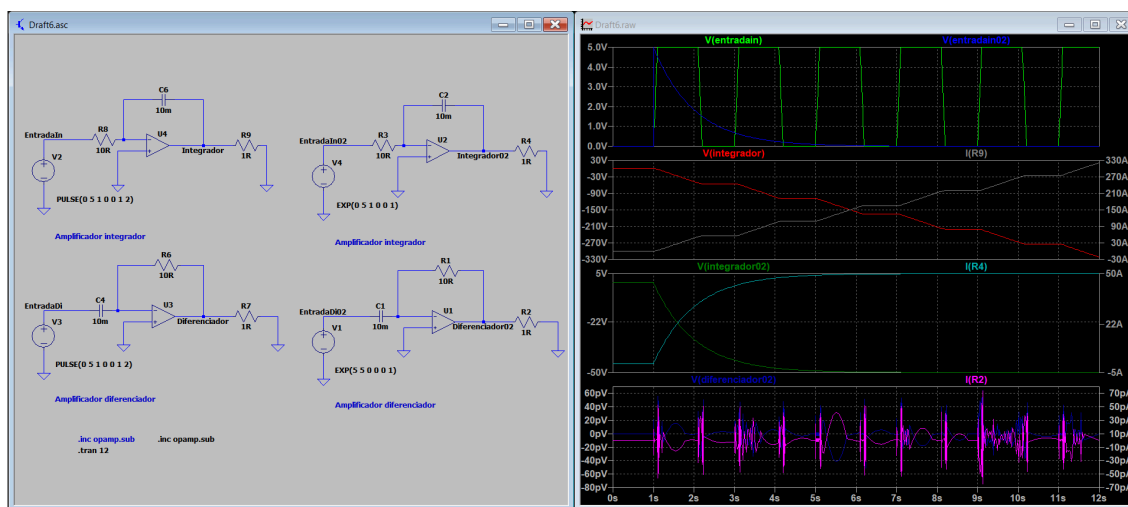


Figura 1: Ambiente de simulação LTSpice com amplificadores integradores e diferenciadores com diferentes sinais de entrada.

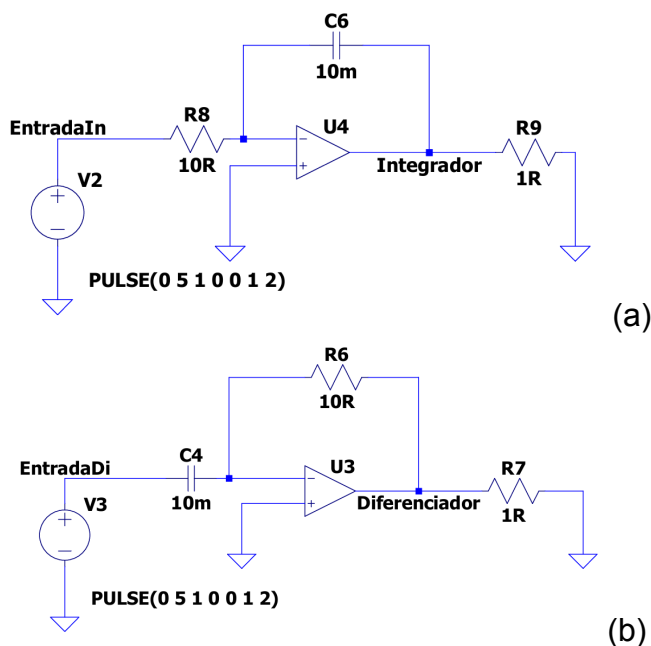


Figura 2: Amplificadores integrador (a) e diferenciador (b) excitados com onda quadrada.

2.2. Falstad Circuit Simulator

O ambiente de simulação *Falstad Circuit Simulator* é apresentado na Figura 3.

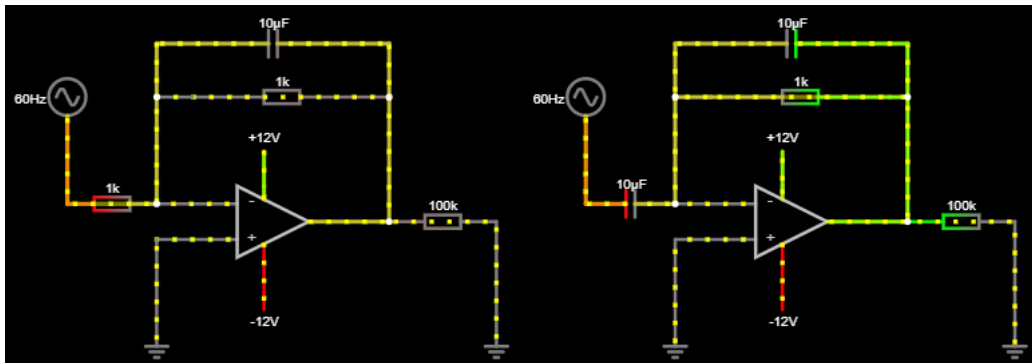


Figura 3: Ambiente de simulação Falstad Circuit Simulator.

2.3. Resultados de simulação

A Figura 4 apresenta o resultado das simulações no *LTSpice*, com uma onda quadrada de 1 [Hz] de frequência aplicada na entrada dos circuitos.

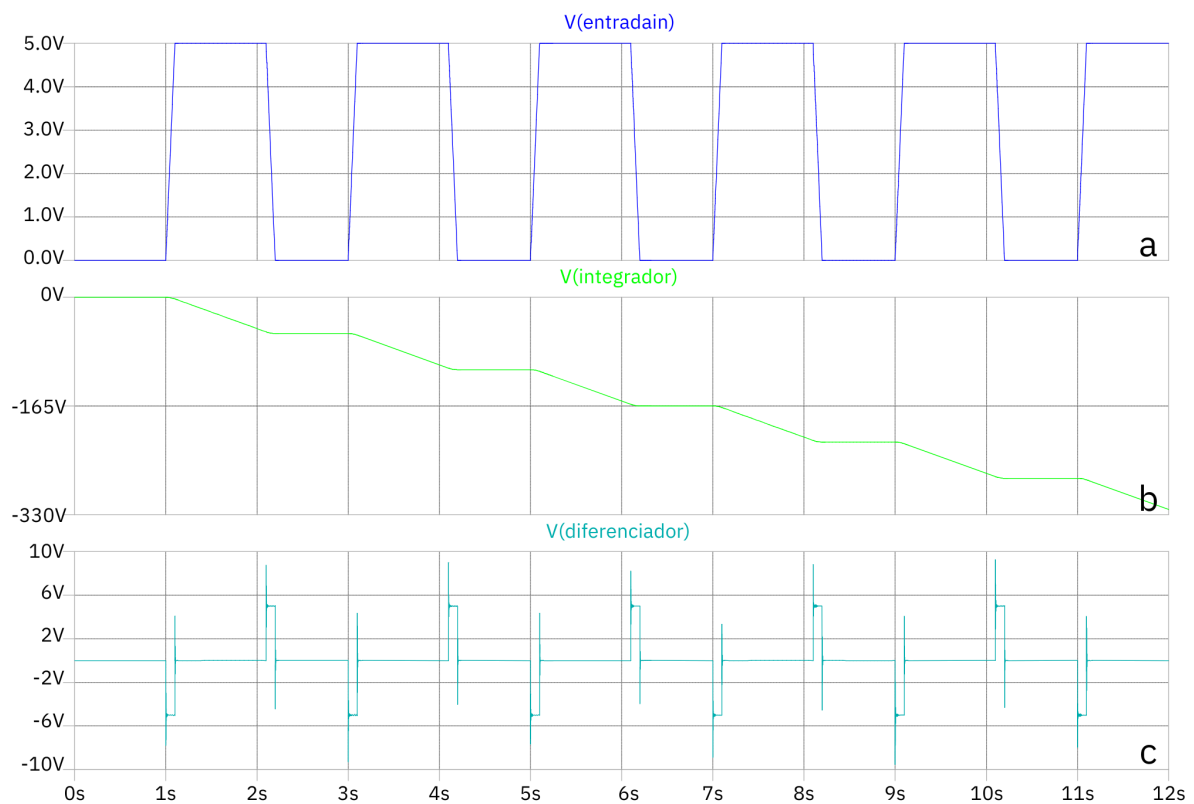


Figura 4: Onda quadrada aplicada na entrada dos circuitos (a); Saída do amplificador integrador (b) e saída do amplificador diferenciador (c).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software *LTSpice* enquanto ferramenta de análise avançada, possibilita o uso de algoritmos como a *Fast Fourier Transform* (FFT), viabilizando a análise de resposta em frequência, análoga ao Diagrama de Bode.

Por outro lado, simuladores como o *Falstad Circuit Simulator* fornecem um estímulo visual que permite melhor entendimento do funcionamento dos componentes eletrônicos, sendo uma melhor opção do ponto de vista didático.

Em suma, simuladores como o *LTSpice* demonstram maior rigor técnico e científico, por considerar não idealidades dos elementos e permitir análise mais aprofundada dos elementos, enquanto que ferramentas como o *Falstad Circuit Simulator* proporcionam maior facilidade de aprendizado, dada sua natureza visual e intuitiva.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADIALE, M.; CRAVERO, I. A Nonlinear ODE Model for a Consumeristic Society. **Mathematics**, v. 12, n. 8, p. 1253, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/math12081253>. Acesso em: 29 ago. 2025.

BOGAERTS, P.; WOUWER, A. V. **Mathematical Modeling and Control of Bioprocesses**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-7141-6>. Acesso em: 29 ago. 2025.

IEEE SPECTRUM. **Tide predictions**. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/tide-predictions>. Acesso em: 29 ago. 2025.

LEE, C.F.; SHI, J. Application of Alternative ODE in Finance and Economics Research. In: LEE, C.F.; LEE, A.C.; LEE, J. (eds.). **Handbook of Quantitative Finance and Risk Management**. Boston, MA: Springer, 2010. Cap. 85. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-0-387-77117-5_85. Acesso em: 29 ago. 2025.

PARKER, B. The tide predictions for D-Day. **Physics Today**, v. 64, n. 9, p. 35–40, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/PT.3.1257>. Acesso em: 29 ago. 2025.