

MANNA MIO! UM ELETROMIOGRAFO DE SUPERFÍCIE PROJETADO PARA ENSINO, PESQUISA E PROTOTIPAGEM DE APLICAÇÕES BIOMÉDICAS

João Pedro da Silva Fonseca (Manna Academy/FA/UEM), André Verona, Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientadora), e-mail: ra122876@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: **Engenharia / Eng. Biomédica**

Palavras-chave: Análise de sinais; Processamento de biopotenciais; Transdutores.

RESUMO

Esta pesquisa, desenvolvida no contexto do @manna_team — uma rede de pesquisa, desenvolvimento, inovação e difusão científica — aborda os desafios de captação e análise de potenciais elétricos gerados pela contração muscular. O **Manna Mio!** é um eletromiógrafo de superfície projetado para aplicações científicas, cuja implementação seguiu as seguintes etapas: (i) amplificação inicial com AD620; (ii) filtragem passa-faixa baseada em topologia de múltiplas realimentações (Bessel) usando TL072/TL074; (iii) integração do sinal com TL072/TL074; (iv) retificação ativa com TL072/TL074; e (v) amplificação final/envelope. Ensaios em simulação indicaram ganho adequado, banda de interesse preservada e obtenção de um sinal contínuo proporcional ao nível de ativação muscular.

INTRODUÇÃO

A eletromiografia é uma técnica utilizada para analisar a atividade elétrica em músculos esqueléticos durante sua contração. Por meio de eletrodos de superfície, capturam-se sinais de baixa amplitude (tipicamente dezenas de μV a poucos mV) que refletem o comportamento neuromuscular. Após condicionamento analógico — amplificação, filtragem, retificação e integração — esses sinais podem ser utilizados como entradas para sistemas eletrônicos/digitais, apoiar avaliações clínicas e monitorar evolução terapêutica. O **Manna Mio!** busca uma solução acessível e robusta de EMG de superfície com foco em ensino, pesquisa e prototipagem de aplicações biomédicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Arquitetura geral: eletrodos de superfície → proteção/condicionamento de entrada → amplificador de instrumentação (AD620) → filtro passa-faixa 4ª ordem (Bessel, TL072/TL074) → integrador → retificador ativo → estágio de ganho final/envelope → saída.

Sensoriamento e proteção: eletrodos de superfície com resistores de série de 1 kΩ nas entradas para limitar correntes de fuga e reduzir interferências. Referência comum (“terra” de paciente) conforme boas práticas de bancada.

Amplificação inicial (AD620): ganho definido por $G = ((49,9\text{k}\Omega/R_g) + 1)$ Usou-se $R_g \approx 15\text{k}\Omega$ (ganho $\approx 4,3$) como pré-condicionamento, mitigando saturação nas etapas seguintes; o ganho total é distribuído ao longo da cadeia.

Filtragem passa-faixa (TL072/TL074): topologia de múltiplas realimentações (Bessel), 4ª ordem em dois estágios, ganho total $\approx 40\text{ dB}$ ($\times 100$), frequência central próxima de 260 Hz, priorizando fase mais linear e menor distorção da forma de onda.

Integração e retificação: integrador (TL072/TL074) para suavizar as oscilações rápidas e gerar um envelope proporcional à intensidade muscular; retificação ativa para conversão AC-DC com baixa perda (uso de Schottky 1N5818 quando necessário), melhorando a precisão do envelope.

Amplificação final / saída: ajuste fino do nível do envelope para visualização em osciloscópio/monitor ou aquisição por DAQ/microcontrolador.

Validação: devido a avaria no AD620, a validação foi conduzida em simulação (LTspice), avaliando ganho, resposta em frequência e fidelidade do envelope.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados em simulação mostraram: (i) pré-amplificação suficiente sem saturação; (ii) resposta passa-faixa coerente com o projeto (pico em torno de 260 Hz, atenuação fora da banda); (iii) envelope DC proporcional à amplitude do EMG sintetizado; (iv) boa rejeição a ruído fora da banda de interesse. A escolha de resposta Bessel reduziu distorções de fase, favorecendo análise temporal do sinal. A etapa de retificação ativa com apoio de diodos Schottky minimizou perdas e melhorou a linearidade do envelope em baixos níveis de sinal.

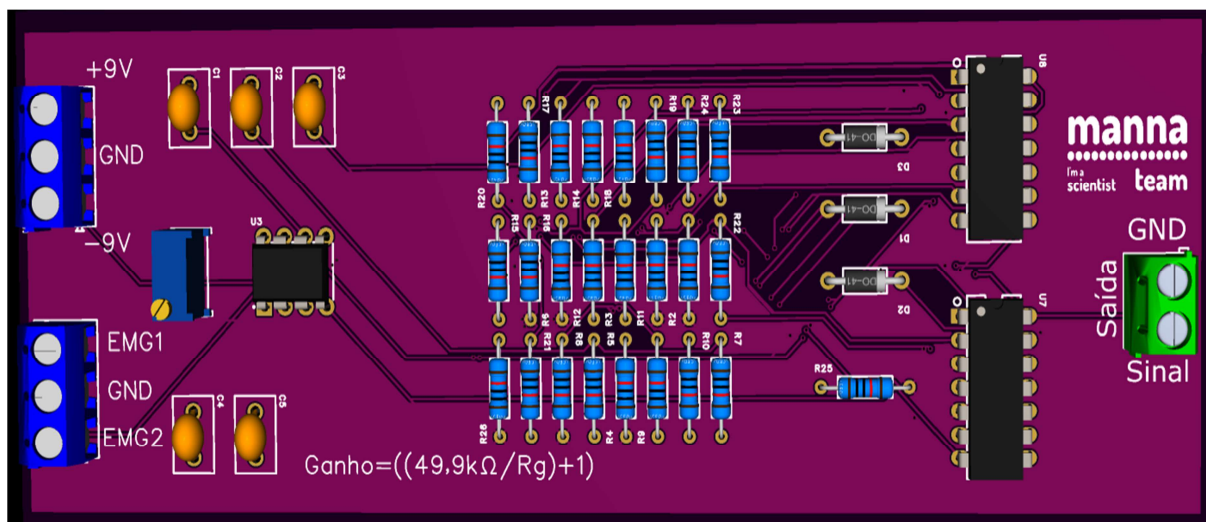


Figura 1 – Design Final da PCB do Manna Mio!(Fonte: Autor, 2025)

CONCLUSÕES

O **Manna Mio!** Apresentou, em ambiente de simulação, desempenho consistente com os requisitos de um EMG de superfície: ganho distribuído para evitar saturação, preservação da banda de interesse com resposta de fase favorável, envelope DC estável e passível de integração com sistemas de aquisição/visualização. Como próximos passos, propõem-se: desenvolvimento da placa PCB com componentes SMDs para a aplicação e estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao @manna_team, a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ARIDARMA, A.; ASTAMI, K.; SOEGIJOKO, S.; KOITER, T. *Design and Implementation of 4-Channel Microcontroller-Based Electromyograph*. Bandung: School of Electrical Engineering and Informatics, Institut Teknologi Bandung, 2018.
- BARBOSA, G. V. D.; SANTOS, J. R. T.; DAMIÃO, L. J. S. et al. Abordagem sobre o projeto de amplificadores de biopotenciais. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 90097-90116, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-427>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- BUTTON, V. L. S. N. *Apostila de Eletromiografia*. Campinas: UNICAMP, 2002.
- PALUMBO, A.; VIZZA, P.; CALABRESE, B.; IELPO, N. Biopotential Signal Monitoring Systems in Rehabilitation: A Review. *Sensors*, v. 21, p. 7172, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21217172>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- SILVA, I. A. R. *Projeto e construção de um sistema de baixo custo com múltiplos canais para aquisição de sinais mioelétricos*. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2020.
- VREELAND, R. W.; SUTHERLAND, D. H.; DORSAT, J. J. et al. A Three-Channel Electromyograph with Synchronized Slow-Motion Photography. *IRE Transactions on Bio-Medical Electronics*, 1960.