

MODELAGEM DE UM POTENCIOSTATO PARA UTILIZAÇÃO EM SENSORES VESTÍVEIS

Subtítulo (quando houver)

Orientadora Sankofa: Daniela Carolina Ernst

Autora: Brena Marques Ribeiro

*Orientadores USP: Laís Canniatti Brazuca e
Alberto Cliquet Junior*

Co-autor: Weverton Samuel Alves,

INTRODUÇÃO

Neste artigo, será discutido o desenvolvimento da simulação necessária para a construção de um potenciostato portátil, responsável por medir as respostas dos biossensores vestíveis. Será abordada a instrumentação eletrônica necessária para controlar e medir as tensões e correntes elétricas aplicadas/medidas nos eletrodos de uma célula eletroquímica. A proposta é desenvolver a simulação de um potenciostato de baixo custo e pequeno porte, capaz de ser utilizado para captar respostas de biossensores colocados na pele das pessoas, em óculos, protetor bucal entre outros. Com este feito, auxiliaria desde o monitoramento da saúde até diagnósticos médicos mais acessíveis e práticos. Assim, ao longo deste artigo será discutido sobre o desenvolvimento do potenciostato, a importância do mesmo e objetivo futuros.

APORTE TEÓRICO

A importância do potenciostato é notória em diversas áreas do conhecimento. O desenvolvimento de versões compactas e acessíveis desse equipamento garante uma maior abrangência em diferentes campos de aplicação como na área alimentícia e de saúde. A busca por melhor desempenho aliado a características como portabilidade e custo reduzido tem sido objeto de estudo ao longo dos anos. Entre os repertórios teóricos mobilizados na construção dos conceitos e análises a serem realizadas ao longo da pesquisa, estão as contribuições das seguintes autores: Karnpimon Krarakai (2021) e Allan Cantasini (2019), onde ambos abordam a importância da construção de um potenciostato de baixo custo e com grande robustez para diferentes aplicações. Uma vez que oferece muitas vantagens como alta sensibilidade e seletividade, detecção rápida e pequeno volume de amostra. (Huang, L,2021).

PROBLEMA E HIPÓTESE DE PESQUISA

Para este estudo o potenciostato irá receber uma diferença de -1V a 1V, tendo uma característica voltamétrica cíclica, esses valores foram definidos com base a substância principal que será coletada pelo sensor, que nesse caso é o suor, juntamente com os químicos responsáveis por analisar a substância foi definido que essa diferença de potencial será o suficiente para atuação do potenciostato. O problema a ser solucionado é conseguir desenvolver a modelagem de um potenciostato de baixo custo e pequeno porte que atenda às especificações anteriores citadas.

Assim, tem-se como objetivo desenvolver uma simulação do potenciostato visando ter baixo custo, alta precisão, ter a possibilidade de ser portátil e que consiga atuar nessa diferença de potencial (somente nesta diferença de potencial), o que difere dos dispositivos atualmente no mercado, pois normalmente têm alto custo para adquirir e não são pequenos, sendo inviável de utilizá-los em sensores vestíveis.

METODOLOGIA

O objetivo deste estudo é desenvolver e simular um potenciostato para medição de respostas eletroquímicas. Para alcançar esse propósito, faremos uso do software Tinkercad e o LTSpice devido a capacidade de modelagem de circuitos eletrônicos, permitindo a inclusão de componentes como amplificadores operacionais, eletrodos, fontes de tensão, multímetros, entre outros. Levaremos em consideração a faixa de diferença de potencial mencionada anteriormente (-1V a 1V) para modelar o circuito e calcular os ganhos.

RESULTADOS E ANÁLISE

Analisando o desempenho do potenciostato em termos de sua capacidade de controlar a diferença de potencial entre os eletrodos. Os resultados mostraram que ele foi capaz de manter uma diferença de potencial dentro da faixa especificada de -1V a 1V em diferentes condições de carga e descarga. Essa simulação foi feita no LTSpice, onde os resultados são exibidos nas Figuras 1 e 2.

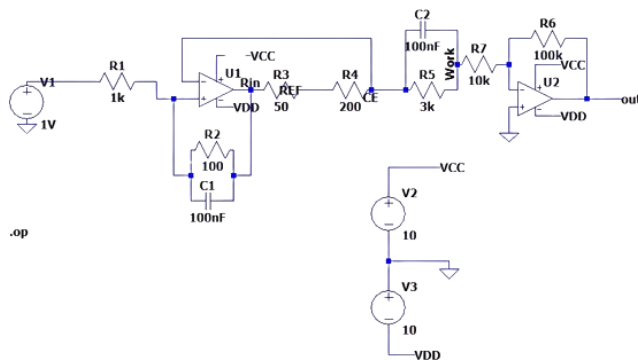


FIGURA 1: Modelagem do Circuito Eletrônico do Potenciostato.

--- Operating Point ---

V(n002):	1	voltage	Entrada
V(rin):	1.26189	voltage	
V(vcc):	10	voltage	
V(vdd):	-10	voltage	
V(ce):	1.23808	voltage	
V(n003):	1.23808	voltage	
V(ref):	1.25713	voltage	
V(work):	0.952372	voltage	Tensão de Entrada (Vin)
V(out):	-9.52361	voltage	Tensão de Saída (Vout)
V(n001):	9.57381e-06	voltage	
I(C1):	2.38084e-21	device_current	
I(C2):	-2.85709e-20	device_current	
I(R1):	0.000238082	device_current	
I(R2):	0.000238084	device_current	
I(R3):	-9.52387e-05	device_current	
I(R4):	-9.52387e-05	device_current	
I(R5):	-9.52362e-05	device_current	
I(R6):	-9.52362e-05	device_current	
I(R7):	-9.52362e-05	device_current	
I(V1):	0.000238082	device_current	
I(V2):	-0.00143324	device_current	
I(V3):	-0.00119508	device_current	
Ix(u1:1):	2.47616e-09	subckt_current	
Ix(u1:2):	2.47616e-09	subckt_current	
Ix(u1:3):	0.00117209	subckt_current	
Ix(u1:4):	-0.000838784	subckt_current	
Ix(u1:5):	-0.000333323	subckt_current	
Ix(u2:1):	0	subckt_current	
Ix(u2:2):	1.91476e-14	subckt_current	
Ix(u2:3):	0.000261152	subckt_current	
Ix(u2:4):	-0.000356292	subckt_current	
Ix(u2:5):	9.52362e-05	subckt_current	

FIGURA 2: Valores de Operação do Modelo.

Nessa primeira análise no LTSpice, busca-se realizar uma modelagem teórica do circuito eletrônico, visando entender a reação do potenciostato sob diferentes condições de maneira precisa e eficaz. Com base nos dados obtidos, a próxima etapa de simulação é no Tinkercad, um ambiente virtual que permite a integração da biblioteca do Arduino na montagem do circuito. Essa abordagem nos proporcionou uma simulação mais próxima do modelo real que será implementado, garantindo uma maior fidelidade ao contexto prático, essa segunda parte esta representada na Figura 3.

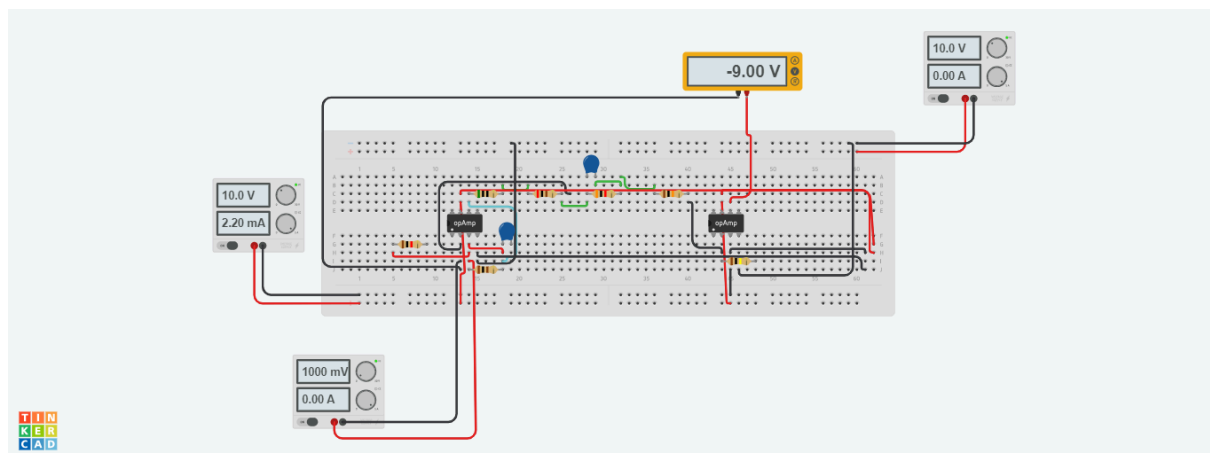


FIGURA 3: Simulação no Tinkercad do Potenciostato.

No Tinkercad, foi feita a simulação do *hardware* com a biblioteca de Arduino, aproximando ainda mais a simulação do ambiente real de implementação. Com essa abordagem combinada, é possível passar para a construção e testagem do potenciostato de maneira prática com mais precisão, sabendo que nas duas simulações os resultados coincidiram, trazendo mais confiabilidade para a montagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi simulado a construção de um potenciostato portátil com o propósito de medir as respostas de sensores vestíveis. Inicialmente, foi feita uma análise teórica detalhada do circuito no LTspice, com o objetivo de compreender seu comportamento em diferentes condições. Posteriormente, no Tinkercad, utilizando a biblioteca do Arduino foi feita uma representação mais fiel do ambiente real de implementação.

Ao longo deste processo, foi avaliado o desempenho do potenciostato e sua capacidade de resposta em diversas situações. Com base nesses resultados, conclui-se que é viável a construção de um potenciostato de baixo custo e dimensões reduzidas para ser utilizado com sensores vestíveis. A simulação realizada demonstrou-se eficaz e precisa, criando as condições para a próxima etapa do projeto: a montagem do potenciostato e a realização de testes com as substâncias coletadas pelos sensores.

REFERÊNCIAS

KRORAKAI, KARNPIMON, SUPANNIKA KLANGPHUKHIEW, SIRINAN KULCHAT, AND RINA PATRAMANON. 2021. "Smartphone-Based NFC Potentiostat for Wireless Electrochemical Sensing" *Applied Sciences* 11, no. 1: 392. <https://doi.org/10.3390/app11010392>.

CANTASINI, Allan et al. DESENVOLVIMENTO DE UM MINI POTENCIOSTATO PARA ANÁLISES VOLTAMÉTRICAS E AMPEROMÉTRICAS. 2019..

CANTASINI, A. DESENVOLVIMENTO DE UM MINI POTENCIOSTATO PARA ANÁLISES VOLTAMÉTRICAS E AMPEROMÉTRICAS. *repositorio.ifgoiano.edu.br*, 28 jun. 2019.

BEZUIDENHOUT, P.; SMITH, S.; JOUBERT, T.-H. Um potenciostato baseado em papel impresso em jato de tinta de baixo custo. Apl. Ciência. 2018.

HUANG, Y.; XU, J.; LIU, J.; WANG, X.; CHEN, B. Detecção relacionada a doenças com biossensores eletroquímicos: uma revisão. Sensores 2017.

Informações do(a)s autor(a)(es)

Nome: Brena Marques Ribeiro

Afiliação institucional: USP

E-mail: brena.marques@usp.br

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9415361727267284>

Mini-Bio (até 05 linhas): Brena Marques Ribeiro é uma graduanda pela USP em Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas de Energia, e também possui formação técnica em Informática. Seu interesse reside em melhorar a vida das pessoas por meio da integração de engenharia e tecnologia, buscando soluções inovadoras para os desafios contemporâneos.

Nome: Weverton Samuel Alves

Afiliação institucional: USP

E-mail: weverton.alves@usp.br

Mini-Bio (até 05 linhas): Aluno de Engenharia da Computação, nascido e criado em Piracicaba sempre apaixonado por tecnologia e por desenvolvimento, segue o caminho da ciência e da verdade para construir sua visão de um mundo melhor.

Nome: *Alberto Cliquet Junior*

Afiliação institucional: Universidade de São Paulo USP

E-mail: cliquet@usp.br

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8359645467844836>

Mini-Bio: PROF. TITULAR Depto.ORTOPEDIA REUMATOLOGIA E TRAUMATOLOGIA, Fac. de Ciências Médicas-UNICAMP (conc púb 2003) e PROF. TITULAR Depto.ENG.ELÉTRICA/COMPUTAÇÃO-USP (conc púb1998).Coordena Ambulatório Reabilitação Raquimedular HC-UNICAMP,Restauração Marcha Para/Tetraplegia,Estimulação Neural.

Nome: *Lais Canniatti Brazaca*

Afiliação institucional: Universidade de São Paulo USP

E-mail: lais.brazaca@usp.br

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1371611060573377>

Mini-Bio: Física Biomolecular formada pelo Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC/USP) em 2012 e Licenciada em Física pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2020. Atualmente é Professora Doutora no Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP). Possui experiência no

desenvolvimento de imunossensores, biossensores enzimáticos e baseados em ácidos nucleicos, além da construção de dispositivos microfluídicos e de eletrodos e em nanotecnologia.

Nome: Daniela Carolina Ernst

Afiliação institucional: Universidade de São Paulo USP

E-mail: daniela.ernst@usp.br

ORCID (se houver): <https://orcid.org/0000-0002-6462-2867>

Link Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9242615865609151>

Mini-Bio: Licenciada em Ciências Biológicas, onde desenvolveu pesquisa sobre o currículo integrado na modalidade PROEJA, permanência e êxito dentro dos Institutos Federais. Especialista em Análises Clínicas e Toxicológicas, Microbiologia avançada e Biotecnologia. Mestre em Ensino de Ciências. Doutoranda em Ciência pelo programa de Humanidades, Direitos e Outras Legitimidades FFLCH. Orientadora no Coletivo Itéramãxe. Atualmente pesquisa decoloniedades na formação de professores e currículos de graduação.