

## Estudo, análise, simulação e aprimoramento de circuitos de um sistema de aquisição de eletroglotografia

### Study, analysis, simulation and circuit improvement of an electroglottography acquisition system

#### RESUMO

O presente estudo caracteriza-se por aproveitar um sistema de aquisição de eletroglotografia (EGG), realizado em um trabalho prévio feito pelos autores, para aprimorá-lo por meio de simulações e consulta a materiais bibliográficos. São apresentadas simulações dos circuitos que compõem o sistema e considerações a respeito dos resultados. O projeto, como um todo, visa empregar a EGG na avaliação da deglutição de alimentos, especificamente por ruminantes. A proposta é colaborar para prosperar mais os estudos envolvendo eletroglotografia, especialmente relacionado a experimentos com animais no estudo do comportamento ingestivo, de modo a aprimorar as técnicas de manejo de forma a resultar em um aumento na produção animal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletroglotografia. Comportamento ingestivo. Sistema microcontrolado.

**Eduardo André Kosinski Fonseca**  
[edu\\_f97@outlook.com](mailto:edu_f97@outlook.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Fábio Luiz Bertotti**  
[bertotti@utfpr.edu.br](mailto:bertotti@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**,Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

The focus of this work is the improvement of an electroglottography (EGG) acquisition system, made in a previous work done by the authors, through simulations and research on bibliographic materials. Simulations of the circuits, that are part of the system, and considerations regarding the results are presented. The whole project aims to employ EGG in the evaluation of food swallowing, specifically in ruminants. The proposal is to collaborate to further studies involving electroglottography, especially related to animal experiments in the study of ingestive behavior, in order to improve management techniques to result in an increase in animal production.

**KEYWORDS:** Electroglottography. Ingestive behavior. Embedded System.

## INTRODUÇÃO

A eletroglotografia (EGG) caracteriza-se por ser um método não-invasivo, indolor e eficaz no monitoramento e registro da atividade elétrica das fibras musculares durante as contrações e distensões (WIETHAN, 2018) (RIEBOLD, 2016). Em decorrência disso, ela é uma técnica que tem sido amplamente utilizada em estudos fonológicos para monitorar os movimentos das cordas vocais durante a fonação (FAROOQ, 2014), para citar um exemplo. Entretanto, a EGG não se limita a essa atividade, podendo ser aplicada na avaliação da deglutição de alimentos por animais, como no caso do projeto ao qual esse trabalho se aplica.

O interesse pelo estudo do comportamento ingestivo dos ruminantes tem como objetivos: observar as implicações da quantidade e da qualidade nutritiva de forragens sobre o comportamento ingestivo; estabelecer a relação entre comportamento ingestivo e consumo voluntário; e avaliar o impacto dos benefícios oriundos da análise do comportamento ingestivo no aperfeiçoamento das técnicas de manejo e, conseqüentemente, no aumento da produção animal (ALBRIGHT, 1993).

Esse trabalho propõe utilizar um sistema de aquisição de EGG, desenvolvido previamente pelos autores, a fim de aprimorar os circuitos que compõem o sistema, de modo a obter resultados mais confiáveis na aquisição de sinais a serem feitas no futuro (FONSECA, 2018).

## METODOLOGIA

O princípio de funcionamento do sistema de aquisição dos sinais de EGG se dá por meio de eletrodos fixados nos músculos relacionados à deglutição e de um sistema para a aquisição e registro dos sinais.

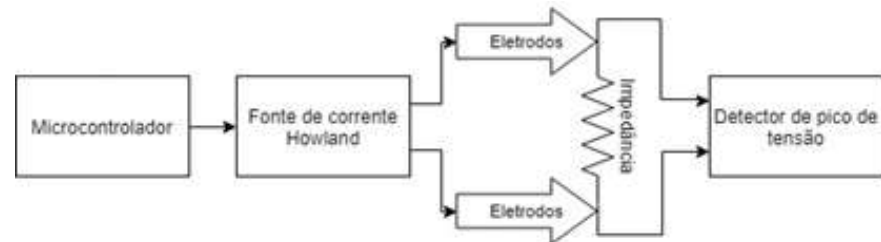
A partir do desenvolvimento de um *firmware* para um microcontrolador, um gerador de forma de onda é programado e, assim, é capaz de gerar um sinal senoidal, o qual é ligado na entrada da fonte de corrente Howland (BERTEMES-FILHO, 2013). Desse modo, obtém-se um sinal de corrente senoidal na ordem de microampères, de modo que seja inofensiva para o animal, com frequência variável de acordo com o gerador de forma de onda, ou seja, a frequência pode ser alterada de acordo com o *firmware* implementado no microcontrolador.

A corrente proveniente da fonte Howland passa pelo pescoço do animal, por meio dos eletrodos. O sinal de tensão adquirido nos eletrodos vai para um detector de pico, o qual fornece uma tensão CC (Corrente Contínua) correspondente ao pico do sinal, para que o microcontrolador realize a aquisição, obtendo assim a variação do módulo da impedância na região muscular de interesse. Dessa forma, é possível correlacionar essa grandeza com a atividade de deglutição. (FONSECA, 2018).

Na Figura 1 é possível observar um diagrama de bloco que ilustra as partes do sistema de aquisição de sinais de eletroglotografia.

O microcontrolador em questão é o MSP430G2553 do kit MSP430 *Launch Pad* da *Texas Instruments*®. A Figura 2 apresenta uma imagem da Placa de Circuito Impresso (PCI) dos circuitos auxiliares conectada ao kit do microcontrolador, que compõem o sistema de aquisição desenvolvido.

Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema



Fonte: Autoria própria (2018).

O aprimoramento almejado do sistema foi buscado por meio de melhorias nos dois circuitos auxiliares, a fonte de corrente Howland e o detector de pico de tensão. Ambos foram simulados separadamente no *software* TINA fornecido pela empresa *Texas Instruments*<sup>®</sup>, após uma revisão bibliográfica.

Figura 2 – PCI do sistema de aquisição conectada ao kit MSP430



Fonte: Autoria própria (2019).

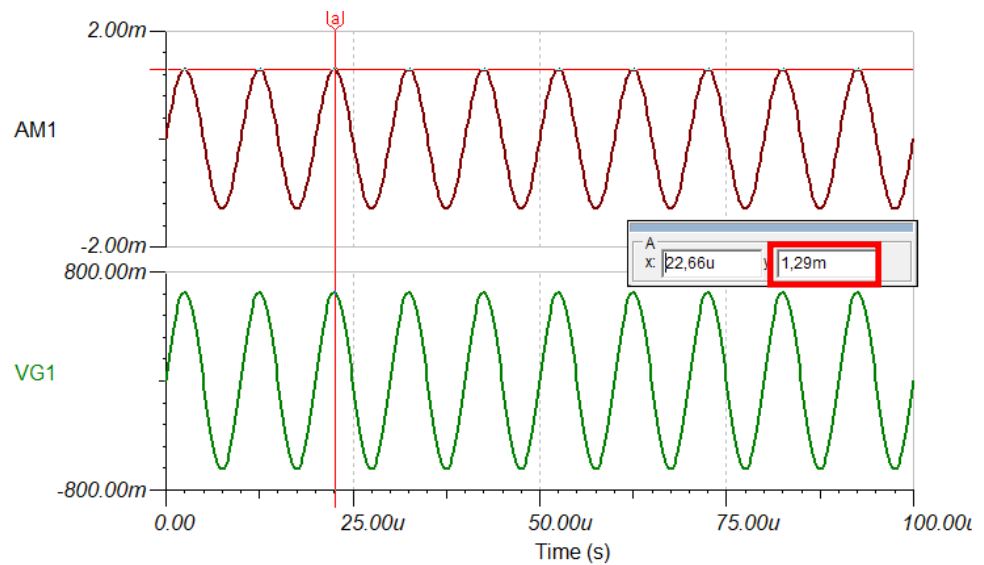
Com as simulações apresentando respostas coerentes e desejadas para os circuitos propostos, foi possível atualizar o *layout* da PCI a partir do esquemático anterior.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O circuito da fonte de corrente Howland não necessitava de tanto aprimoramento quanto o detector de pico, que não apresentou resultados tão satisfatórios no projeto inicial. O método e os parâmetros de projeto da fonte de corrente Howland foram obtidos a partir de Bertemes-Filho (2013). As modificações feitas no circuito foram no sentido de aumentar a corrente de saída para  $1,3\text{ mA}$ , de modo a obter um valor de tensão maior na saída e conseqüentemente, diminuindo os efeitos de ruídos no sinal.

Na simulação, que pode ser observada na Figura 3, a resposta deu-se como esperado, adquirindo-se o valor de corrente almejado por meio da alteração dos valores dos resistores no circuito.

Figura 3 - Corrente de saída e tensão de entrada da fonte de corrente Howland

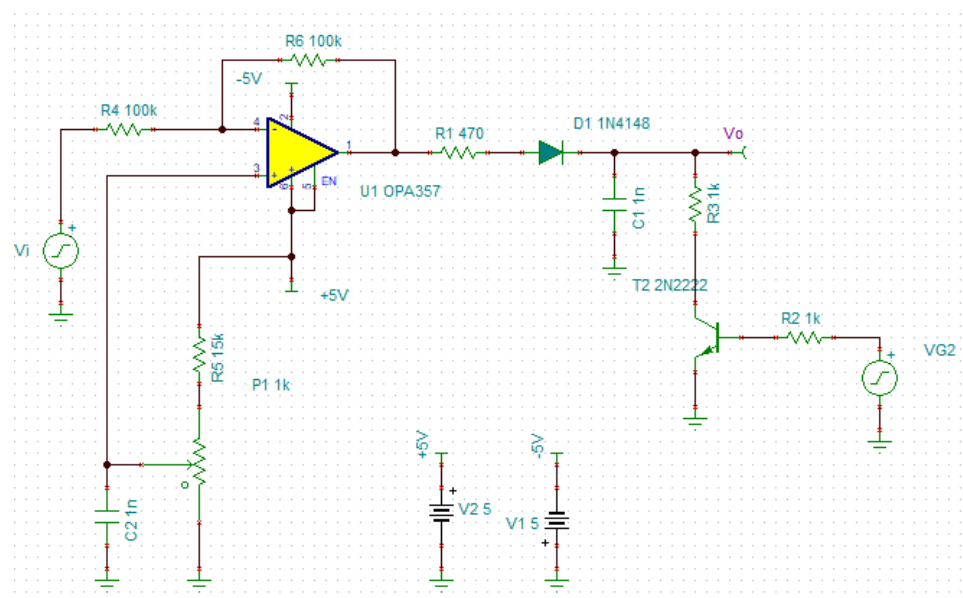


Fonte: Autoria própria (2019)

O resultado obtido na simulação, como pode ser observado na Figura 3, é uma corrente senoidal com pico de aproximadamente 1,3 mA.

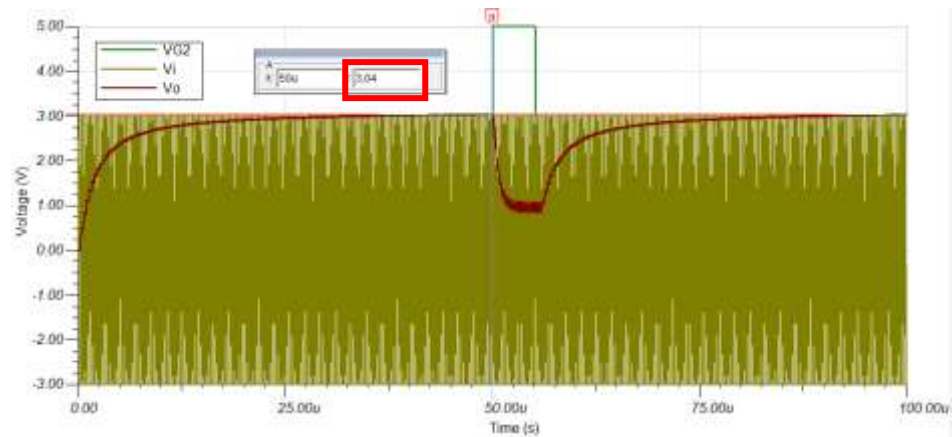
O circuito detector de pico aprimorado também foi simulado por meio do programa TINA, como pode ser observado na Figura 4. Na Figura 5 pode ser analisado a resposta do circuito na simulação. Ao contrário do circuito prévio, cuja resposta em simulação pode ser observada na Figura 6, esse consegue manter-se mais estabilizado, devido ao *reset* provocado pelo transistor.

Figura 4 – Detector de pico de tensão na simulação



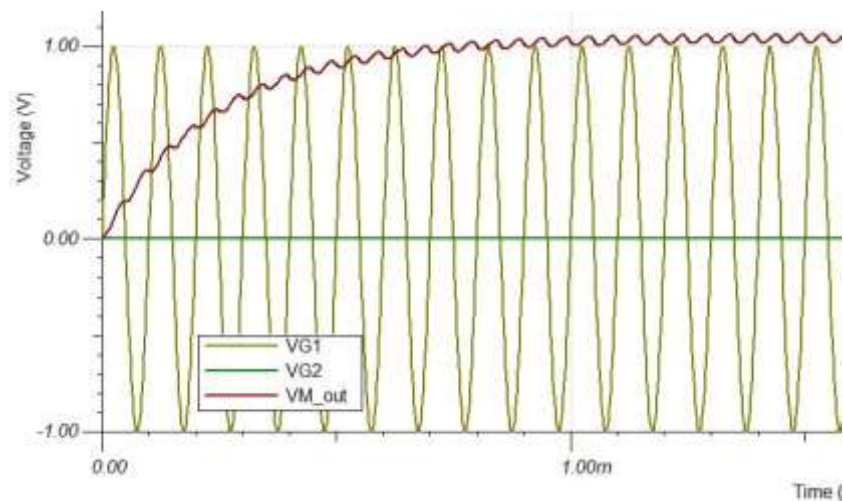
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 5 – Formas de onda dos sinais de entrada e saída do circuito detector de pico aprimorado em simulação



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 6 – Formas de onda dos sinais de entrada e saída do circuito detector de pico da versão anterior em simulação



Fonte: Autoria própria (2018).

As respostas dos dois circuitos analisados podem ser consideradas satisfatórias, sendo que a fonte de corrente Howland apresenta um comportamento mais previsível, e por isso sua implementação anterior não precisou de muitas alterações, e o detector de pico de tensão que precisou ser reformulado a fim de obter uma resposta mais precisa. Logo, a etapa subsequente incide em implementar esses circuitos fisicamente em uma nova PCI e averiguar se os resultados são condizentes com as simulações.

## CONCLUSÕES

As simulações, tendo apresentado resultados coerentes e desejados, permitirão que a implementação prática da manufatura da nova PCI seja realizada com maior afirmação.

Por meio desse artigo almeja-se contribuir para o enriquecimento dos assuntos envolvendo eletroglotografia, especialmente envolvendo experimentos com animais no estudo do comportamento ingestivo.

Na elaboração desse trabalho foi possível agregar ainda mais conhecimentos relacionados à eletrônica ao estudar e analisar mais a fundo os circuitos do sistema a fim de agregar melhorias nos seus resultados e, principalmente, aprofundar mais os conhecimentos sobre eletroglotografia, aquisição de sinais, comportamento ingestivo de ruminantes e demais assuntos envolvidos.

### REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, J.L. Nutrition and feeding calves: Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.2, p.485-498, 1993.

BERTEMES-FILHO, A. FELIPE and V. VINCENCE, High Accurate Howland Current Source: Output Constraints Analysis. *Circuits and Systems*, Vol. 4 No. 7, 2013, pp. 451-458. doi: 10.4236/cs.2013.47059.

FAROOQ, Muhammad et al. A novel approach for food intake detection using electroglottography. *Physiological measurement* 35 5 (2014): 739-51.

FONSECA, E. A. K.; BERTOTTI, F. L. Estudo e desenvolvimento de um sistema de aquisição de sinais de eletroglotografia para avaliação do comportamento ingestivo de ruminantes. 2018.

LANGHAMMER, Lukas; JERABEK, Jan. Precision Full-Wave Rectifiers with Current Active Elements and Current Biasing. *International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems*. 2. 10.11601/ijates.v2i2.48, 2013.

RIEBOLD B, NAHRSTAEDT H, SCHULTHEISS C, SEIDL RO, SCHAUER T. Multisensor Classification System for Triggering FES in Order to Support Voluntary Swallowing. *European Journal of Translational Myology*. 2016; 26(4):6224. doi:10.4081/ejtm.2016.6224.

SARVAIYA, Jignesh; C. PANDEY, Prem; K. PANDEY, Vinod. An Impedance Detector for Glottography. *IETE Journal of Research*. 55. 10.4103/0377-2063.54892, 2009

WIETHAN, Fernanda et al. The use of electroglottography, electromyography, spectrography and ultrasound in speech research - theoretical review. *Rev. CEFAC [online]*. 2015, vol.17, suppl.1 [cited 2018-06-24], pp.115-125.