

## Estudo e análise de sistemas multicanais

## Study and analysis of multichannel systems

### RESUMO

Neste trabalho o estudo e análise de sistemas multicanal será abordado pelo estudo de sistema eletromiográfico. A eletromiografia é o estudo da função muscular através da observação dos sinais elétricos emitidos pelos músculos. O sinal eletromiográfico pode ser adquirido por um aparelho chamado eletromiógrafo que converte a atividade elétrica do músculo em formato de um registro gráfico. A aquisição de sinal eletromiográfico pode se beneficiar empregando sistemas multicanal com tecnologia digital, pois proporciona: maior quantidade de informação relevante a ser analisada, fácil armazenamento e processamento. Desta forma, este projeto propõem o desenvolvimento de módulos para aquisição de sinal eletromiográfico, permitindo a aquisição do sinal de até oito canais. Cada canal deverá conter uma placa de circuito impresso para condicionamento do sinal e conversão para formato digital. Um módulo servidor terá a finalidade de gerenciar a coleta dos dados com os canais e encaminhá-los através da rede TCP/IP para um *host* remoto, preferencialmente através de rede WI-FI de maneira a proporcionar ao usuário flexibilidade no manuseio. Para coleta e exibição dos dados será desenvolvido um programa de interface gráfica. Como resultado, deseja-se obter um sistema flexível e de alta precisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletromiografia. Multicanal. Músculo.

### ABSTRACT

In this work the study and analysis of multichannel systems will be approached by the study of electromyographic system. Electromyography is the study of muscle function by observing the electrical signals emitted by the muscles. The electromyographic signal can be acquired by a device called an electromyograph that converts the electrical activity of the muscle into a graphic record format. Electromyographic signal acquisition can benefit by employing digital technology multichannel systems because it provides: greater amount of relevant information to analyze, easy storage and processing. Thus, this project proposes the development of modules for electromyographic signal acquisition, allowing the signal acquisition of up to eight channels. Each channel shall contain a printed circuit board for signal conditioning and conversion to digital format. A server module will have the purpose of managing the data collection with the channels and forwards them through the TCP/IP network to a remote host, preferably through WI-FI network in order to give the user flexibility in the handling. For data collection and display, a graphical interface program will be developed. As a result, a flexible and high precision system is desired.

**KEYWORDS:** Electromyography. Multichannel. Muscle.

**José Wallas Clemente Estevam**  
[wallas@outlook.com](mailto:wallas@outlook.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Prof. Dr. Alberto Yoshihiro Nakano**  
[nakano@utfpr.edu.br](mailto:nakano@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Prof. Dr. Felipe Walter Dafico Pfrimer**  
[pfrimer@utfpr.edu.br](mailto:pfrimer@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

## INTRODUÇÃO

A eletromiografia é definida como o estudo da função muscular através da observação do estímulo elétrico presente nos músculos (BASMAJIAN; LUCA, 1985). As técnicas de observação consistem na utilização de eletrodos conectados ao instrumento chamado de eletromiógrafo.

O sinal no músculo é originado quando os neurônios motores enviam impulsos para as fibras musculares, e cada fibra gera um potencial de ação resultando na contração. A unidade fundamental do sinal eletromiográfico é constituído através da soma dos potenciais individuais das fibras na região dos eletrodos.

A aquisição do sinal eletromiográfico pode ser feita utilizando eletrodos na superfície da pele. Uma configuração comumente utilizada é a bipolar, que consiste na utilização de dois eletrodos na superfície de detecção e um eletrodo de referência. No entanto, o sinal bipolar é de valor limitado para fins de diagnóstico, uma vez que contém pouca informação sobre o nível de unidades de concentração única. Isso pode ser resolvido empregando sistemas multicanal com tecnologia digital, resultando em uma cobertura maior do músculo. O aumento do número canais adiciona informações espaciais que são independentes da informação temporal no sinal (BLOK et al., 2002).

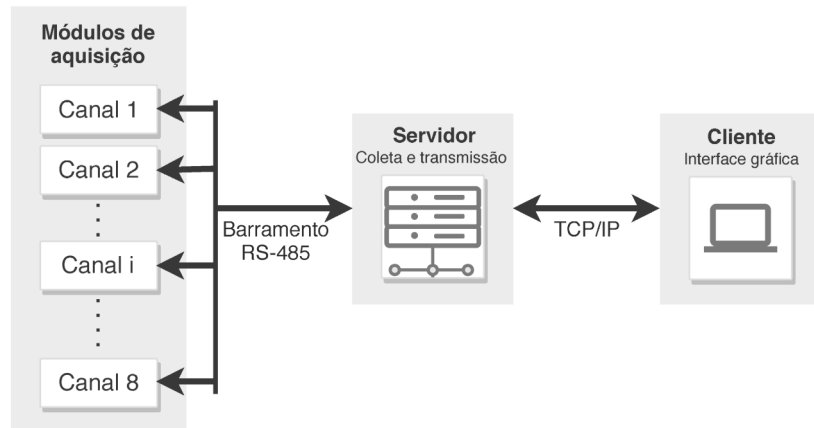
Este trabalho propõe o desenvolvimento de módulos para aquisição de sinal eletromiográfico no contexto do estudo e análise de sistema multicanal. Os módulos devem conter o processo de detecção, condicionamento e digitalização do sinal. Devem disponibilizar os dados em um barramento formando um sistema multicanal, tornando possível a aquisição de dados com até oito canais. Um módulo servidor terá a finalidade de coletar dos dados e encaminhá-los, através de uma rede local TCP/IP (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol* - Protocolo de controle de transmissão/ Protocolo de internet), para um *host* remoto que terá um programa de interface gráfica para visualização e armazenamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O funcionamento do sistema na totalidade consiste em módulos de aquisição, um servidor para requisição, coleta e transmissão de dados e um programa de interface gráfica, como pode ser visto na Figura 1. O módulo de aquisição (Figura 2), também chamado neste trabalho de canal, representa um sistema DAQ (*Data Acquisition* - Aquisição de dados) completo, pois deve detectar, preparar o sinal para conversão ao formato digital e, em seguida, transmitir os dados no barramento para um servidor (TEXAS, 2015). Esse servidor consiste em um SBC (*Single Board Computer* - Computador de placa única), por exemplo Raspberry Pi (RASPBERRY, 2019), que tem a finalidade de coletar, aguardar requisições e realizar a transmissão dos dados para o cliente através de uma rede local TCP/IP. Esse cliente, por sua vez, é um computador que deve

possuir o programa de interface gráfica apropriada para exibição e armazenamento dos dados para o usuário final.

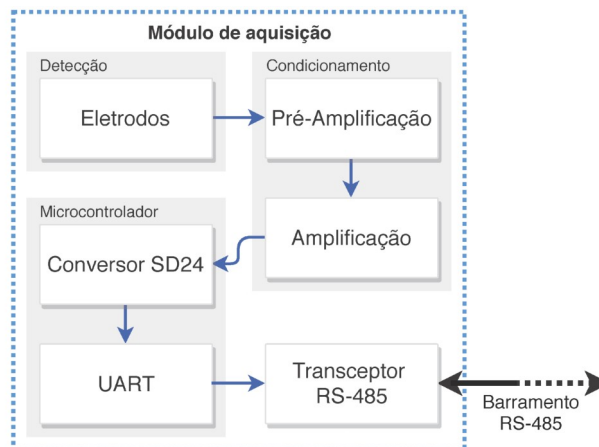
Figura 1 - Visão geral do sistema



Fonte: Autoria própria

O padrão de comunicação RS-485 é caracterizado por possibilitar a construção de uma rede de comunicação simples, proporcionando transmissão de dados com alta velocidade em longas distâncias sob condições de ruído (TEXAS, 2008). Com base nessas características, o RS-485 deve ser adotado para barramento de dados entre os módulos de aquisição e o SBC.

Figura 2 – Módulo de aquisição



Fonte: Autoria própria

A intenção é que os módulos de aquisição e o SBC proporcione mobilidade para o usuário durante seu manuseio, já que deve ser usado em pessoas nas mais diversas situações: levantamento de peso, corrida, caminhada, dentre outras. Para isso, é necessário que não exista a necessidade de fios de transmissão de dados para um computador e, muito menos, fios de alimentação na rede elétrica. Isso deve ser resolvido com a utilização de redes WI-FI (*Wireless Fidelity* - Fidelidade sem fio) e com o emprego de bateria recarregável de 5 V.

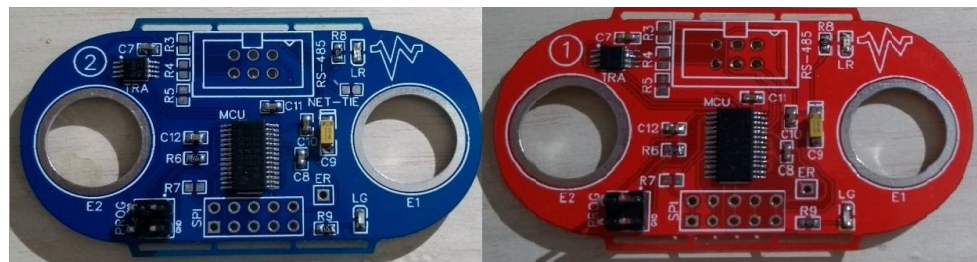
É previsto a utilização de até oito canais no barramento. Portanto, um protocolo de comunicação deve ser implementado para correta troca de dados entre os dispositivos.

Para validação será utilizado um gerador de sinal eletromiográfico desenvolvido por Martins (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As PCBs (*Printed circuit board* - Placa de circuito impresso) dos módulos de aquisição podem ser vistas na Figura 3. Na confecção foram utilizados componentes SMD (*Surface mounting device* - Componente para montagem em superfície), sendo eles: amplificadores operacionais OPA335AID e THS4531; microcontrolador MSP430i2041; regulador de tensão MCP1700; transceptor RS-485 SN65HVD75DGKR; referência de tensão MCP1525; resistores e capacitores no tamanho 0603.

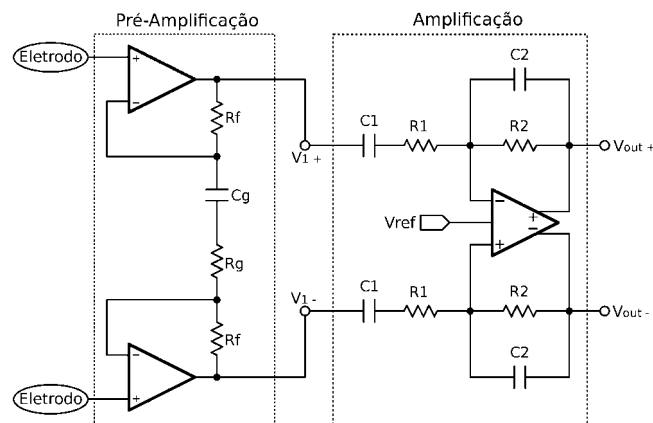
Figura 3 – Módulos de aquisição



Fonte: Autoria própria

O circuito (Figura 4) foi projetado para atender a faixa de leitura do conversor A/D (análogo digital) do microcontrolador que, segundo o fabricante, é de 1,2 V. Dessa forma, considerando uma amplitude máxima de 4 mV para o sinal eletromiográfico, o ganho total do circuito de condicionamento é de 300.

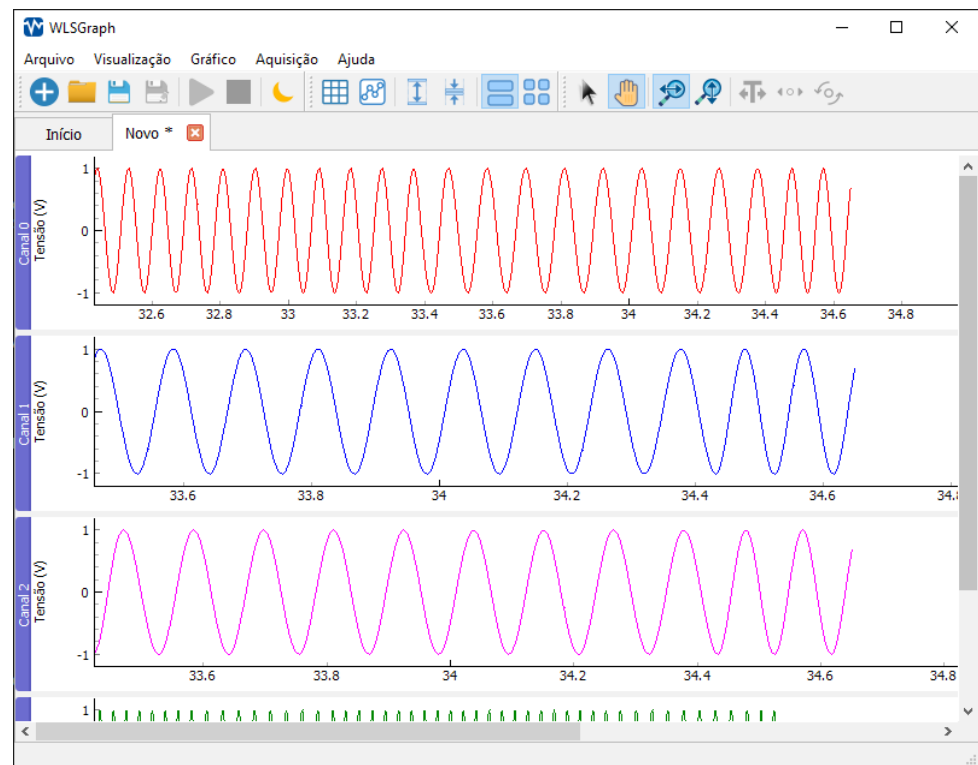
Figura 4 – Circuito para módulo de aquisição sendo que  $R_f$ ,  $R_g$ ,  $C_g$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R_1$  e  $R_2$  são projetados de acordo com a necessidade do projeto.



Fonte: Autoria própria

O *software* de interface gráfica escrita na linguagem Python (PYTHON, 2019), realiza a exibição e o armazenamento dos dados em tempo real; possibilita ao usuário salvar os dados recebidos para análise futura; permite a exibição de até oito gráficos, sendo que cada gráfico corresponde a um canal; utiliza o protocolo rede TCP/IP para recepção dos dados, aumentando sua flexibilidade; é modulável, pois proporciona a adição de outros protocolos de comunicação. O programa pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Interface gráfica



Fonte: Autoria própria

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados simulados e experimentais pôde ser feita a análise e caracterização para aquisição do sinal eletromiográfico a fim validar seu funcionamento utilizando-se de sistemas multicanal.

Com um sistema multicanal é possível realizar a análise de dados das grandezas observáveis em problemas práticos de engenharia.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Araucária FA – Paraná/Brasil.

## REFERÊNCIAS

BLOK, J. H. et al. A high-density multichannel surface electromyography system for the characterization of single motor units. *Review of Scientific Instruments*, v. 73, p.1887–1897, 04 2002.

BASMAJIAN, J.; LUCA, C. D. *Muscles alive - 5ed.* Baltimore, MD, USA: Williams and Wilkins, 1985. Disponível em: <<https://www.delucafoundation.org/about/carlo/bibliography/#books>>. Acesso em: 20 Jul 2019.

TEXAS, I. I. *Principles of Data Acquisition and Conversion.* 2015. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/an/sbaa051a/sbaa051a.pdf>>. Acesso em: 20 Jul 2019.

RASPBERRY, P. Raspberry Pi Foundation. 2019. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: 20 Jul 2019.

TEXAS, I. I. *Interface Circuits for TIA/EIA-485 (RS-485).* 2008. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/an/slla036d/slla036d.pdf>>. Acesso em: 20 Jul 2019.

PYTHON, S. F. Python Software Foundation. 2019. Disponível em: <<https://www.python.org/>>. Acesso em: 20 Jul 2019.

MARTINS, G. T. *Desenvolvimento de um Dispositivo Eletromiógrafo Portátil.* 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia Eletrônica), UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Brazil).