

## SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS BIOMÉDICOS: MÓDULO DIDÁTICO DE ELETROCARDIOGRAMA

Diego Menegazzi<sup>1</sup>

**Resumo:** O estudo desenvolvido neste trabalho enseja um protótipo didático, projetado para a medição dos biopotenciais, através de procedimentos de aquisição e processamento de sinais fisiológicos, convergindo à preocupação para a medição de sinais de Eletrocardiograma (ECG). A medição dos sinais biopotenciais é realizada pela tensão gerada por nervos e músculos, tais medições envolvem níveis de tensão muito baixos, por conseguinte, são utilizados amplificadores e filtros passa-altas e passa-baixas para que esses sinais não sejam susceptíveis a interferência, evitando inequívocos efeitos de ruído presente no ambiente eletromagnético. As medições coletadas analogicamente são convertidas em digitais pelo *firmware* no módulo microcontrolador, as enviando em tempo real, via *bluetooth*, para o *software* supervisor. O trabalho visa viabilizar estudos de acadêmicos das áreas da saúde e engenharias, abrangendo a visão dos processos envolvidos e dos elementos necessários para a aquisição e processamento de sinais fisiológicos de forma didática, propondo, um método diferencial em relação aos sistemas comerciais disponíveis no mercado.

**Palavras-chave:** Eletrocardiograma, Biopotenciais, Fisiológicos.

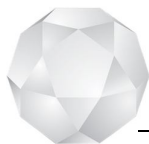
### 1 INTRODUÇÃO

Instrumentação biomédica é uma das quatro principais linhas de pesquisa da Engenharia Biomédica que se refere ao estudo, projeto e desenvolvimento de dispositivos e equipamentos biomédicos, o qual está diretamente vinculado a este trabalho. Nesta linha de pesquisa, são projetados dispositivos para necessidades específicas das áreas da saúde, como, monitoramento de parâmetros fisiológicos, saturação do oxigênio no sangue, pressão sanguínea e de biopotenciais de Eletrocardiograma (ECG), Eletroencefalograma (EEG), Eletromiograma (EMG), Eletroóculograma (EOG) e afins.

O Eletrocardiograma é utilizado para avaliar a atividade elétrica do coração, registrando variações do potencial elétrico do músculo cardíaco em atividade por meio de um aparelho denominado, eletrocardiógrafo (NÄHR, 2007). O eletrocardiógrafo é um galvanômetro, aparelho que mede diferença entre dois pontos, o qual afere pequenas intensidades de corrente coletadas através de eletrodos (GANONG, 2003). Desta forma, antes de sua análise, são utilizados filtros ativos para realizar o pré-processamento dos pronunciados efeitos de ruído e interferências sobrepostas. Estes ruídos são oriundos

---

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia de Computação - UNOESC. E-mail: omenegazzi@gmail.com.



principalmente da presença de outros equipamentos próximos ao Eletrocardiograma e ao movimento dos músculos do paciente (RATHKE, 2008).

O trabalho em epígrafe visa projetar um protótipo de um dispositivo de aquisição de sinais, realizada através de eletrodos fixados na pele do paciente, atuando como sensores. Os amplificadores de instrumentação destinados a medir tais sinais, fornecem uma amplificação seletiva do sinal fisiológico, a fim de garantir a proteção contra possíveis ruídos (NETTER, 2000).

Posteriormente os dados são capturados, convertidos em digitais e enviados ao *software*, ficando disponível para a visualização e processamento. A diferença entre os sistemas comerciais e o projeto proposto, é em relação às configurações de filtro e como os dados são disponibilizados pelo *software*. No dispositivo proposto, o usuário pode escolher o valor da amplificação e quais filtros desejam utilizar na aquisição dos sinais, bem como, acompanhar todo o processo envolvido na captura e filtragem em tempo real, sendo possível, uma visão abrangente do que está envolvido na aquisição de sinais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto é composto por sensores, por amplificadores, filtros analógicos, por um dispositivo microcontrolador que realiza a conversão analógica/digital dos sinais de eletrocardiograma, os transmitindo via *bluetooth* ao *software*, onde exibe graficamente as informações coletadas em tempo real, conforme diagrama apresentando na Figura 1.



Figura 1: Diagrama do projeto desenvolvido.  
Fonte: O autor.

A diferença entre os sistemas comerciais e o projeto desenvolvido é em relação às configurações de filtro e como os dados são disponibilizados pelo *software* ao usuário. No dispositivo proposto o usuário pode escolher o ganho na amplificação do sinal e quais filtros desejam utilizar na aquisição dos sinais, sendo possível realizar alterações no *hardware* como mostra a Figura 2, bem como, acompanhar todo o processo envolvido na captura e filtragem dos sinais em tempo real.

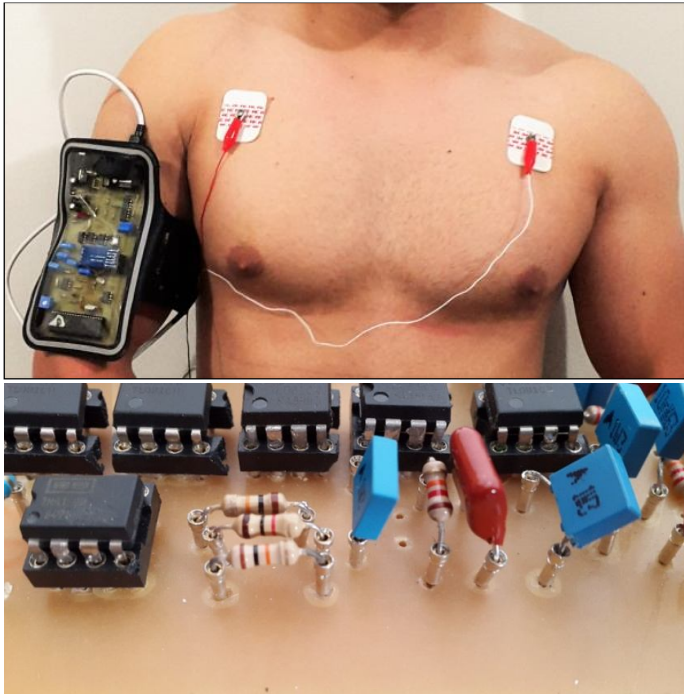
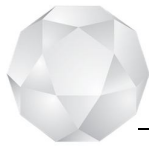


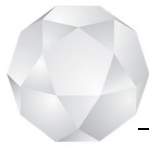
Figura 2: Placa confeccionada que possibilita troca de componentes.  
Fonte: O autor.

Esse diferencial permite ter uma visão abrangente do que está envolvido em uma aquisição de sinais, diferente dos equipamentos comerciais que são literalmente “fechados”, sem a possibilidade de modificar tais parâmetros.

O sinal do ECG adquirido pelo eletrodo varia entre 0 a 5mV, por ser tratar de um sinal de baixa amplitude é utilizado para dar um ganho ao sinal o amplificador de instrumentação (PERTENCE, 2003). O amplificador de instrumentação INA 129, possui ganho ajustável que pode variar de 1 até 10.000 vezes, apenas alterando o resistor de ganho (ADUR, 2008). Na Equação (1), foi utilizado um resistor de 220Ω, para tal resultado obteve um ganho de 228 vezes no sinal de entrada.

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{RG} \rightarrow 1 + \frac{50000\Omega}{220\Omega} \rightarrow 1 + 227,27 \rightarrow 228,27 \quad (1)$$

Depois de amplificados, os sinais são filtrados, através dos filtros passa-altas e passa-baixas. O filtro passa-altas, representado na Figura 3, permite passar as frequências



acima da frequência de corte, eliminando as frequências abaixo dela (NOCETI, 2003). O filtro passa-altas implementado, é de quarta ordem, com frequência de corte ( $f_c$ ) em 0,5 Hz, tal frequência é apresentada na Equação (2).

$$f_c = \frac{1}{2\pi.R.C} \quad (2)$$

Onde:

$R = 1500000$  equivale ao valor da resistência;

$C =$  valor da capacitância, sendo  $220 \times 10^{-9}$ .

O circuito é composto por resistores  $R_1$ ,  $R_2$  de 1,5 Mohms, capacitores  $C_1$ ,  $C_2$  de 220nF e por um amplificador operacional TL081.

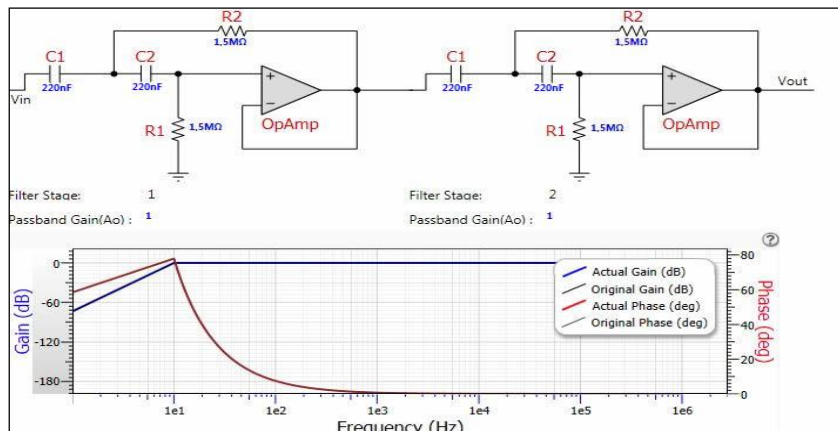


Figura 3: Filtro Passa-Altas de quarta ordem.

Fonte: O autor.

O filtro passa-baixas, representado na Figura 4, é de quarta ordem, utilizou-se também, a Equação (2) para encontrar a frequência de corte ( $f_c$ ) ideal, onde o resultado obtido foi 40 Hz, adotando o valor de 18000 para resistência ( $R$ ) e  $220 \times 10^{-9}$  para capacitância ( $C$ ).

O circuito é formado pelos resistores  $R_1$ ,  $R_2$  de 18 Kohms, capacitores  $C_1$ ,  $C_2$  de 220 nF e por um amplificador operacional TL081.

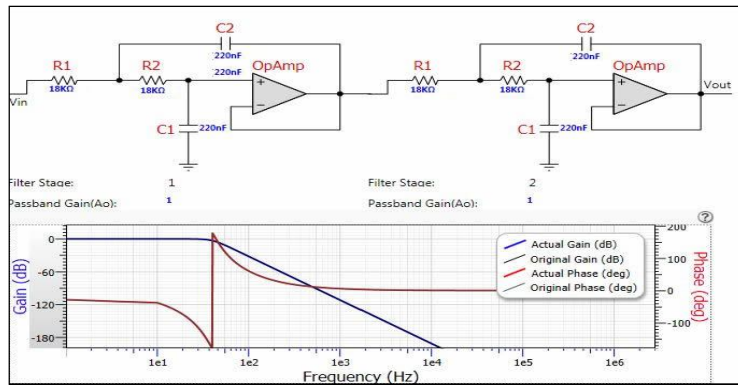
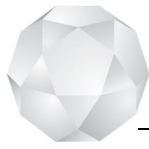


Figura 4: Filtro Passa-Baixas de quarta ordem.  
Fonte: O autor.

Para a eliminação da mais comum interferência encontrada em sinais biomédicos, a da rede elétrica em 60 Hz e auferir qualidade sem alterar a frequência do corte foram utilizados o filtro notch, onde sua frequência de corte foi encontrada através da Equação (2), onde:

- $f_c = 0,4825$  Hz e corresponde a frequência de corte;
- $R = 12 \times 10^{-7}$ , sendo o valor da resistência;
- $C = 22000$  equivale ao valor da capacitância.

A Figura 5 mostra o esquemático do circuito, onde o  $V_{in}$  é a entrada do sinal e  $V_{out}$  é a saída, o  $C_0$  é o capacitor de 220nF, o  $R_Q$  é um resistor de 330k e o  $R_0$  é um resistor de 12k.

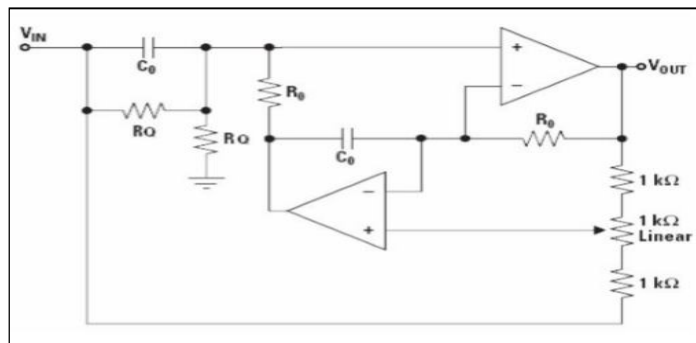
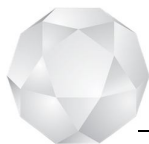


Figura 5: Esquemático filtro Notch.  
Fonte: O autor.



Após a captura, amplificação e condicionamento dos sinais, o microcontrolador PIC16F877A da MICROCHIP, realiza a conversão analógico-digital do sinal, onde apresenta uma resolução 10 bits (PERES, 2000), sendo que, após a conversão é enviado ao supervisor via *bluetooth* realizando a comunicação com o *software* de visualização gráfica em tempo real.

### 3 RESULTADOS

Os resultados obtidos foram satisfatórios. Nos testes iniciais foi utilizado o gerador de função, aparelho responsável por gerar frequências para verificar se o circuito desenvolvido estava funcionando. Foi gerado uma frequência baixa e o mesmo sinal foi amplificado, nos filtros passa-baixas, passa-altas e Notch, sendo possível retirar o ruído existente do sinal. Depois foi realizado o teste utilizando eletrodos fixos na pele, foi possível visualizar esse procedimento no osciloscópio como mostra a Figura 6.

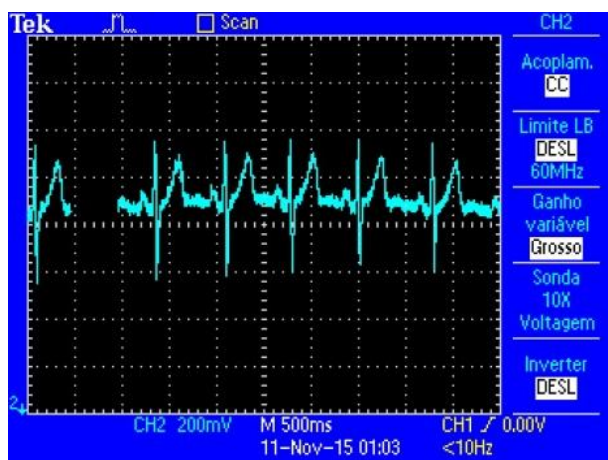
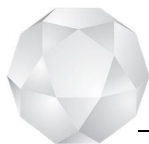


Figura 6: Sinal do ECG do osciloscópio.  
Fonte: O autor.

Posteriormente aos testes realizados no osciloscópio, o sinal de saída do filtro Notch entra na porta analógica do microcontrolador onde é realizada a conversão para digital. Nesse processo, o microcontrolador envia o sinal pela porta TX e RX ao módulo *bluetooth*, o mesmo é responsável por empacotar os dados e enviar para supervisor que está aguardando o sinal. Na Figura 7 pode ser observado algumas etapas utilizando o *software*, podemos observar que na etapa 1, o sinal é enviado apenas utilizando o amplificador de instrumentação, na etapa 2, o sinal usando o filtro passa-baixas, na etapa 3, o sinal usando o



filtro passa-altas, causando uma melhora evidente e na etapa 4, o sinal final, utilizando o filtro Notch. É possível através destas etapas, visualizar que o sinal vai melhorando a medida que os filtros vão sendo aplicados, ficando ao critério do usuário estar modificando o *hardware* apenas com a troca de componentes do dispositivo, assim conseguindo visualizar o que pode ser melhorado, tornando assim notável, que o sistema é didático e pode ser utilizado por qualquer pessoa. Isso permite a interação direta com o dispositivo, sendo um diferencial pelo fato do seu tamanho compacto, permitindo que o usuário se locomova enquanto o utiliza.

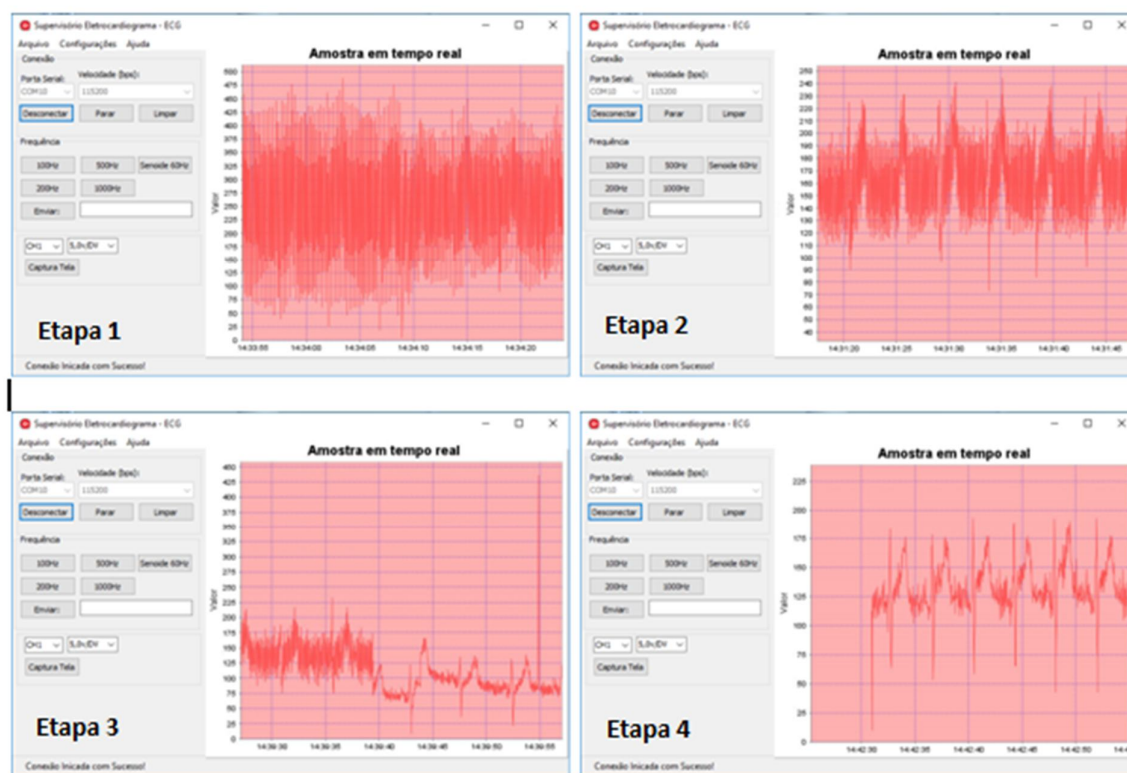
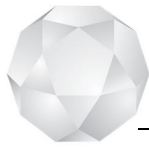


Figura 7: Software de Visualização do Sinal adquirido da placa didática.  
Fonte: O autor.

## 4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um dispositivo de aquisição de sinais de eletrocardiograma, viabilizando a integração entre *hardware* e *software*, visando alavancar pesquisas nas diferentes áreas de conhecimento da educação, engenharia e saúde, as quais envolvam aquisição de sinais fisiológicos para fins didáticos e de pesquisa.



## REFERÊNCIAS

- ADUR, Robson. **Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos: módulo didático de eletroencefalograma**. 2008. 137 f. Monografia - Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- GANONG, W.F. **Review of medical physiology**. San Francisco: Mc Graw-hill, 2003. 912 p.
- NÄHR, Martin. **Aquisição de eletrocardiograma com processador digital de sinais**. 2007. 108 f. Monografia - Centro Universitário FEEVALE. 2007.
- NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- NOCETI, S. F. **Filtros seletores de sinais**. Florianópolis: UFSC, 2003.
- PERES, Adriano; BARBI, Ivo. **Uma nova família de inversores com comutação suave empregando a técnica de grampeamento ativo**, 2000. 162 f. Tese (Doutorado). Centro Tecnológico - Universidade Federal De Santa Catarina. 2000.
- PERTENCE, A. J. **Eletrônica Analógica: Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003. 302 p.
- RATHKE, E. Juliano. **Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos: Módulos Didáticos de ECG, EMG, EOG e Conversão Analógico-Digital de Biosinais**, 2008. 176 f. Monografia - Universidade Federal De Santa Catarina. 2008.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao professor Geovani Rodrigo Scolaro, pelos ensinamentos e dedicação no auxílio para o desenvolvimento do trabalho, a Universidade do Oeste de Santa Catarina pela oportunidade de estar desenvolvendo o projeto dentro de seus laboratórios e também a FUMDES – Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior pela bolsa de pesquisa ao projeto.