

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS CARDÍACOS UTILIZANDO CONCEITOS DE INTERNET DAS COISAS

Henrique Yudi Tomioka¹; José Roberto Marques²; Alessandro Pereira da Silva³.

1. Estudante do curso de Engenharia Elétrica; e-mail: henriqueyudi2112@gmail.com
2. Professor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: jroberto@umc.br
3. Professor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: alessandrops@umc.br

Área de conhecimento: Processamento de sinais biológicos

Palavras-chave: ECG, Microcontroladores, Internet das Coisas

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que mais de 17,9 milhões de pessoas morreram em 2016, por conta de doenças cardiovasculares, sendo ela a principal causa de mortes. Este número representa cerca de 31% em relação ao total de mortes que acontece no mundo (WHO, 2017). A atividade elétrica do coração está associada aos fenômenos fisiológicos do músculo cardíaco, podendo assim refletir na saúde deste músculo. Cada grupo de suas cavidades, possui uma onda cardíaca específica, podendo ser visualizada na representação do sinal de ECG (HAMPTON, 2013). Os estímulos elétricos que percorrem o coração são captados através de eletrodos dispostos em lugares específicos do corpo humano. Em virtude do baixo custo e alto desempenho, sistemas de monitoramento móveis que utilizam microcontroladores (SPANÒ, PASCOLI, IANNACCONE, 2016). Posto isto, a integração de técnicas de Internet das Coisas (IoT), vem sendo cada vez mais utilizados para uso no diagnóstico destas doenças.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquisição de sinais cardíacos utilizando Internet das Coisas (IoT). Como objetivo específico, tem se a utilização do microcontrolador ESP32 para amostrar e processar o sinal de ECG. Além do armazenamento do sinal cardíaco num banco de dados MySQL, e sua visualização a partir de gráficos.

METODOLOGIA

A aquisição do sinal de eletrocardiograma (ECG) foi feita através de três eletrodos conectados sobre a superfície corporal. Para isto, dois eletrodos são colocados no braço direito e esquerdo, e o último servindo como referência, colocado na perna direita, de forma a obedecer ao triângulo de Einthoven. Este tipo de arranjo dos eletrodos resulta no registro da atividade elétrica presente entre os dois membros, que segundo convenções, é o "lead I". O sinal proveniente dos eletrodos passará pelo processo de digitalização a partir de um conversor analógico-digital (ADC). Após a digitalização, é necessário remover ruídos de alta frequência presentes, devido às interferências eletromagnéticas provocadas principalmente pela rede elétrica. Para isso, implementou-se de um filtro digital do tipo passa baixas, com frequência de corte de 60 Hz. A equação abaixo é a função de transferência do filtro.

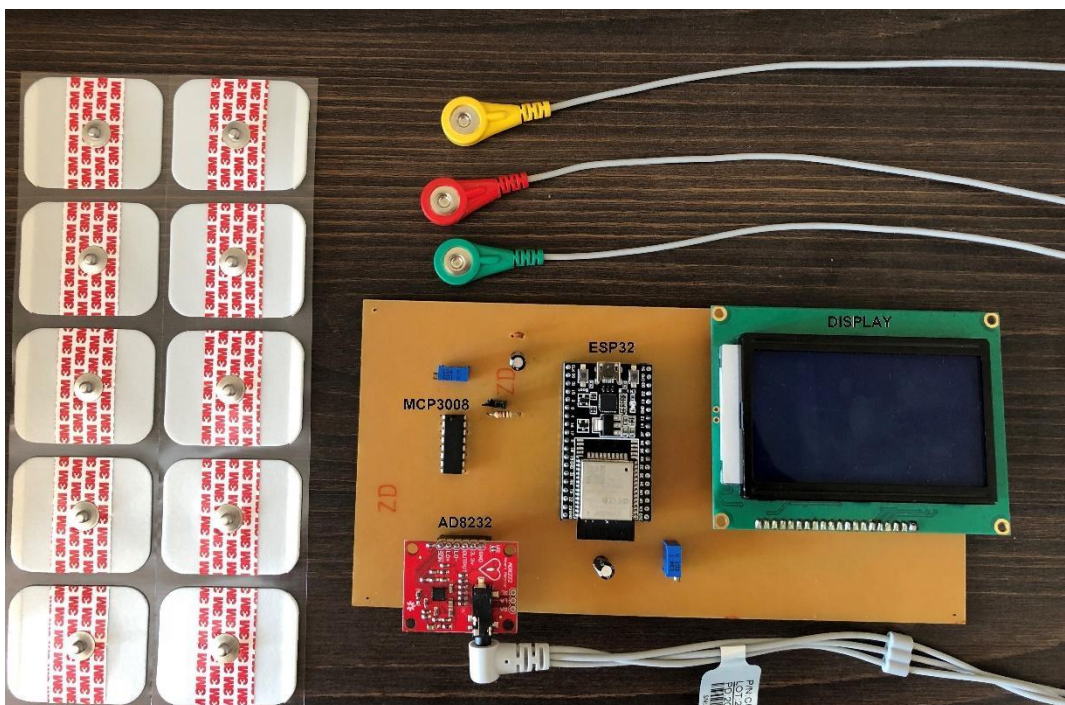
$$H(z) = \frac{0,12 (1 + z^{-1})}{1 - 0,76 z^{-1}}$$

Obter a frequência cardíaca (FC) é um aspecto primordial para verificação do ECG. A FC é obtida através da medição entre os intervalos R-R. Para obter cada intervalo R-R presente no sinal medido, é necessária a implementação de uma sub-rotina no algoritmo que seja capaz de detectar cada posição pico do complexo QRS dentro do sinal amostrado. Uma adaptação do método de detecção do complexo QRS, proposto por *Pan-Tompkins*, foi utilizada. A metodologia adotada por estes autores é eficaz, pois apesar do sinal cardíaco eventualmente dispor de ruídos indesejados, ainda é possível obter os intervalos R-R de forma acurada (PAN, TOMPKINS, 1985). O intervalo R-R é a diferença algébrica entre os picos do complexo QRS atual e anterior. Com o intuito de transmitir o sinal de ECG para o banco de dados, foi necessário utilizar o ESP32 como um Web Servidor. Um endereço URL específico está vinculado ao vetor do sinal de ECG processado. Havendo uma requisição para este endereço, o protocolo irá retornar uma página web/arquivo, contendo os valores presentes neste vetor. Um código em *PHP* faz a requisição no servidor do ESP32, assim como a inserção de dados no banco de dados *MySQL*.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

Como protótipo do sistema de aquisição, foi desenvolvida uma placa de circuito impresso, mostrada na Figura 1.

Figura 1: Sistema de aquisição desenvolvido; os eletrodos ao lado



A remoção e atenuação dos ruídos presentes no sinal cardíaco foram os maiores empecilhos encontrados neste projeto. Para efetuar a coleta do sinal, de maneira eficiente, foi necessário implementar diferentes técnicas. Além do filtro digital, capacitores eletrolítico e cerâmico foram utilizados, sendo colocados em paralelo com a alimentação do sistema, e a referência. Ambos evitam que certos ruídos, com diferentes faixas de frequência, adentrem o sistema de alimentação, que consequentemente, irá afetar a aquisição do sinal de ECG, já que qualquer interferência pode ocasionar flutuações neste tipo de sinal. Para realizar a coleta do eletrocardiograma, foi necessário um preparo geral de maneira a minimizar possíveis falhas. Limpeza do local do posicionamento dos eletrodos, utilização de roupas de algodão,

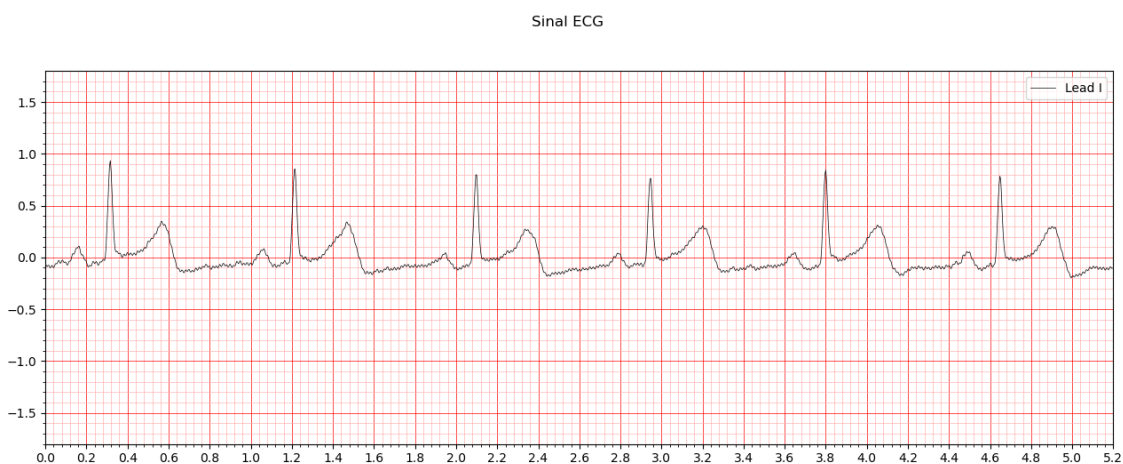
desligamento de eletrônicos ao redor e isolamento do local, são exemplos dos procedimentos adotados. Além disso, foi essencial suspender todo o corpo do chão, caso contrário, o AD8232 não é capaz de ler o sinal dos eletrodos.

Figura 2: Display cardíaco em tempo real implementado



De modo a visualizar o sinal de ECG que está sendo processado, foi implementado um display LCD com 128x64 pixels. O display mostra um ciclo cardíaco presente na coleta, assim como a frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm) do indivíduo no momento. É importante ressaltar que, os sinais cardíacos utilizados neste projeto, são do próprio autor. A Figura 2 ilustra o funcionamento do display no momento da coleta. O ECG disposto na Figura 3 é uma parte do sinal cardíaco coletado, referente a aproximadamente 5 segundos. Este traçado está normalizado, e no padrão adotado para representação do ECG, onde o eixo horizontal se constitui do tempo. Cada quadrado mais largo representa 200 milissegundos.

Figura 3: Sinal armazenado no banco de dados



O *Python*, foi uma ferramenta de grande importância para visualização do sinal cardíaco. Com ele, foi possível criar gráficos semelhantes aos padrões de um ECG, podendo facilitar análises adotada por especialistas. Um aspecto de relevância deste projeto foi seu custo geral. Os custos gerados se baseiam somente no *hardware* do sistema. Os *softwares* utilizados são todos *open-source*, ou seja, não possuem nenhum custo. Em geral, ferramentas desta natureza possuem uma grande comunidade que dão suporte para quem está buscando aprender. Contudo, a partir de um baixo investimento inicial, é possível desenvolver um sistema de aquisição com armazenamento remoto, um dos pilares para um sistema com Internet das Coisas (IoT).

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de ferramentas de alto desempenho para aquisição do sinal de ECG, utilizando armazenamento remoto, é de grande importância para que, análises mais superficiais ocorram mais frequência, podendo assim, refletir no melhor bem-estar das pessoas mais necessitadas.

O protótipo desenvolvido neste projeto provou ser eficaz para coleta, processamento e armazenando do sinal cardíaco. Trabalhos futuros exigirão uma fundamentação no quesito de computação em nuvem, assim como na utilização de ferramentas de desenvolvimento web.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAMPTON, John R. **The ECG Made Easy**. 8 ed. Londres: Churchill Livingstone, 2013.

PAN, Jiapu; TOMPKINS, Willis J. A Real-Time QRS Detection Algorithm. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. bme-32, n. 3, P. 230-236, março de 1985.

SARKAR, Dwipjoy; CHOWDHURY, Atanu. **Low cost and efficient ECG measurement system using PIC18F4550 microcontroller**. 2015 International Conference on Electronic Design, Computer Networks & Automated Verification (EDCAV), p. 6-11. Jan. 2015.

SPANÒ, Elisa; PASCOLI, Stefano Di; IANNACCONE, Giuseppe. Low-Power Wearable ECG Monitoring System for Multiple-Patient Remote Monitoring. **IEEE Sensors Journal**, v. 16, n. 13, p. 5452-5462. Jun. 2016.

WHO - World Health Organization. **Cardiovascular Diseases (CVDs)**. 17 de maio de 2017. Disponível em: Acesso em: 05 out. 2020.