

LEITOR DE ATIVIDADE CARDÍACA INTEGRADO A UM DISPOSITIVO MÓVEL

REGIS G. VIEIRA¹, FABIO S. MIRANDA², IVANDO S. DINIZ³, WESLEY A. SOUZA⁴

¹ Pós-graduando em Engenharia Elétrica, Unesp ICTS, regis.vieira@unesp.br

² Graduado em Engenharia de Controle e Automação, Unesp ICTS, fabio.sardela@unesp.br

³ Professor Assistente Doutor, Unesp ICTS, ivando.diniz@unesp.br

⁴ Pesquisador de Pós-doutorado em Ciência da Computação, UFSCar Sorocaba, wesleyangelino@ieee.org

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.13.01.01-0 Processamento de Sinais Biológicos

Apresentado no
4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma ferramenta capaz de proporcionar a avaliação dos sinais elétricos cardíacos e prover um breve diagnóstico na tela de um dispositivo móvel (smartphone). A metodologia envolve a pesquisa e aplicação de diversos conhecimentos necessários para o sucesso do projeto. Para isto, foi necessária a aplicação de um módulo para aquisição dos sinais elétricos cardíacos (AD8232), que tem comunicação analógica com o módulo ESP32, o qual tem características semelhantes ao Arduino, porém mais robusto e moderno. Por sua vez, o microcontrolador é responsável pelo processamento dos dados adquiridos e por fazer a comunicação via bluetooth com o dispositivo móvel. Por fim, foi também desenvolvido no ambiente App Inventor - disponibilizado pelo MIT - uma aplicação para dispositivos Android, que é responsável por fazer a interface gráfica com os possíveis usuários e disponibilizar todas as informações acerca da saúde do paciente, semelhante a um eletrocardiograma tradicional. Por meio deste estudo podemos observar a crescente integração entre áreas da medicina e saúde com a Engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: eletrocardiograma; aquisição e processamento de sinais; esp32; ad8232; ecg; bluetooth.

HEART ACTIVITY READER INTEGRATED TO A MOBILE DEVICE

ABSTRACT: This article aims to develop a valuable tool to provide the evaluation of heart signals and could provide the cardiac diagnostic in a screen of a mobile device (smartphone). A methodology involves research and an application necessary for the success of the project. This is a data request modeling application that can be translated into the ESP32 module, which has the same features than Arduino, but more modern and robust. In this manner, the microcontroller is responsible for processing the data acquisition and for communication via Bluetooth with the mobile device. For this reason, App Inventor — made by MIT — a development ide for Android devices was equally developed, which is responsible for making the graphical interface with users and providing all patient health information, similar to a traditional electrocardiogram. Through this study, it is possible to integrate the areas of medicine and health with Control and Automation Engineering.

KEYWORDS: electrocardiogram; signal acquisition and processing; esp32; ad8232; ecg; bluetooth

INTRODUÇÃO

O coração humano é, sem dúvida, um dos órgãos mais importantes, sendo essencial para a sobrevivência de um indivíduo. Trata-se de um órgão muscular, que atua como uma bomba contrátil,

auto ajustável, que em conjunto com o sistema de vasos sanguíneos, percorrem todo o corpo e garantem o abastecimento de sangue a todas as partes do organismo. Este bombeamento sanguíneo só é possível devido a células especializadas que geram e conduzem impulsos nervosos que determinam a contração dos músculos cardíacos e seus batimentos (Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2003). Através do monitoramento destes impulsos, podemos diagnosticar diversas anomalias no funcionamento do órgão e prever inúmeras complicações que podem vir a ocorrer no sistema circulatório do paciente.

Neste âmbito, foram aprimoradas as técnicas de eletrocardiograma, que nada mais é do que a representação gráfica dos impulsos que coordenam o bombeamento do sangue dentro do coração por meio de uma técnica não invasiva, a partir do posicionamento de eletrodos na superfície do corpo (Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2003).

Para tanto, torna-se evidente a possibilidade de unir os campos da Engenharia com o da Medicina, onde atualmente uma das maiores frentes comerciais no campo da medicina é o atendimento a distância de seus pacientes, trazendo mais conforto, praticidade e agilidade (Resende, 2008), auxiliando tanto os profissionais da área, como os pacientes na realização destas consultas a distância.

Utilizando-se principalmente de duas tecnologias que são as placas de prototipagem microprocessadas para desenvolvimento de aplicações acessíveis e de baixo custo, e os dispositivos móveis Smartphones, este trabalho propõe um instrumento capaz de realizar uma breve leitura dos sinais elétricos cardíacos do paciente e apresentar os dados obtidos na tela do dispositivo móvel por meio de uma tecnologia sem fio (Bluetooth ou Wi-fi) em um aplicativo desenvolvido com este propósito.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto ocorreu conforme as seguintes etapas:

1. Aquisição e familiarização com os componentes a serem utilizados;
2. Instalação e testes com o circuito de aquisição (AD8232);
3. Instalação e teste com o Microcontrolador ESP32;
4. Integração entre circuito de aquisição e ESP32 para visualização do ECG;
5. Desenvolvimento do aplicativo para Android;
6. Configuração da comunicação Bluetooth e testes.

Verificada a familiarização com os componentes, realizou-se a compra de uma placa integrada com o chip ESP-WROOM-32, juntamente com um kit básico para desenvolvimento, incluindo uma pequena protoboard, resistores, capacitores e jumpers. Foi adquirido também o monitor de frequência cardíaca AD8232 SparkFun e eletrodos para monitoração (2223BRQ, fabricado pela 3M) (SparkFun, 2018). O smartphone utilizado nos testes e na configuração final da ferramenta foi um Motorola MotoMax com Android 6.0.1 instalado.

Para a ideal aquisição de um sinal elétrico cardíaco tendo a possibilidade de converter este sinal analógico para digital é necessário uma série de adequações, como a pura amplificação do sinal de entrada, implantar um filtro passa alta para atenuar frequências inferiores a 0,3 Hz para que assim o sinal ECG não fique oscilando na tela. Na sequência temos um filtro passa alta para atenuar a grande quantidade de ruídos no sinal e por fim, temos um filtro rejeita faixa (notch) para atenuar o ruído causado pela rede elétrica alimentando os dispositivos. Contudo, para este projeto, optou-se pela utilização do módulo AD8232 visto a melhor qualidade do sinal de saída, devido principalmente à precisão dos componentes utilizados em sua construção, que interferem muito especialmente na presença de ruídos no sinal.

A utilização do circuito integrado é bem simples, sendo necessário apenas sua alimentação em 3,3 V e a ideal conexão dos eletrodos através do cabo ECG.

Com relação a fixação dos eletrodos, foram testadas duas configurações possíveis conforme figura abaixo (cores conforme terminais do cabo ECG).

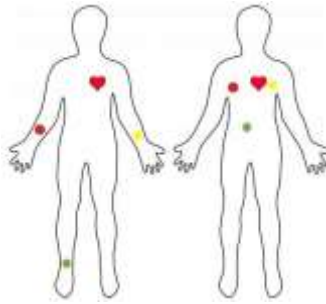


Figura 2. Posicionamento dos eletrodos.

Foi escolhida a configuração da esquerda, por apresentar um sinal de saída com qualidade superior devido a maior facilidade em posicionar os eletrodos e não necessita que o paciente retire peças de roupa.

Para a programação do microcontrolador ESP32 optou-se pela utilização do Arduino IDE, sendo necessária somente a instalação de uma biblioteca disponibilizada pelo fabricante.

Tendo nosso circuito de aquisição e nosso microcontrolador operando adequadamente, pudemos fazer a integração entre os dois sistemas para então ter em mãos o sinal ECG digital pronto para a transmissão via Bluetooth. O sinal adquirido pelo ESP32 teve boa qualidade e baixos níveis de ruído. É possível facilmente distinguir as ondas P, Q, R, S e T, o que já permite uma vasta variedade de diagnósticos a serem realizados por um profissional capacitado na área da medicina.

De posse do sinal, foi implementado a função que medirá os batimentos por minuto do paciente, com o objetivo de serem disponibilizados posteriormente no smartphone juntamente ao ECG. Para tal objetivo, implementou-se uma sub-rotina responsável por calcular o período decorrido entre dois picos do sinal ECG, ou seja, entre duas ondas R. Criou-se, portanto, um vetor para ser utilizado como um buffer que armazena as últimas entradas provenientes do circuito de aquisição e, a cada iteração do programa, calcular a média de tensão destas entradas. Quando o sinal cruza para cima a linha traçada pela média das últimas entradas vezes um coeficiente adequado, que foi determinado em 1,5 empiricamente através de vários testes, a rotina entende a ocorrência de uma onda R.

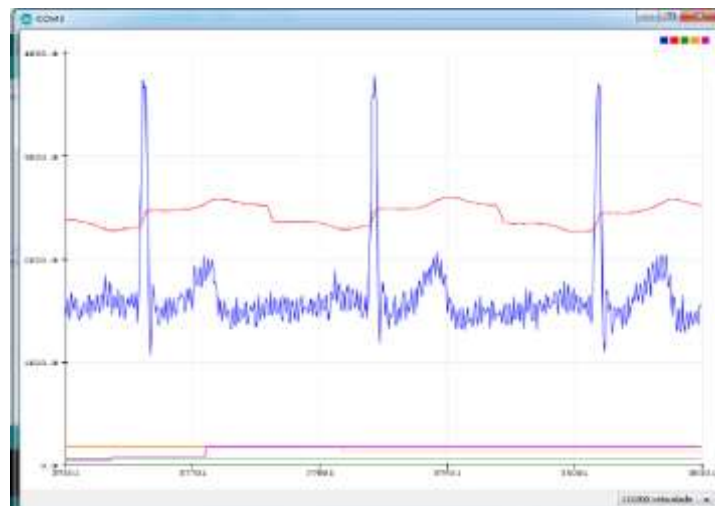


Figura 3. Sinal de saída e Função BPM.

O programa então registra o tempo entre cada cruzamento do sinal ECG (azul) para cima da média das entradas anteriores (vermelho) em milissegundos e fazendo uma conversão básica, temos uma frequência cardíaca calculada a cada batimento do coração.

A partir disto, iniciou-se o desenvolvimento do aplicativo. Foram criadas 3 telas de navegação além das de transição, carregamento e seleção. A primeira tela é um menu inicial onde o usuário recebe as instruções iniciais de utilização do aplicativo e tem três botões onde ele pode conectar o smartphone ao circuito ECG, receber instruções sobre a fixação dos eletrodos no paciente e iniciar um diagnóstico.



Figura 4. Tela inicial do aplicativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a conclusão total da ferramenta, com todas as partes construídas, passou-se então à fase de testes e verificação dos resultados obtidos através dos dispositivos.

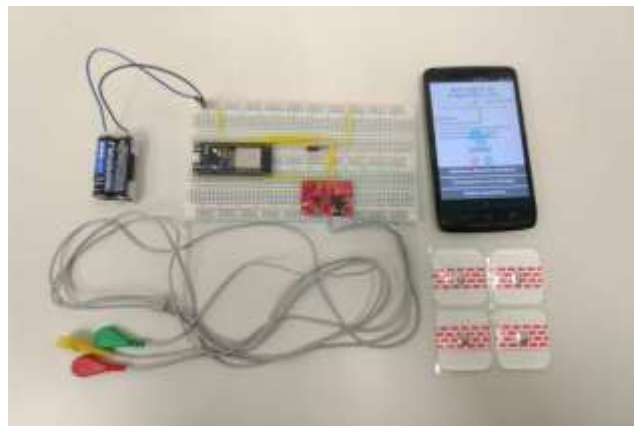


Figura 5. Implementação final do projeto.

A abordagem para os testes ocorrem em duas frentes: a primeira em relação à qualidade do sinal apresentado após o diagnóstico para o paciente, e a segunda refere-se à interface do aplicativo com o usuário, para deixá-lo mais amigável e de fácil manipulação por todos.

A ferramenta foi apresentada a cinco pessoas de grupos sociais distintos a fim de que após a tentativa, com ou sem o auxílio de outra pessoa, pudesse responder um breve questionário sobre a percepção em algumas perspectivas da utilização da ferramenta.

Através da percepção dos usuários, foram levantados três pontos de melhoria ou dificuldades encontradas, sendo:

- Criação de uma tela adicional destinada à orientação do usuário com relação a fixação dos eletrodos;
- Dificuldade referente a realização do diagnóstico. Contudo, foi compreendido que a pergunta reflete o desempenho das duas anteriores, visto que o bom desempenho nestas, levaria o usuário ao diagnóstico com facilidade;
- Alguns usuários não se atentaram ou desconheciam a necessidade da realização do pareamento do celular com o microcontrolador ESP32 antes mesmo da execução do programa. Para isso realizou-se uma breve correção no texto explicando esta necessidade.

Tais melhorias já foram adicionadas na implementação final do projeto.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo realizar a aquisição e o processamento de sinais elétricos do coração e exibir um breve diagnóstico no celular do paciente.

Ao concluir a construção do dispositivo proposto e realizando as correções necessárias, conforme apontado, foi comprovada a total exequibilidade do projeto proposto atingindo-se o objetivo final do mesmo.

A ferramenta foi desenvolvida para se comportar como um eletrocardiograma de três terminações, sendo aí uma das possíveis melhorias a serem implantadas. Para um diagnóstico de melhor qualidade e resolução, os eletrocardiogramas atuais são normalmente de 12 terminações, exigindo um circuito de aquisição mais complexo. O aplicativo desenvolvido também pode ser alvo de melhorias, ao disponibilizar uma maior gama de opções ao usuário e uma interface mais amigável. Com a colaboração de um profissional da saúde capacitado, seria possível também a realização de um diagnóstico mais aprofundado sobre a saúde do paciente.

De modo geral, o projeto desenvolvido atende às expectativas iniciais, desenvolvendo uma ferramenta pouco explorada pelo campo da tecnologia nos dias atuais, mas que tem enorme potencial no futuro dos diagnósticos médicos e na saúde da população.

REFERÊNCIAS

Analog Devices . (16 de May de 2018). AD620 Datasheet. Acesso em 13 de Fevereiro de 2018, disponível em Analog Devices : <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf>

Arnobio, V. (15 de May de 2018). Introdução ao MIT App Inventor . Fonte: Technovation: https://technovationchallenge.org/wp-content/uploads/2015/01/tutorial-construcao_app-FaleComigo-pt.pdf

ECGNOW. (23 de May de 2018). Como analisar um eletrocardiograma? Fonte: ECGNOW: <http://ecgnow.com.br/como-analisar-um-eletrocardiograma-parte-1/>

Factory Forward. (15 de May de 2018). ESP WROOM 32 ESP32 WiFi and Bluetooth Module. Fonte: Factory Forward: <https://www.factoryforward.com/product/esp-wroom-32-esp32-wifi-bluetooth-module/>

K, F. (15 de May de 2018). Introdução ao ESP32. Fonte: FernandoK: <http://www.fernandok.com/2017/11/introducao-ao-esp32.html>

Resende, L. O. (2008). ANÁLISE DO ELETROCARDIOGRAMA (ECG) NORMAL – ASPECTOS ELÉTRICOS E FISIOLÓGICOS EM UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR . ANÁLISE DO ELETROCARDIOGRAMA (ECG) NORMAL – ASPECTOS ELÉTRICOS E FISIOLÓGICOS EM UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR . Uberlândia, MG, Brasil

SASAKI, C. M. (16 de May de 2018). KIT DIDÁTICO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE. Fonte: Repositório de Outras Coleções Abertar (ROCA): http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2230/1/CT_ENGELN_2013_2_04.pdf

Schwarz, L. (2009). ARTIGO DE REVISÃO: ELETROCARDIOGRAMA. Researchgate, 19.

Sensors, C. a. (14 de May de 2018). 12-Lead ECG Placement Guide with Illustrations. Fonte: Cables and Sensors: <https://www.cablesandsensors.com/pages/12-lead-ecg-placement-guide-with-illustrations>

Siqueira, T. S. (2006). Bluetooth – Características, protocolos e funcionamento. Fonte: Instituto de computação - UNICAMP: <http://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2006/T2/057642-T.pdf>

Sociedade Brasileira de Cardiologia. (2003). Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso. Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso (p. 18). Sociedade Brasileira de Cardiologia.

SparkFun. (14 de May de 2018). SPARKFUN SINGLE LEAD HEART RATE MONITOR - AD8232. Fonte: SparkFun: <https://www.sparkfun.com/products/12650>