

Projeto e implementação de um simulador de arritmias

Design and implementation of a arrhythmia simulator

RESUMO

Flávia Valéria de Oliveira
Cavalcante

flaviavaleria.olca@yahoo.com.br

Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Eduardo Giometti Bertogna

ebertonha@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

O eletrocardiograma (ECG) é o método padrão mais utilizado por médicos para o diagnóstico não invasivo das arritmias cardíacas. Com o objetivo de auxiliar no estudo de arritmias cardíacas, foi desenvolvido um simulador de arritmias, onde seis tipos de arritmias são simuladas, além do ECG normal. O simulador desenvolvido elimina a necessidade de aquisição de sinais em pessoas no desenvolvimento de projetos para estudo de arritmias, e dos sinais de ECG em geral. Os resultados foram satisfatórios, já que o circuito conseguiu gerar em sua saída uma forma de onda legível e correspondente à arritmia selecionada pelo usuário. O projeto se mostrou eficiente e de baixo custo, além de ter sido desenvolvido num ambiente gratuito e funcional, se mostrando uma boa opção em desenvolvimento de projetos que estudam os sinais de ECG, sem a necessidade de pessoas para testes.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrocardiografia. Microcontroladores. Instrumentos e aparelhos médicos.

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

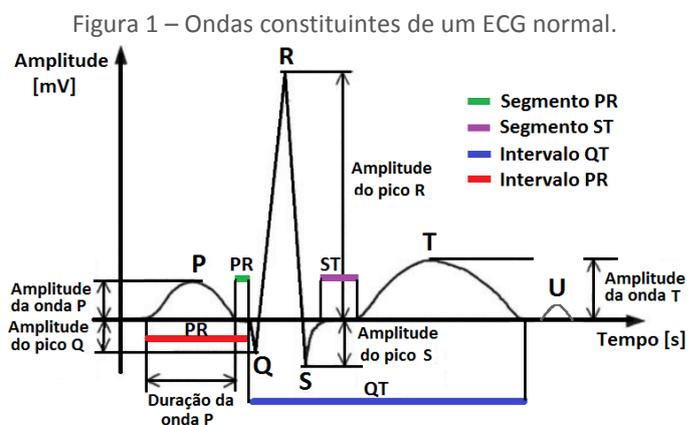
ELECTROCARDIOGRAM (ECG) IS THE MOST USED STANDARD METHOD FOR A NONINVASIVE DIAGNOSIS OF CARDIAC ARRHYTHMIAS. IN ORDER TO ASSIST IN THE STUDY OF CARDIAC ARRHYTHMIAS, AN ARRHYTHMIA SIMULATOR WAS DEVELOPED WHERE SIX TYPES OF ARRHYTHMIAS WERE SIMULATED, AND ALSO THE NORMAL ECG. THE SIMULATOR ELIMINATES THE NEED FOR ACQUIRING ECG SIGNALS FROM PEOPLE WHEN DEVELOPING PROJECTS FOR ARRHYTHMIAS STUDIES AND ECG IN GENERAL. THE RESULTS WERE SATISFACTORY, SINCE THE CIRCUIT WAS ABLE TO GENERATE IN ITS OUTPUT A READABLE WAVEFORM CORRESPONDING TO THE ARRHYTHMIA SELECTED BY THE USER. THE PROJECT PROVED TO BE EFFICIENT AND LOW COST, AND WAS DEVELOPED IN A FREE AND FUNCTIONAL ENVIRONMENT, PROVING TO BE A GOOD OPTION IN DEVELOPING PROJECTS THAT STUDY THE ECG SIGNALS, WITHOUT THE NEED FOR PEOPLE FOR TESTING.

KEYWORDS: Electrocardiology. Microcontrollers. Medical instruments and devices.

INTRODUÇÃO

O eletrocardiograma (ECG) é o registro do somatório de todas as ondas, ou tensões elétricas, geradas pelo coração durante a evolução do ciclo cardíaco, ou seja, entre o início de um batimento cardíaco e o início do próximo batimento. Essas ondas são medidas na superfície do corpo, através de eletrodos, e registradas por um equipamento chamado eletrocardiógrafo (GUYTON, 2006; BERALDO, 1997).

As ondas do eletrocardiograma são divididas em: onda P, complexo QRS, onda T e onda U. O complexo QRS apresenta, com frequência, mas não sempre, três ondas distintas: a onda Q, a onda R e a onda S, e podem ser vistas na Figura 1 (GUYTON, 2006).



Fonte: Autoria própria.

A onda P é ocasionada pela disseminação da despolarização pelos átrios, e é seguida pela contração atrial. Passado, aproximadamente, 0,16 segundos após o início da onda P, o complexo QRS surge como resultado da despolarização elétrica dos ventrículos, o que inicia a contração ventricular e faz com que a pressão ventricular comece a aumentar. Após isto, surge a onda T, pouco antes do final da contração ventricular, que representa a repolarização dos ventrículos, quando suas fibras musculares começam a relaxar (GUYTON, 2006).

O eletrocardiograma é o método padrão mais utilizado por médicos para o diagnóstico não invasivo das arritmias cardíacas e distúrbios de condução. Pode-se compreender melhor isto observando o conceito de arritmias:

As arritmias cardíacas são distúrbios ocasionados por alterações na formação e/ou condução do impulso elétrico através do tecido do miocárdio, podendo, assim, modificar a origem e/ou a difusão fisiológica do estímulo elétrico do coração, motivo pelo qual têm no eletrocardiograma o método de escolha para seu estudo e diagnóstico (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2003, p. 4).

Quando ocorre alguma arritmia cardíaca, há uma mudança nítida no formato de uma ou mais ondas do eletrocardiograma, possibilitando assim o diagnóstico e estudo das arritmias.

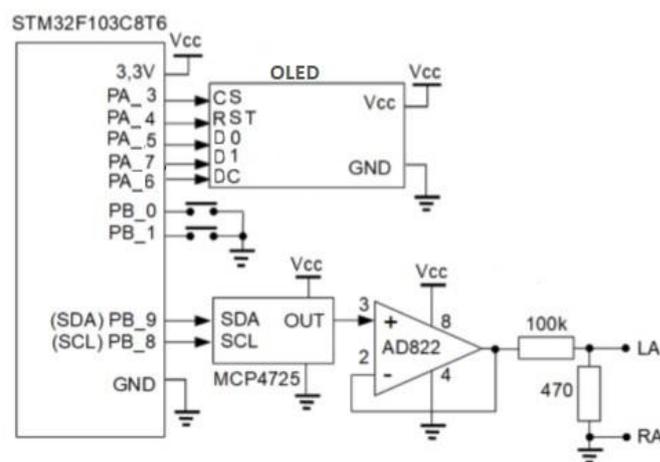
Com o objetivo de auxiliar no estudo de arritmias cardíacas, foi desenvolvido um projeto de um simulador de arritmias, onde seis tipos de arritmias são simuladas, sendo elas: Hipercalemia, Hipocalcemia, Hipercalcemia, Hipocalcemia, Taquicardia Ventricular e Taquicardia Atrial, além do ECG normal. Há ainda a possibilidade de inserção de mais arritmias alterando-se o firmware do simulador.

O projeto de um simulador de arritmias elimina a necessidade de aquisição de sinais em pessoas, permitindo assim que se desenvolvam projetos que impliquem em aquisição de sinais de ECG sem necessidade de pessoas para os testes dos projetos implementados.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto do simulador de arritmias constitui-se de um circuito composto por um módulo microcontrolador ARM da família STM32 - STM32F103C8T6, um módulo conversor digital-analógico de 12 bits MCP4725, um amplificador operacional AD822 na configuração buffer, 2 resistores, de 100 k Ω e 470 Ω , e um *display* OLED SSD1306, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 – Circuito do simulador de arritmias.



Fonte: Autoria própria.

No simulador, os dados de cada arritmia ficam gravados na memória do microcontrolador, onde podem ser selecionados através de uma interface com o usuário onde as opções de arritmias são mostradas no *display* OLED e o usuário seleciona a opção desejada através dos botões. Após isto, um sinal digital de ECG referente à arritmia escolhida é enviado, através da interface I2C do microcontrolador ao conversor digital-analógico (MCP4725), e entregue ao amplificador operacional, funcionando como um *buffer*, para ser atenuado pela rede resistiva ficando com a amplitude na faixa de mV.

Inicialmente, foi feito o esboço do circuito e foram montados todos os componentes numa matriz de contato e interligados entre si, respeitando o desenho do circuito, visto na Figura 2.

Após isto, foi iniciada a etapa de desenvolvimento do *firmware*, onde foram selecionados os sinais de arritmias que seriam utilizados e transformados em vetores de 1200 posições, para serem inseridos na memória do microcontrolador. Com isso, foi desenvolvida a programação do microcontrolador, utilizando a linguagem C, através do ambiente de desenvolvimento MBED, um ambiente inteiramente “online” e gratuito e que foi desenvolvido para a criação de programa para microcontroladores da família ARM.

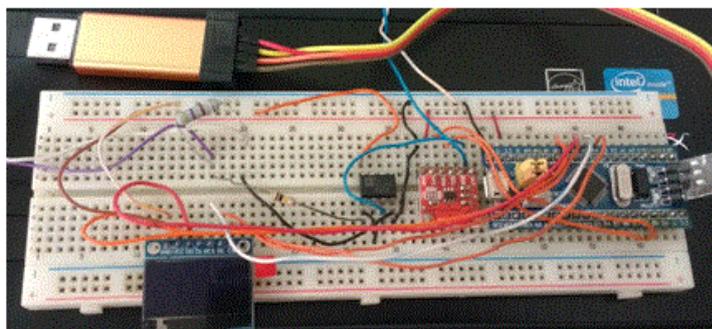
Em seguida, foi gravado a programação no microcontrolador e feitos teste na matriz de contato utilizando um Osciloscópio, a fim de verificar se os sinais de ECG estavam sendo mostrados nas saídas e averiguar o correto funcionamento do circuito.

Por último, foi desenvolvida a interface com o usuário, onde foi inserido no programa um menu com o nome das arritmias disponíveis no simulador, mostrado no *display*, onde o usuário pode navegar entre as opções e selecionar a arritmia desejada. Em seguida, todo o *firmware* foi testado e ajustado de acordo com o *hardware* do circuito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra o circuito do simulador de arritmias montado na matriz de contato.

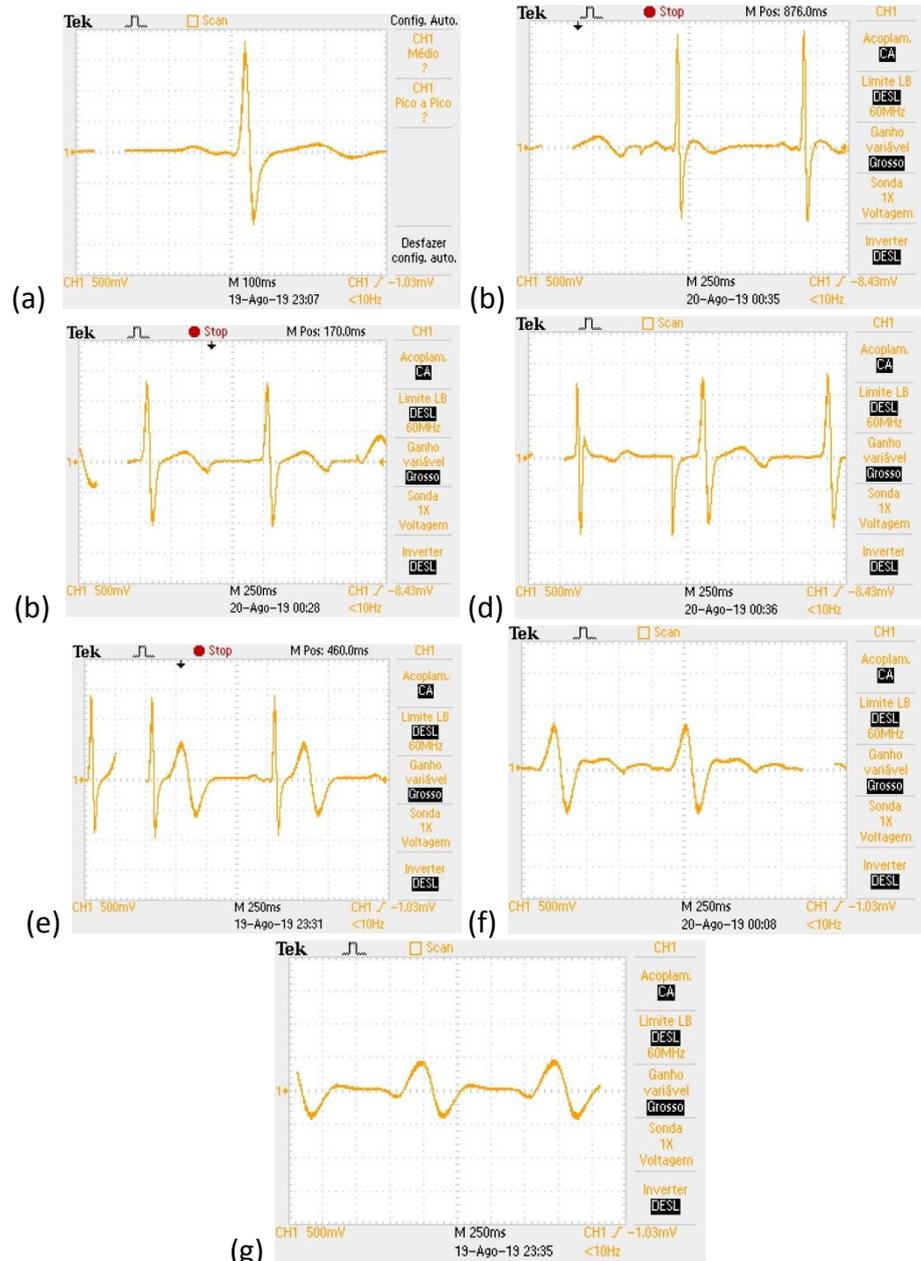
Figura 3 – Simulador de arritmias na matriz de contato.



Fonte: Autoria própria.

Já a Figura 4 mostra os sinais do circuito do simulador de arritmias capturados na saída do conversor digital-analógico e observados através de um Osciloscópio. Nas telas do Osciloscópio da Figura 4 de (a) a (g), são mostrados todos as 6 arritmias e o ECG normal simulados.

Figura 4 – Formas de onda capturadas no osciloscópio para o ECG normal (a), hipercalcemia (b), hipocalcemia (c), hipocalemia (d), hipercalemia (e), taquicardia atrial (f) e taquicardia ventricular (g).



Fonte: Autoria própria.

Como se pode observar nas Figuras acima, os resultados foram satisfatórios, já que o circuito conseguiu gerar em sua saída uma forma de onda que guarda grande correspondência com o sinal original guardado na memória do microcontrolador.

Inicialmente, o projeto foi pensado para ter na interface com o usuário um *display* LCD 16x2, no entanto, durante o desenvolvimento da programação, um menu para este tipo de *display* se mostrou inviável devido ao fato dele poder exibir somente duas linhas de caracteres por vez, já o *display* OLED consegue

exibir até 8 linhas por vez. Além disso, diferentemente do LCD, a comunicação entre o OLED e o microcontrolador é do tipo I2C, o que diminui muito a quantidade de fios necessários para fazer a comunicação, diminuindo também o risco de obter ruídos.

A alimentação do circuito, de 3.3 V, foi inicialmente feita utilizando-se 2 baterias de 1,5 V cada, porém a corrente gerada por elas se mostrou baixa, a ponto de não conseguir suprir a necessidade do circuito. Por isso, as baterias foram retiradas e a alimentação foi feita através da porta USB do computador onde era feita a gravação do microcontrolador. A alimentação pode ser feita por qualquer outra fonte de 3.3 V que gere uma corrente de mais de 300 mA.

CONCLUSÃO

O projeto do simulador de arritmias se mostrou um projeto eficiente e de baixo custo, considerando que os componentes utilizados são baratos e facilmente encontrados do mercado, além de ter sido desenvolvido num ambiente gratuito e funcional, o MBED.

Esse projeto é de fundamental importância, pois elimina a necessidade de aquisição de sinais em pessoas, se mostrando uma boa opção em desenvolvimento de projetos que estudam os sinais de ECG. O simulador de arritmias permite que eles fluam sem a necessidade de pessoas para os testes de protótipos.

REFERÊNCIAS

BERALDO, Oswaldo Antonio. **Processamento digital do sinal de eletrocardiograma para aplicação em experimentos de fisiologia cardíaca**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-27112017-142134/publico/Dissert_Beraldo_OswaldoA.pdf. Acesso em: 15 ago. 2019.

GUYTON, Arthur Clifton; HALL, John E.; GUYTON, Arthur C. **Tratado de fisiologia médica**. Elsevier Brasil, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso**. Arq Bras Cardiol volume 80, (suplemento II), 2003. Disponível em: <http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2003/8002/repouso.pdf> . Acesso em: 15 ago. 2019.