

DESENVOLVIMENTO DE GERADOR DE BIOSINAIS PARA TESTES DE EQUIPAMENTOS BIOMÉDICOS

André Balbino Shibutani¹, Valter Fernandes Avelino²

^{1,2} Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

¹abshibutani@yahoo.com.br; ²prevavelino@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho tem como finalidade desenvolver um dispositivo gerador de sinais de referência para testes e calibração de equipamentos de monitoramento de sinais bioelétricos. O objetivo deste projeto é estudar as características específicas dos sinais bioelétricos, em especial os sinais elétricos cardíacos, e desenvolver um dispositivo, controlado digitalmente, que facilite a avaliação de experimentos desenvolvidos no laboratório de engenharia biomédica do Centro Universitário FEI.

1. Introdução

Com o intuito de garantir uma melhor qualidade de vida e um aumento da longevidade do ser humano, o estudo de diversas técnicas e tecnologias de aquisição de sinais elétricos originários do corpo humano (sinais bioelétricos ou biopotenciais) se tornou um dos alicerces para identificação de patologias e para o acompanhamento da evolução clínica de pacientes em recuperação dessas patologias.

Os biopotenciais são sinais elétricos, geralmente captados na superfície da pele, que são provenientes de processos bioquímicos de células eletricamente excitáveis, tais como as células cerebrais, musculares e cardíacas [1]. Já existem processos padronizados para a captação desses biopotenciais, denominados de Eletroencefalografia (EEG), Eletromiografia (EMG) e Eletrocardiografia (ECG), respectivamente

Esses sinais bioelétricos possuem baixa amplitude (dezenas de microvolts), faixas de frequências muito baixas (décimos a centenas de Hertz), formatos irregulares (sinais impulsivos) e imersos em ruído de elevada amplitude (volts), mas cuja correta conformação é essencial para a identificação de anomalias funcionais dos órgãos envolvidos.

2. Objetivo

Esse projeto tem como objetivo desenvolver um dispositivo de geração de sinais bioelétricos para teste e calibração de equipamentos biomédicos. Os sinais gerados devem possuir características de baixa amplitude (10 μ V a 10 mV), ajuste de tensão de modo comum, ajuste de injeção de ruído branco e faixa de frequência entre 0,01 Hz e 1 kHz. Adicionalmente, o dispositivo deve ser digitalmente configurável e permitir a geração de biosinais típicos normais e anormais, associados a patologias conhecidas. O projeto se justifica porque essas especificações não são encontradas em geradores comerciais, especialmente devido a sua baixa tensão de saída e características das formas de onda geradas.

3. Metodologia

O diagrama de blocos do sistema em desenvolvimento está esquematizado na Figura 1. A geração das formas de onda e o controle das características dos biosinais gerados é totalmente digital. A implementação do sistema é baseada na configuração de um dispositivo lógico programável (FPGA: EP2C70F896C6N) disponível na placa de desenvolvimento Altera® DE2-70.

No diagrama da Figura 1, os blocos de geração de padrões de formas de onda (memória digital), de ajuste de frequência e de seleção de onda foram implementados através da linguagem de descrição de hardware VHDL (VHSIC Hardware Description Language). A configuração do FPGA utiliza o ambiente de desenvolvimento Altera® Quartus II®.

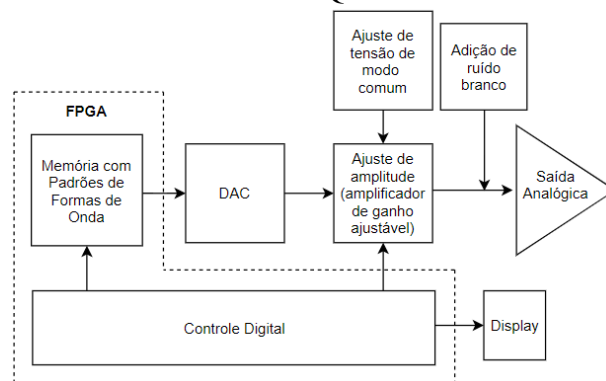


Figura 1 – Diagrama de blocos do gerador de biosinais.

As amostras das formas de onda, armazenadas em memória no interior do FPGA, foram previamente obtidas a partir do software Matlab®. Dentre essas formas de onda, destacam-se as formas de onda cardíacas, apesar de outros tipos de ondas também terem sido produzidos para esse trabalho (retangulares, dente de serra e senoidal). As formas de ondas cardíacas geradas são: QRS fragmentado (rSr, Notched S, RSR, Notched R e RsR com elevação ST) e ECG normal [4]. As formas de onda com QRS fragmentado representam patologias cardíacas. Por exemplo, a forma de onda Notched S representa um quadro clínico de displasia arritmogênica do ventrículo Direito [5].

As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, as formas de onda ECG normal e Notched S obtidas a partir do ambiente de desenvolvimento do software Matlab® (sinais com 4096 amostras). Além disso, a equação do modelo matemático, que representa as gaussianas que deram origem às formas de onda cardíacas desse trabalho, é apresentada em (1) [2].

$$z(\theta) = \sum_{i \in \{P, Q, R, S, T\}} a_i \exp\left(-\frac{\Delta\theta_i^2}{2b_i^2}\right) \quad (1)$$

Na expressão (1) o parâmetro a_i representa a amplitude, b_i o comprimento da base, i o componente da onda (P, Q, R, S e T), $\Delta\theta_i = (\theta - \theta_i) \bmod 2\pi$, $\theta_i = \arctg(2(x, y))$, θ_i a posição em graus da gaussiana no modelo circular, θ o valor que representa a defasagem de θ_i a ser representada e x e y o plano que contém a onda ($-\pi \leq \theta \leq \pi$). As componentes da onda cardíaca P, Q, R, S e T produzidas dessa forma são justapostas através da somatória da equação cujo resultado é a onda completa representada por $Z(\theta)$.

Na Figura 2 o eixo vertical representa o valor digital da amostra (na faixa de 0 a 255) e o eixo horizontal representa o número da amostra (na faixa de 0 a 4095).

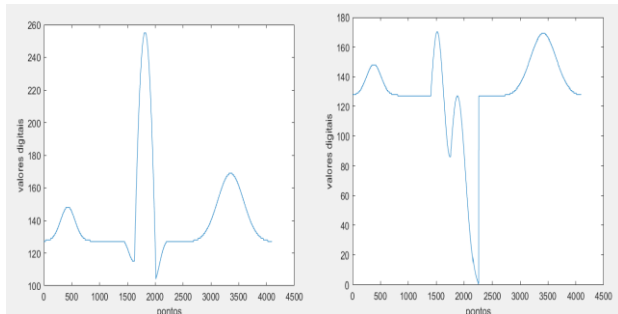


Figura 2 – ECG normal e Notched S no Matlab®.

A partir do sinal digital registrado na memória do gerador de ondas (FPGA), produzida anteriormente no Matlab®, é obtido um sinal analógico através de um conversor digital/analógico. Esse sinal analógico é submetido a um ajuste digital de amplitude e de tensão de modo comum também controlado pelo FPGA. O ajuste de amplitude dessa onda analógica é feito por um circuito atenuador digital.

No estágio final do gerador o sinal de saída pode receber um ruído branco [3], que é um sinal aleatório, simulando as condições reais associadas à captação de sinais biopotenciais através de eletrodos de superfície.

O display da Figura 1 é a interface visual do controle de frequência, ajustes de amplitudes, ajuste de modo comum, e de escolha da forma de onda.

4. Resultados parciais

Foi desenvolvido um circuito analógico para a conversão das amostras, geradas periodicamente pelo FPGA, em um sinal analógico (Figura 3).

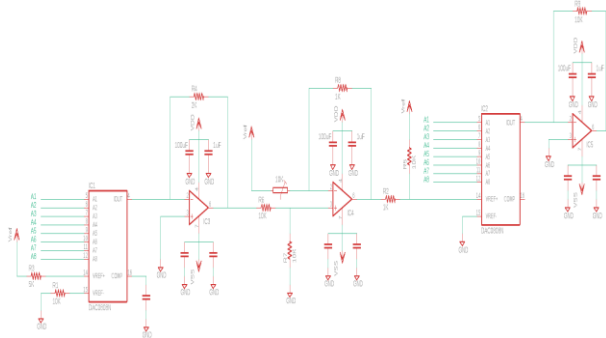


Figura 3 – Circuito analógico de geração de sinais.

Na Figura 3 são apresentados um conversor digital-analógico de 8 bits e os circuitos de ajuste da tensão de offset e ajuste de amplitude através de um atenuador de digital.

A Figura 4 mostra a saída para uma forma de onda ECG normal gerada pelo circuito desenvolvido.



Figura 4 – Onda ECG normal gerada pelo circuito.

5. Conclusões

As formas de onda digitais foram implementadas, obtendo-se os resultados esperados (Figura 4). As formas de onda foram testadas nos circuitos do FPGA isoladamente, restando a integração destes com os blocos analógicos. O trabalho deve prosseguir com o condicionamento final das formas de onda (ajustes digitais de amplitude, tensão de modo comum e ruído) e avaliação das especificações requeridas para que o gerador de sinais possa ser utilizado como referência para testes e calibração de equipamentos de monitoramento de sinais bioelétricos. Ademais, esse equipamento deverá conter um manual de utilização para que esse possa ser utilizado por usuários do laboratório de engenharia biomédica do Centro Universitário FEI.

6. Referências

- [1] WEBSTER, J. G. Medical Instrumentation Application and Design, Danvers, John Wiley & Sons, Inc. 2010.
- [2] MCSHARRY, Patrick E. et al. A Dynamical Model for Generating Synthetic Electrocardiogram Signals. Ieee Transactions On Biomedical Engineering. [S.l.], p. 289-294. mar. 2003.
- [3] HAGEMAN, S. EDN NETWORK: White noise source flat from 1Hz to 100kHz. 2013. Disponível em: <<https://www.edn.com/design/analog/4420926/White-noise-source-flat-from-1Hz-to-100kHz>>. Acesso em: 25 ago. 2019.
- [4] SADEGHI, R.; DABBAGH, V.; TAYYEBI, M.; ZAKAVI, S.R.; AYATI, N. Diagnostic value of fragmented QRS complex in myocardial scar detection: systematic review and meta-analysis of the literature, Kardiologia Polska, vol. 74, pp. 331-337, 2016.
- [5] ZHONG-QUN, Zhan et al. Electrocardiographic Findings in Accessory Right Precordial Leads in Adults and Seniors with Notched S Waves in Lead V1 -A Preliminary Study. Annals Of Noninvasive Electrocardiology: the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology. [s. L.], p. 234-240. set. 2013.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Universitário FEI pelo apoio financeiro à pesquisa através do seu programa de Iniciação Científica.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto PBIC160/18 com vigência de 11/18 a 10/19.