

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
LAIS - LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO TECNOLOGIA EM SAÚDE**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA AQUISIÇÃO E
PROCESSAMENTO DE SINAIS CARDÍACOS.**

Pedro Odillon Felicio Marques Mendonça Figueiredo

**Quixadá/ CE
2021**

RESUMO

Este documento apresenta uma proposta de projeto para elaboração e implementação de um sistema embarcado voltado para a aquisição e processamento de sinais cardíacos, onde o mesmo possa vir a ser capaz de filtrar os principais ruídos associados à aquisição de sinais de ECG (Eletrocardiograma), processar digitalmente o sinal cardíaco a fim de calcular a frequência cardíaca do paciente, bem como através de técnicas de machine learning identificar possíveis patologias no que se refere a arritmias cardíacas.

Palavras-chave: Sistema Embarcado, Sinais Cardíacos, Frequência Cardíaca, Análise de Patologias Cardíacas.

INTRODUÇÃO

O **Perfil VI** do Edital **043/2021**, referente ao tema de **Sistemas Embarcados e Biossensores**, tem como proposta a elaboração e projeto de um sistema embarcado destinado a adquirir e processar sinais cardíacos (ECG - Eletrocardiograma). Levando em consideração as orientações repassadas para a Fase 2, foi elaborado um projeto de um sistema completo, através da criação de um canal de instrumentação para aquisição dos sinais. Um biossensor de eletrocardiografia foi proposto para efetuar a captura dos sinais cardíacos, onde o mesmo consegue filtrar os principais ruídos que estão associados a este tipo de sinal, através de filtros analógicos e digitais, utilizando-se de um microcontrolador ATmega328p, microcontrolador este que está presente na plataforma Arduino Uno.

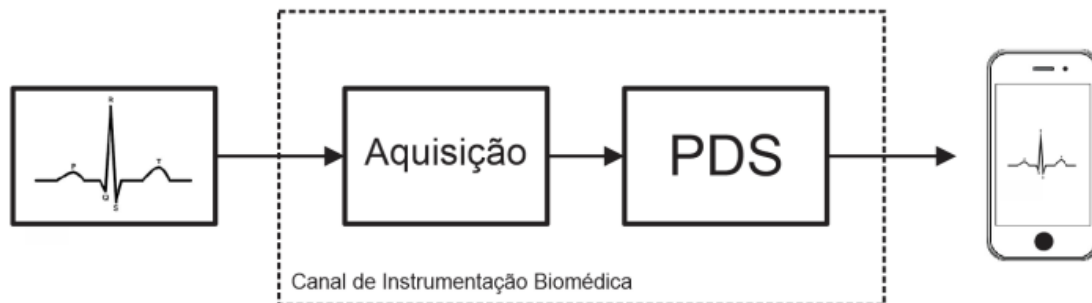


Figura 01. Visão Geral do Sistema Proposto

Em paralelo ao processo de desenvolvimento do biossensor, foi proposto também um script na linguagem de programação Python, para a plotagem em tempo real dos sinais eletrocardiográficos do paciente, vindos através do canal de instrumentação e após passarem pelo processo de processamento. No mesmo script, também encontra-se uma área destinada à exibição da frequência cardíaca do paciente. Após o término da aferição dos dados, será possível armazená-los em um datalogger no computador para análises futuras. Além disso, foi proposto também em Python, um script que através de técnicas de Machine Learning consegue detectar patologias referentes a arritmias cardíacas no paciente, através de algoritmos de classificação.

CANAL DE INSTRUMENTAÇÃO

De acordo com as orientações do concurso, o sistema deve apresentar um canal de instrumentação para a aquisição e processamento do sinal cardíaco. Para esse critério, decidiu-se projetar um biosensor simples de eletrocardiografia (ECG), por meio de amplificadores operacionais, resistores, capacitores, diodos e optoacopladores. Esse sensor, gera na saída uma tensão entre 0 e 5 Volts e é alimentado por uma tensão simétrica de +9 e -9V. Para a utilização desse biossensor, faz-se necessário o uso de 3 eletrodos (vendidos separadamente), que podem ser conectados diretamente aos amplificadores operacionais por meio de cabos.

1. Principais Ruídos Associados ao ECG

Os padrões anormais da atividade elétrica do coração no ECG, podem ser devido a patologias que realmente existem, ou podem estar relacionados a ruídos que estão associados ao sinal cardíaco, visto que este possui uma baixa amplitude e uma baixa frequência, o que o torna muito suscetível a esse tipo de informação indesejada.

- a. **Ruído de Linha de Base:** A Figura 2(a) apresenta esse tipo de ruído. É um ruído de baixa frequência no ECG que pode ser causado por uma variedade de fontes de ruído, tais como a respiração do paciente, os seus movimentos corporais leves ou bruscos além de um mal contato entre os eletrodos, ou até mesmo pela movimentação dos cabos que conectam os eletrodos ao aparelho de medição. Esse tipo de ruído está localizado geralmente na faixa de 0.5Hz do espectro de frequência do sinal de ECG, e para isso diferentes técnicas de filtragem podem ser escolhidas para que seja removido esse tipo de ruído. Onde os mais comuns são filtros lineares passa altas, sejam eles analógicos ou digitais, com uma frequência de corte de 0,05 Hz sendo um bom valor para que seja atenuado esse tipo de ruído.
- b. **Interferência da Linha Elétrica:** A Figura 2(b) apresenta esse tipo de ruído. Esse tipo de ruído é muito comum em sinais de ECG e é causado por campos eletromagnéticos de dispositivos que estão acoplados à rede elétrica, essa interferência é percebida através de uma componente senoidal de 50Hz ou 60Hz que pode ser acompanhado também pelos seus harmônicos. Para evitar esse tipo de ruído, é muito comum a utilização de filtros notch, para que essa frequência seja atenuada o máximo possível, além de que várias precauções podem ser tomadas para que seja possível blindar o sistema desse tipo de situação, tais como a blindagem dos condutores dos eletrodos, o aterramento do aparelho de medição ECG.

c. Interferência do sinal muscular: A Figura 2 (b) apresenta esse tipo de ruído. E o mesmo é proveniente das contrações musculares do paciente, principalmente quando o ECG é realizado em paralelo com exercícios físicos. Torna-se uma das principais dificuldades de ruídos que se aderem ao sinal ECG, onde possuem uma característica de estarem em uma alta frequência se comparado com os outros tipos de ruído, onde as técnicas mais comuns de atenuação desses ruídos são a utilização de filtros lineares passa baixa, analógicos ou digitais.

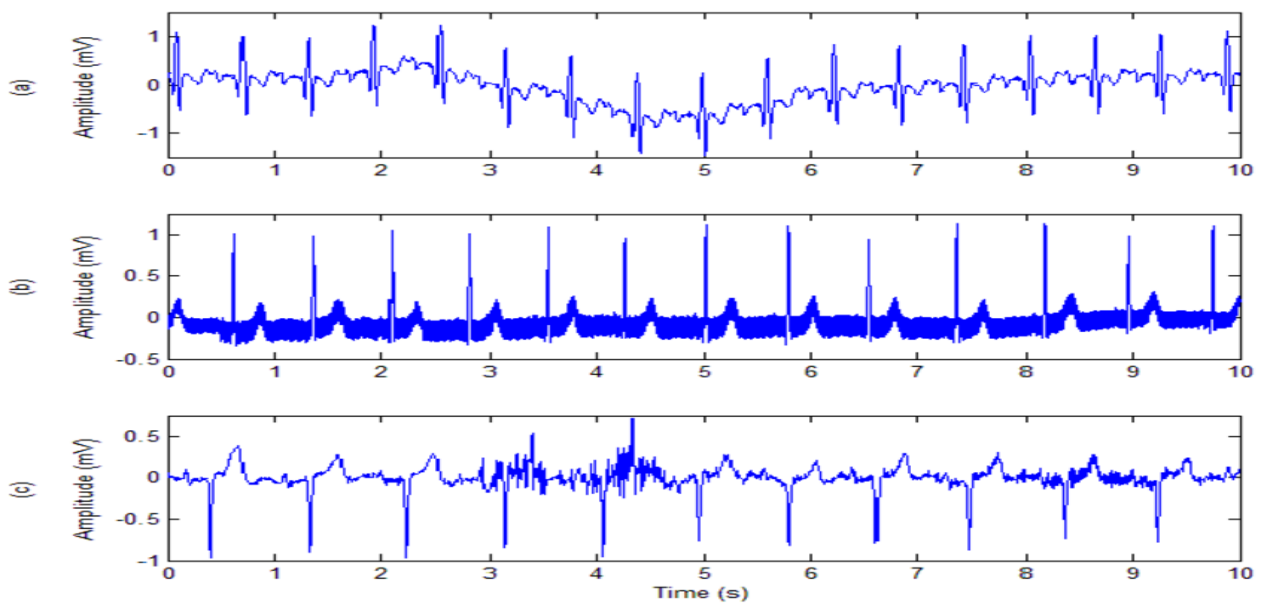


Figura 2. Principais Ruídos Associados ao ECG. a) Ruído de Linha de base. b) Interferência da Linha Elétrica. c) Interferência do Sinal Muscular

2. Biosensor ECG

A Figura 03 apresenta um diagrama de blocos básico para a aquisição de um sinal eletrocardiográfico. Onde cada etapa deste diagrama foi proposta para esse projeto.

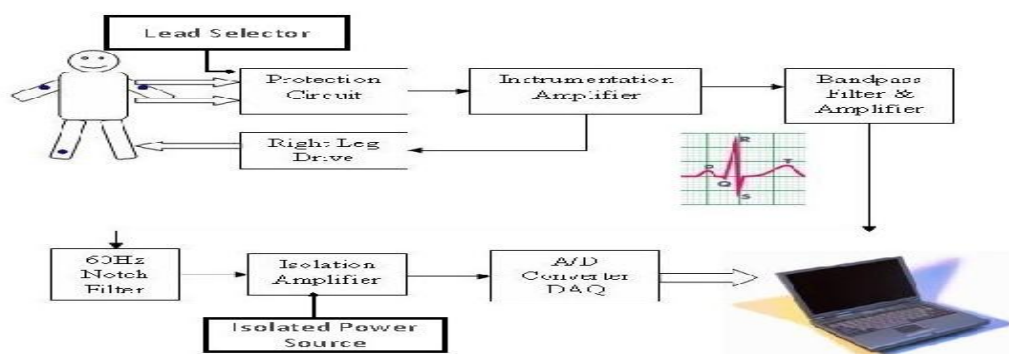


Figura 03. Diagrama de Blocos de Um Canal de Instrumentação de ECG

a. Etapa de Pré-Amplificação

Para a etapa de pré-amplificação foi proposto usar o amplificador de instrumentação AD620, da Analog Devices devido ao seu alto CMRR (100) para um ganho de 5 vezes o valor da entrada dentro da faixa de frequência do sinal de ECG (1Hz a 150Hz).

b. Etapa de Filtragem Analógica

Para a etapa de filtragem analógica foi proposto usar um filtro notch com frequência de corte de 50Hz ou 50Hz, para a atenuação da componente de ruído da interferência da rede elétrica. Um filtro passa alta configurado com a frequência de corte em 0.05Hz foi proposto para atenuar o ruído de baixa frequência que provoca alterações na linha de base. E por fim, procurou-se usar um filtro passa-baixa com frequência de corte de 40 Hz para que o ruído associado ao sinal EMG fosse atenuado. E visto que o sinal ECG de grande importância está dentro da faixa de 1Hz a 30Hz.

c. Etapa de Filtragem Digital

Para a etapa de filtragem digital, propõe-se a utilização de um microcontrolador Atmega328P presente na plataforma Arduino UNO. Além disso, propõe-se a utilização de uma adaptação do algoritmo de Pan-Tompkins para a detecção de ondas QRS, para que de acordo com a frequência em que ocorrem, possa ser calculada a frequência cardíaca.

3. Comunicação do sistema

A comunicação do sistema se dará através de comunicação UART do microcontrolador, com o script em Python, através da biblioteca PyQtGraph

4. Análise de Patologias

A análise de patologias se dará através de uma proposta de uso de Machine Learning, através de algoritmos de classificação, e utilizando banco de dados de ECG MIT-BIH Arrhythmia que consegue detectar padrões anormais e patologias através da quantidade de batidas do coração e dos seus padrões. Onde esse algoritmo será treinado, e o sinal de teste será enviado após o processamento digital do sinal com o algoritmo anteriormente citado.