

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

COMPRESSÃO DE SINAIS BIOLÓGICOS BASEADA EM CODIFICADORES DE VÍDEO
UTILIZANDO PLATAFORMA DE HARDWARE

Bolsista: Lajos Onodi Neto, CNPq

MANAUS
2014
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB - E - 0156/2013
COMPRESSÃO DE SINAIS BIOLÓGICOS BASEADA EM CODIFICADORES DE VÍDEO
UTILIZANDO PLATAFORMA DE HARDWARE

Bolsista: Lajos Onodi Neto, CNPq
Orientador : Prof Dr Waldir Sabino da Silva Júnior

MANAUS
2014

RESUMO

Nos dias atuais, possuímos diversos sistemas para a realização de exames de eletrocardiograma, sistemas já consolidados, de extrema segurança e confiabilidade mas que possuem um custo elevado. Nossa pesquisa trabalhou em cima destes sistemas. Procuramos buscar uma alternativa através da utilização de uma plataforma de hardware conhecida como Raspberry Pi. Nossa pesquisa tem como principal objetivo desenvolver um sistema capaz de realizar o processamento digital de sinais ECG através da plataforma de desenvolvimento Raspberry Pi.

Utilizando um circuito de aquisição de sinais, um circuito conversor analógico/digital e a plataforma de desenvolvimento escolhida, temos um sistema robusto e de alta confiança, capaz de realizar exames de eletrocardiograma, nos assegurando resultados concretos e seguros. Outro grande objetivo de nossa pesquisa foi a de realizar o estudo da área de processamento digital de sinais, aprofundando os nossos conhecimentos neste campo tão presente em nosso cotidiano.

Palavras chave : Raspberry Pi;ECG;Processamento Digital

SUMÁRIO

RESUMO	3
INTRODUÇÃO	5
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
MÉTODOS UTILIZADOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
CONCLUSÕES	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, a área de processamento digital de sinais está cada vez mais presente em atividades do nosso cotidiano. De simples sensores de temperatura até avançados equipamentos médicos, a expansão das aplicações da área de processamento digital de sinais ganharam forte suporte através de plataformas de hardware capazes de facilitar o processamento, tratamento e análise de sinais.

Nosso trabalho tem como foco, o estudo e construção de um sistema de ECG (eletro cardiograma) baseado em uma plataforma de hardware. A placa de desenvolvimento Raspberry Pi foi escolhida como a plataforma de hardware responsável por realizar o processamento digital dos sinais de ECG utilizados durante o projeto. Além da área de processamento digital de sinais, o projeto contempla vários conceitos e aplicações na área de eletrônica. Tais conceitos se mostram necessários uma vez que utilizamos um circuito que tem como função realizar um tratamento inicial nos sinais obtidos a partir do paciente.

Amplificadores operacionais, circuitos óptico isoladores, amplificadores de ganho e conversores analógico/digital (AD) são algumas das tecnologias utilizadas junto da plataforma de hardware Raspberry Pi. A utilização de plataformas de hardware como a Raspberry Pi, é facilmente justificada pelas ferramentas de software existentes na mesma, mais especificamente da biblioteca conhecida como OpenCV. Através desta união de circuitos analógicos e plataforma de hardware, se torna possível a criação de um sistema de alta tecnologia e de baixo custo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O eletrocardiograma (ECG) [1] é um exame de saúde na área de cardiologia no qual é feito o registro da variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade elétrica do coração. O principal objetivo do projeto é o de como detectar as variações de potencial elétrico produzidas pelo coração e como identificar e analisar as ondas de polarização, repolarização, ondas P, ondas T, ondas U, ondas T atrial, intervalos PR, período PP, período RR e complexos QRS.

Os amplificadores operacionais [2], são amplificadores ideais para o projeto com sinais biológicos ECG por possuírem um ganho muito elevado.

$$V_{out} = (V_+ - V_-) \cdot G \quad (1)$$

A equação (1) descreve a relação de ganho de um amplificador operacional. As variáveis V_+ e V_- correspondem as entradas do amplificador, sendo a saída V_{out} definida como a diferença das entrada vezes a variável de ganho G . Entre as configurações de amplificadores operacionais existentes, escolhemos a com realimentação negativa pois devido ao seu elevado ganho, o controle desse tipo de amplificador é feita quase que exclusivamente através dos elementos de realimentação ou feedback.

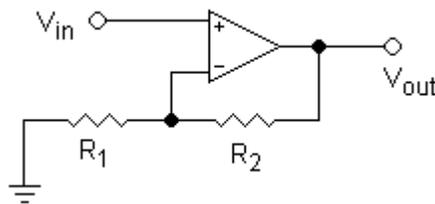


Figura 1

A figura 1 ilustra o modelo de amplificador operacional escolhido para o nosso projeto. Ele possui uma realimentação negativa e dois resistores (R_1 e R_2). As variáveis V_{in} e V_{out} são referentes respectivamente a entrada e a saída do amplificador descrito. No nosso projeto de pesquisa, os amplificadores operacionais exerceram um papel de suma importância pois os sinais de ECG são da grandeza de mili volts. Com a utilização deles, se torna possível amplificar os sinais biológicos ECG. Com essa amplificação, se torna possível realizar dentro da plataforma de hardware Raspberry Pi o processamento destes sinais.

O processamento dos sinais ECG obtidos do paciente é a parte mais importante da pesquisa. O processamento e interpretação desses sinais é realizado através de um código em linguagem C portado para a plataforma de hardware Raspberry Pi. Como qualquer código ou software, o teste das linhas de códigos é extremamente importante para garantir a qualidade assim como a funcionalidade do mesmo.

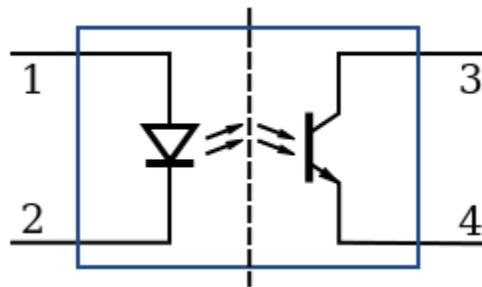
A grande diferença no campo de processamento de sinais biológicos é a dificuldade para obter esses sinais assim como os fatores externos que tornam o processo de obtenção mais complicado. A ferramenta Matlab [3] é necessária nesse passo de testes pois ela tem a capacidade de simular sinais de ECG e aplicá-los como entrada de testes em nossos códigos. Através dessa técnica de simulação de sinais é possível estabelecer rotinas de testes de software, tendo garantia da qualidade dos dados de entrada.

Entre os passos de aquisição do sinal de ECG a partir de um corpo humano e o processamento do mesmo na plataforma de hardware RaspberryPi, existe um importante passo, o de condicionamento do sinal [4]. É impossível para a Raspberry Pi realizar o processamento de um sinal “bruto”, vindo direto da fonte de aquisição. Dentro do passo de condicionamento, é realizada a amplificação do sinal de ECG, filtragem, isolamento contra correntes de fulga e a conversão do sinal de analógico para digital. No circuito de condicionamento estão presentes os circuitos integrados INA326 e OPA2335, ambos amplificadores operacionais com isolamento. O circuito integrado ADC0804 é o responsável pelo processo de conversão do sinal analógico em digital. Outro importante componente do circuito de aquisição e condicionamento dos sinais é o optoisolador.

Um circuito optoisolador é basicamente responsável por proteger o sistema contra altas voltagens. Este componente é necessário para garantir a proteção do circuito de condicionamento e da plataforma de hardware Raspberry Pi, assim como a proteção do paciente que é submetido ao exame.

Um optoisolador contém um emissor de luz(led's), que converte as cargas elétricas de entrada em luz, um canal óptico fechado(canal dielétrico) e um foto sensor. Um optoisolador pode apenas transferir um sinal de luz e nunca o sinal elétrico em si.

O funcionamento de um optoisolador é baseado no princípio de transmissão de sinais luminosos. Quando um sinal elétrico de alta voltagem atinge o optoisolador, esse sinal é convertido em luz. Essa luz é então transmitida para um receptor. Depois do sinal luminoso ser



recebido, ele é convertido novamente em um sinal elétrico, dessa vez com baixa voltagem.

Figura 2

A figura 2 ilustra o modelo de um componente optoisolador, componente que é composto por um emissor de luz(LED) nas entradas 1 e 2, uma barreira dielétrica e um fototransistor representado por 3 e 4.

A plataforma de hardware Raspberry Pi é a peça final do projeto, responsável pelo processamento de toda a informação assim como a visualização os resultados também é feita através dela. A Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito. Todo o hardware é integrado em uma única placa.

O computador é baseado em um system on a chip (SoC) Broadcom BCM28357 que inclui um processador ARM1176JZF-S de 700 MHz,GPU VideoCore IV,8 e 512 MB de memória RAM.

A placa Raspberry Pi é compatível com sistemas operacionais baseados em Linux. A distribuição utilizada no projeto é a Raspbian, que é a distribuição oficial da Raspberry. A preparação da plataforma é feita através de um cartão SD onde o sistema operacional é instalado. Como a Raspberry Pi não possui nenhum sistema de armazenamento não volátil, todas as informações como sistema operacional e arquivos ficam salvas em um cartão SD.

A OpenCV é a biblioteca multiplataforma utilizada dentro da placa Raspberry Pi para o processamento final dos sinais adquiridos através dos eletrodos e pré processados no circuito de condicionamento de sinais. Ela possui funções que são usadas para cálculos de

processamento assim como a geração de gráficos a partir dos resultados obtidos após o processamento final dos sinais de ECG.

MÉTODOS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento do projeto, fragmentamos o mesmo em diversas atividades menores, atribuindo a cada uma diferentes níveis de importância e prioridade. Sempre antes do início de uma atividade, era feita uma pré atividade, com o objetivo de recolher e estudar os conceitos e assuntos necessários para realizar a tarefa em si.

A primeira atividade realizada foi em relação ao estudo em relação a área de sinais e sistemas, procurando um maior entendimento em relação aos tipos de sinais e como identificar determinados padrões.

Após esse primeiro estudo, demos início ao estudo das teorias de Fourier, buscando compreender as necessidades que o nosso projeto possuía em utilizar tal conceito.

A terceira atividade realizada, foi a de pesquisa e implementação de diversos componentes eletrônicos, tais como amplificadores e filtros, que são partes essenciais em nosso projeto. No final desta etapa, foi feita uma apresentação para o professor orientador, com o objetivo de apresentar a evolução do projeto até o dito momento.

Como já havíamos estudado e implementado diversos componentes eletrônicos do projeto, partimos para a próxima atividade, que foi relacionada a escolha e planejamento do circuito que utilizaríamos na parte de aquisição dos sinais biológicos ECG. Com o circuito projetado e definido, realizamos a compra dos componentes necessários para a construção do circuito de aquisição de ECG. A próxima etapa foi a configuração da plataforma de hardware Raspberry PI, preparando o sistema operacional e instalando a biblioteca OpenCV, necessária para a realização do processamento digital dos sinais. No momento seguinte, implementamos um código capaz de processar sinais ECG arquivados em um banco de sinais disponível na internet. Uma vez dominando a técnica de como realizar o processamento desses sinais, partimos para a aplicação da FFT(Fast Fourie Transform) nos resultados obtidos.

RESULTADO E DISCUSSÕES

A cada tarefa realizada, eram obtidos diversos resultados que geravam discussões acerca de qual resultado se encaixaria melhor em nossas necessidades de projeto.

Na parte de estudo da área de sinais e sistemas e processamento digital de sinais, debatemos quais seriam os possíveis padrões de sinais que encontraríamos em nosso projeto e quais seriam as técnicas que iríamos utilizar para realizar o tratamento do mesmo. Chegamos a conclusão de que utilizaríamos as técnicas de Filtros e de Fourier para realizar o tratamento de nossos sinais. A utilização da Transformada de Fourier em nossos sinais pode ser facilmente justificada pelo fato de que uma vez aplicado Fourier, trazemos o sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência, o que facilita muito a parte do processamento digital do mesmo.

Na parte de pesquisa e implementação dos componentes eletrônicos utilizados em nosso projeto, os amplificadores para ser mais exato, tivemos que escolher qual configuração atenderia melhor as nossas necessidades de projeto. Optamos pela configuração inversora. A necessidade de amplificadores em nosso projeto se deve pelo fato de que os sinais biológicos de ECG possuem amplitude extremamente baixa, cerca de 0,25 mili volts. Com um amplificador de ganho 100, conseguimos elevar a amplitude para cerca de 0,25 volts.

Logo após efetuar a escolha dos componentes que seriam utilizados na construção do circuito de aquisição de sinais biológicos, partimos para a elaboração deste. Notamos que tínhamos deixado algumas características que posteriormente se mostraram necessárias em nosso circuito. Entre elas, podemos citar a necessidade de um circuito isolador como sendo a principal. Precisávamos de um bloco que efetuasse o isolamento do circuito pois o equipamento trabalhará acoplado com uma pessoa através dos eletrodos que conectam o circuito de aquisição e os pontos de análise de ECG no ser humano. Com o bloco de isolamento inserido no projeto, tínhamos a certeza de que a pessoa submetida ao exame com nosso sistema não correria o risco de receber nenhum tipo de corrente elétrica, assim evitando qualquer acidente.

Com o circuito principal montado, demos início a preparação e configuração da plataforma de hardware Raspberry Pi. O professor orientador do projeto, assim como os outros professores envolvidos sempre nos motivaram a procurar um melhor entendimento acerca dos motivos de utilizarmos a plataforma Raspberry Pi. O nosso projeto é dividido basicamente em 3 grandes blocos: circuito de aquisição de sinais ECG, conversor A/D e Raspberry Pi. O circuito de aquisição tem a função de adquirir o sinal de ECG proveniente do ser humano e efetuar um

pré tratamento, amplificando-o para uma amplitude onde seria possível trabalharmos. O segundo bloco, o conversor A/D, tem o trabalho de converter os sinais ECG que são sinais analógicos. O ultimo bloco (Raspberry Pi) e o mais importante de nossa pesquisa, tem como objetivo realizar toda a parte de processamento dos sinais ECG utilizando a biblioteca OpenCV, fazendo a interpretação dos padrões de onda e estabelecendo resultados a cerca do estado de saúde do paciente. Além de realizar toda a parte de processamento, a Raspberry Pi também é responsável por fornecer uma interface simples e funcional para o nosso sistema, facilitando a utilização pelo usuário final. Assim encontramos a resposta para a pergunta de porque utilizarmos a plataforma Raspberry Pi.

Após a instalação do sistema operacional Debian em nossa plataforma, incluímos a biblioteca OpenCV que é a responsável por todo o processamento dos sinais.

Com o objetivo de testar a funcionalidade do código que interpreta os sinais ECG, utilizamos um banco de dados com vários arquivos de sinais ECG salvos anteriormente. Nosso código realiza a leitura destes arquivos, eliminando o cabeçalho presente em cada arquivo, utilizando apenas as partes onde as informações dos sinais se encontram. Neste momento, aplicamos a transformada de Fourier em nossos resultados e tivemos uma prova concreta da real necessidade da utilização deste conceito em nossa pesquisa.

O próximo passo de nossa pesquisa é baseada em unir todos os blocos já implementados e desenvolver assim uma interface para tornar possível a utilização de nosso sistema por terceiros.

CONCLUSÕES

O campo de estudo de processamento digital de sinais se mostrou algo muito mais complexo e de alta aplicabilidade em nosso cotidiano. Especificamente em nossa área de pesquisa, a área de sinais ECG é um tópico de extrema importância onde é sempre possível inovarmos e aplicarmos tecnologias novas.

A junção dos conceitos e técnicas já existentes no campo de exames de eletrocardiograma juntamente a plataforma Raspberry Pi abrem um leque de possíveis melhorias em um sistema já consolidado, fazendo com que qualquer estudante seja capaz de desenvolver o seu próprio sistema, aplicando as mais diversas técnicas já estabelecidas.

A plataforma Raspberry Pi mostrou ser uma poderosa ferramenta para o processamento digital de sinais. Munida de eficientes bibliotecas como a utilizada em nosso projeto, ela fornece para o desenvolvedor meios relativamente simples para o tratamento e compressão de diversos tipos de sinais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PORTO, Adelino Leite Moreira Porto. Aula teórico-prática eletrocardiografia. 2001. 25 f. Material de aula. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Portugal.

[2] BARBOSA, Gustavo Vinícius Duarte. Projeto de amplificadores de biopotenciais. 2005. 83 f. Dissertação(Pós-graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

[3] FUNDAMENTALS OF SIGNALS AND SYSTEMS USING MATLAB; Edward W. Kamen e Bonnie S. Heck; Prentice-Hall; 1997.

[4] IGARASHI, Massaki de Oliveira. Utilização de filtros para remoção de interferência de sinais de eletrocardiograma. 2007. 61 f. Trabalho de Graduação(Engenharia Elétrica). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

[5] DIGITAL FILTERS: ANALYSIS AND DESIGN; Andreas Antonion; McGraw-Hill Editions; 1979.

[6] THE FOURIER TRANSFORM AND ITS APPLICATIONS; Ronald N. Bracewell; Segunda Edição; McGraw-Hill Editions; 1986.

[7] SINAIS E SISTEMAS; Simon Haykin e Barry Van Veen; BookMan Editores; 2000.

[8] ANÁLISE DE CIRCUITOS EM ENGENHARIA; J. David Irwin; Makron Books; 2000.