

SISTEMA DE ELETROCARDIOGRAMA PARA PLATAFORMA ANDROID™

P. V. E. Souza*, E. A. B. Santos* e M. A. B. Rodrigues*

*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Brasil

e-mail: pvesouza@gmail.com

Resumo: As áreas de *fitness* e *healthcare* vêm ganhando muito espaço no mercado brasileiro devido a grande procura da população por um bem estar físico. No entanto, os cuidados com a saúde, principalmente cardiovascular, não tem acompanhado o ritmo com que as pessoas almejam ao corpo perfeito. O presente trabalho mostra que a tecnologia da informação, em conjunto com a eletrônica, pode atuar a serviço da saúde. O projeto descreve o desenvolvimento de um equipamento eletrônico que será utilizado para monitorar a atividade cardíaca de uma pessoa durante a realização do exercício físico. O aparelho captura os sinais cardíacos e os envia a um *smartphone* ou *tablet* próximo ao corpo do usuário por meio de tecnologia de comunicação *Bluetooth*. Os sinais são mostrados na tela sob a forma gráfica, tal como num monitor de ECG. O sistema apresentou resultados satisfatórios durante os testes. Algumas capturas de tela da aplicação desenvolvida neste trabalho são apresentadas, demonstrando a usabilidade do sistema.

Palavras-chave: Eletrocardiograma, Monitoramento Cardíaco, Monitor Portátil.

Abstract: *The areas of fitness and healthcare have gained a lot of space in the Brazilian market due to high demand of the population have physical good shape. However, healthcare, mainly cardiovascular, have not kept pace with which people wish the perfect body. This work shows how information technology working together with electronics may be at the service of health. The project describes the development of electronic equipment that will be used to monitor cardiac activity of a person during physical exercise. The device capture the heart signals and send them to a smartphone next to the person's body by means of Bluetooth communication technology. The signals are shown on the screen in graphical form, as in an ECG monitor. The system showed satisfactory results during the tests. Some screenshots of the application developed in this work are shown, demonstrating the usability of the system.*

Keywords: *Electrocardiogram, Cardiac Monitoring, Portable Monitor.*

Introdução

O Eletrocardiograma (ECG) é o somatório dos potenciais de ação das células do coração. O sinal pode ser representado por um gráfico obtido através da

aquisição dos potenciais elétricos do coração por meio de eletrodos posicionados sobre a pele do paciente e é utilizado como ferramenta de diagnóstico de diversas cardiopatias [1]

O ECG é o exame auxiliar mais utilizado no diagnóstico de cardiopatias. Isto se deve ao fato de ser um exame não invasivo, de baixo custo e extremamente versátil. Além disso, o sinal de eletrocardiograma reflete pequenas alterações do ritmo cardíaco, possibilitando uma análise mais aprofundada sobre o funcionamento do sistema cardíaco [1].

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) aproximadamente 140 mil pessoas morrem de doença cardíaca no Brasil anualmente. Com a utilização de ferramentas que permitam o rápido diagnóstico de cardiopatias, grande parte dessas mortes poderia ser evitada [2].

Atualmente os telefones e dispositivos móveis apresentam *hardwares* cada vez mais poderosos. Com essa capacidade de processamento de dados aliada à versatilidade do sistema operacional Android™ pode-se desenvolver uma ferramenta de grande capacidade e utilidade em prol da saúde, em especial para a saúde de pessoas que praticam atividades que demandam grande esforço aeróbico. Com o tempo de diagnóstico mais curto, pessoas que possuem risco de sofrer infarto seriam também beneficiadas, uma vez que o tempo de socorro influencia nas chances de sobrevivência do indivíduo.

O desenvolvimento de dispositivos discretos e portáteis, que possuem baixo custo de fabricação e simplicidade em sua utilização, permite que as pessoas realizem atividades físicas corriqueiras (uma leve corrida ou caminhada, na praia, por exemplo) ao mesmo tempo em que tenham sua atividade cardíaca monitorada em tempo real e de maneira confortável.

Devido ao grande crescimento da área de telefonia celular, em especial dos telefones celulares que portam o sistema operacional Android™, diversas aplicações estão surgindo, desde jogos simples até aplicativos comerciais complexos. Desta forma, procurou-se desenvolver um aplicativo para a plataforma Android™, que fosse utilizado durante a realização da atividade física, bem como possuísse a interligação com um dispositivo que tenha a capacidade de adquirir sinais cardíacos e enviá-los a um *smartphone*. Esta modalidade de aparelho telefônico passou a ter bastante utilidade em casos em que se necessita de monitoramento remoto, principalmente naqueles casos

em que o indivíduo apresenta maior probabilidade em desenvolver doenças cardíacas.

O sinal de eletrocardiograma

O eletrocardiograma é o registro da atividade elétrica do coração e é obtido pela diferença de potencial instantânea entre os eletrodos localizados na superfície da pele. Esse sinal é muito utilizado no auxílio e diagnóstico de muitas doenças cardíacas devido ao fato de ser um exame de custo relativamente baixo e não invasivo[2].

Sinais biológicos em geral são sinais que possuem amplitudes baixas, dezenas de milivolts, o ECG é um sinal biológico que possui amplitude que varia de 5 a 10 mV e frequências características de 0,05Hz até 100Hz. Portanto, para que sistemas computacionais possam trabalhar normalmente é necessário um sistema eletrônico de condicionamento e transmissão do sinal para este dispositivo [4].

Uma vez que a banda de frequência dos sinais de ECG é de 0,05Hz a 100Hz, segundo o critério de Nyquist - Shannon, para que um sinal possa ser recuperado sem perda de informação, é necessária uma frequência de amostragem maior ou igual a duas vezes a maior frequência contida no sinal a ser amostrado. Portanto, para que o sinal de ECG seja reconstruído em um gráfico digital de maneira correta, a frequência de amostragem deve ser no mínimo 200Hz[3].

Protótipo do sistema

Para que o dispositivo seja utilizado durante a prática de exercícios físicos, ele precisa atender a algumas características como: ser leve e pequeno, apresentar robustez quanto a falhas e possuir baixo consumo e custo de fabricação.

Para facilitar o andamento e acompanhamento do projeto o dispositivo foi dividido em três módulos: aquisição de ECG, sistema eletrônico de transmissão *wireless* e o aplicativo desenvolvido para *tablets* e *smatphones* Android™. A Figura 1 ilustra um diagrama de blocos simplificado do sistema.

O sistema de aquisição de sinais de ECG tem a função de condicionar os sinais biológicos ao nível de trabalho dos microcontroladores e filtrar outros sinais que são indesejados ao monitoramento.

Para realizar essa função o sistema de aquisição deve ter amplificadores e filtros. No sistema proposto foi utilizado um amplificador de biopotencial, cuja característica principal é alta CMRR (*Common Mode Ratio Rejection*), que atenua os sinais comuns às duas entradas do amplificador e atenua o sinal de 60Hz, principal causa de interferência em sinais biológicos.

Sistema de aquisição de ECG

Para seleção das componentes de frequência características do ECG, um filtro passa-banda com frequência de cortes inferior e superior de 0,05Hz e 100

Hz, respectivamente, foi utilizado. Além disso, um circuito de amplificador subtrator foi utilizado com o objetivo de inserir uma tensão contínua ao sinal de ECG para que ele fique com uma excursão positiva e não danifique o microcontrolador, já que o mesmo opera apenas com níveis de tensão TTL positivos.

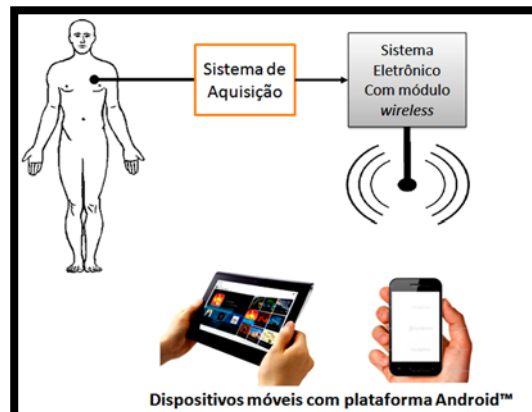


Figura 1: Diagrama de blocos do sistema proposto.

A Figura 2 ilustra o módulo de aquisição de sinais ECG e o tamanho do mesmo.



Figura 2: Módulo de Aquisição do sinal de ECG.

O Sistema eletrônico de transmissão *wireless*

O sistema de conversão A/D e transmissão *wireless* foram desenvolvidos em uma plataforma independente, ou seja, o sistema de aquisição e a plataforma de transmissão são independentes um do outro para que o sistema torne-se escalável e outras tecnologias de transmissão possam ser futuramente utilizadas.

A conversão A/D do microcontrolador utilizado no projeto possui uma resolução de 10 bits, que são enviados para o módulo de transmissão via UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*).

O sistema de transmissão é composto por um microcontrolador e um módulo de comunicação *Bluetooth*. O primeiro possui as funções de controle e monitoramento de carga da bateria, interface homem máquina através de botões externos, conversão A/D do sinal de ECG e envio dos dados, já o módulo *Bluetooth* tem a função de receber esses dados via comunicação

serial e enviá-los sem fio para um *smartphone* ou *tablet* implementando a pilha de protocolos Bluetooth. O módulo utilizado possui o perfil *Serial Port Profile*, bastante utilizado em aplicações de *cable replacement*, e que tem como característica emular uma porta serial. Os dados são transmitidos a uma velocidade 115200 bps e o pacote é composto por dois bytes, o primeiro byte indica o tipo de dado, se é de controle ou informação e o segundo byte indica o valor. No entanto, os comandos de controle ainda não foram definidos no projeto.

Tendo em vista o tempo de uso prolongado que o sistema deve possuir e compatibilidade com dispositivos móveis o protocolo de transmissão escolhido foi o Bluetooth, pois ele tem por característica possuir baixo consumo de energia em comparação com outros protocolos como *Wi-Fi*, que também é compatível com a maioria dos dispositivos móveis atualmente.

Além disso, o equipamento ainda possui um sistema próprio de carregamento da bateria via porta USB, para que o usuário tenha conforto e praticidade no momento de carregar o dispositivo sem a necessidade de abertura do mesmo, já que a maioria dos telefones celulares atualmente apresenta cabo USB para carregar e trocar dados com computadores. A Figura 3 ilustra o sistema de conversão e transmissão do sinal de ECG.



Figura 3: Sistema de Conversão e Transmissão.

O Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido para que seu funcionamento fosse fácil a usuários comuns. O usuário precisa apenas conectar os eletrodos sobre a pele, ligar o equipamento e após o dispositivo estiver ligado, ir até o atalho de execução do aplicativo no telefone celular ou *tablet* e então executar o aplicativo como qualquer outro aplicativo Android™.

O aplicativo proposto foi escrito em linguagens de programação *Java* e *XML*, mas com todas as APIs de desenvolvimento para Android™. Esse sistema operacional foi escolhido para o desenvolvimento porque é o sistema para dispositivos móveis que mais ganha espaço no mercado e pelo fato de possuir um conjunto grande de bibliotecas de código aberto (*open source*).

O ambiente de desenvolvimento utilizado para escrever o código e desenvolver o aplicativo foi o Eclipse em conjunto com as bibliotecas padrões para Android™. Nesse ambiente de desenvolvimento, o código que executa as funções do aplicativo é feito em *Java* e o *layout* da aplicação é desenvolvido em linguagem *XML*.

Resultados

Inicialmente, para testar o circuito de aquisição de sinais de eletrocardiograma, foi utilizado osciloscópio para verificar os níveis do sinal e os níveis de ruído do mesmo. Na Figura 4 está ilustrado o sinal de ECG capturado pelo módulo através de um osciloscópio digital.

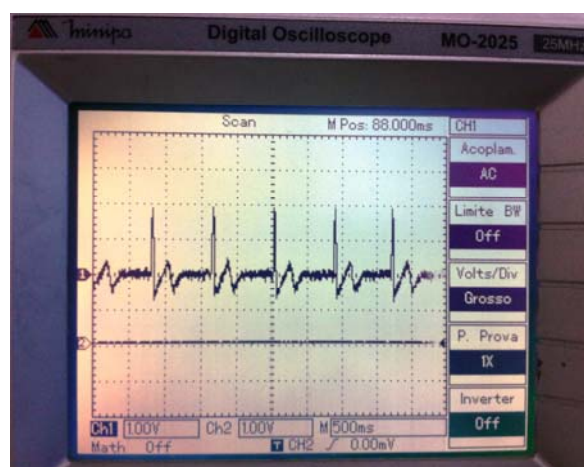


Figura 4: Imagem do sinal adquirido via osciloscópio digital.

Após confirmar a qualidade dos dados de ECG em osciloscópio digital, os testes passaram para o aplicativo desenvolvido. Esse por sua vez possui a função de captar os dados oriundos da comunicação Bluetooth e mostrá-los na tela do dispositivo em formato de gráfico em função do tempo. Na Figura 5 está ilustrada a tela do aplicativo que será mostrada ao usuário em pleno funcionamento ilustrando o sinal de ECG.

Conclusão

Com base nos resultados e testes do equipamento, o mesmo apresentou desempenho bastante satisfatório, já que os dados da aquisição do sinal de ECG foram ilustrados na tela do dispositivo sem que houvesse perdas significativas de sinal.

O aplicativo se mostrou compatível com dispositivos móveis de diferentes tamanhos e capacidade de processamento. Além disso, o consumo do equipamento ficou bem dimensionado uma vez que o mesmo permaneceu em funcionamento durante 8 horas ininterruptas. Este tempo é suficiente para qualquer atividade física, podendo ser utilizada uma bateria de

celular de 3,7V e 600mAh, o que apresenta um consumo médio de 75mA.

Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

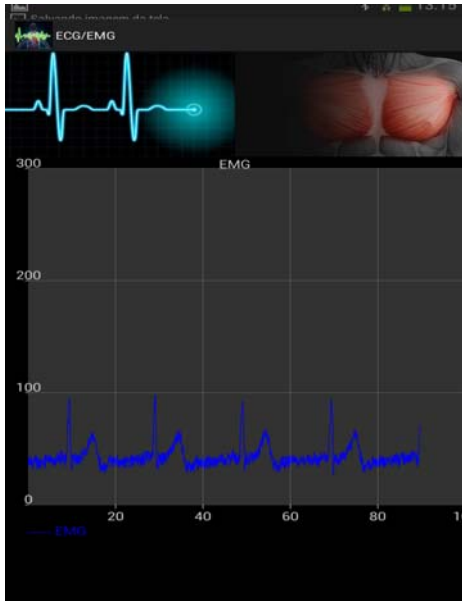


Figura 5: Imagem do aplicativo desenvolvido.

Contudo, é necessário a implementação de algumas funcionalidades ao aplicativo para que o equipamento trabalhe da melhor maneira possível, atendendo às necessidades do público alvo. A ideia é oferecer diversas funcionalidades, como processamento e detecção de frequência e arritmias cardíacas, alertas de frequência cardíaca acima do nível normal pré-estabelecido de acordo com o perfil do usuário e histórico da frequência cardíaca média durante a execução da atividade física, entre outras.

Agradecimentos

Agradecimentos a Qualihouse Automação Predial pelo suporte dado ao projeto.

Referências

- [1] Paulo CC, Adelino LM. Eletrocardiografia: Aula teórico-prática [internet]. 2001. Available from: http://fisiologia.med.up.pt/Textos_Apoio/cardiaco/ECG.pdf.
- [2] Paulo ALG, Karina PL. Análise da lógica descritiva como recurso informacional: um exemplo de aplicação na cardiologia. Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde (RECIIS) [internet]. 2011 Março. 5 (1). Available from: <http://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/339/758>.
- [3] Bhagwandas PL, Sinais e Sistemas Lineares. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2007.
- [4] Viviane P. Sistema computacional para o processamento, a análise e a classificação do sinal eletrocardiográfico de neonatos e adultos [dissertação].