



ELETROCARDIOGRAFO COM COMPUTAÇÃO MÓVEL COMO FERRAMENTA DIDÁTICA NA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO

Ari Magagnin Júnior¹ – ari.magagnin@gmail.com

João H. C. Simas^{2,3} – jhcecato@gmail.com

Laurenco R. Malucelli Neto^{1,4} – lourencomalucelli@gmail.com

Douglas R. Jakubiak² – jakubiak@utfpr.edu.br

Vicente Machado Neto^{1,2} – vikmachado@gmail.com

Miguel A. Sovierzoski^{1,2} – miguelaso@utfpr.edu.br

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB)

² Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN-CT)

³ Departamento Acadêmico de Computação (DAINF-CT)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Av. Sete de Setembro, 3165

80230-901 Curitiba-PR

⁴ Universidade Tuiuti do Paraná (UTP)

Rua Sydnei A. Rangel Santos, 238

82010-330 Curitiba-PR

Resumo: Os avanços no conhecimento aliado as tecnologias da internet, facilitando e modificando a forma de acesso as informações, têm alterado o processo de ensino-aprendizagem na academia. O modelo tradicional de ensino, com disciplinas contidas em um formato de sala de aula, sem uma visão ao redor e sem interligações com outras disciplinas ou áreas de conhecimento não estimulam a maioria dos estudantes ao aprendizado. Experiências com projetos integradores e trabalhos de conclusão de curso convergem para uma maior interação do estudante com as atividades acadêmicas e com as disciplinas do curso, tanto que se tornaram atividades obrigatórias nos cursos de graduação. Este artigo apresenta uma versão didática de um equipamento comercial como uma ferramenta desenvolvida para estudantes de graduação em Engenharia Eletrônica, em Engenharia de Computação, e cursos afins. O objetivo é integrar diversas áreas de conhecimentos abordadas em diferentes disciplinas profissionalizantes gerais e específicas, permitindo que o estudante interaja com o projeto, analise, avalie e teste as suas soluções de projeto ou implementações. O eletrocardiógrafo didático com computação móvel permite interagir com estudantes cursando disciplinas desde eletrônica básica, passando por circuitos analógicos, sistemas digitais, sistemas operacionais, processamento digital de sinais em tempo real, comunicações sem fio e computação móvel. É apresentada a descrição do sistema para ter a abrangência multidisciplinar e são discutidos alguns resultados preliminares.

Palavras-chave: Eletrocardiógrafo didático, Computação móvel, Ensino-aprendizagem, Integração de áreas de conhecimento

1. INTRODUÇÃO

Nos cursos de graduação em engenharia há o paradigma da contínua expansão do conhecimento científico e do aparecimento de novas tecnologias. Apesar das matérias de formação básica sofrerem pouca alteração ao longo dos anos, as matérias de formação profissional geral e formação profissional específica estão sujeitas a uma constante inserção de novas tecnologias e a obsolescência de outras.

Para manter o currículo atualizado são necessárias adequações constantes nos projetos pedagógicos dos cursos. Outras diretivas também norteiam e impõem limites neste trabalho, destacando-se o tempo para titulação e a carga horária semestral ou anual do curso. No outro lado encontra-se o estudante que, acostumado com a velocidade do mundo globalizado, se desmotiva com facilidade e evade-se dos cursos de graduação. Nesse contexto, é necessário o uso de soluções didáticas inovadoras para que os estudantes absorvam mais conhecimento formativo com menos aulas. Para que o estudante consiga motivar-se, aprender, interagir de maneira adequada com o conteúdo e amadurecer sua postura profissional, é necessário que tais soluções didáticas estejam inseridas neste contexto tecnológico de rápida evolução. Os projetos pedagógicos dos cursos descrevem a conexão entre as disciplinas, mas quando se trata das matérias de formação profissional geral e formação profissional específica, não é motivador para o estudante manter-se focado em uma só disciplina sem que possa compreender de forma empírica a conexão desta disciplina com as demais disciplinas da matriz curricular. Para aumentar a motivação do estudante, é necessário abordar aplicações reais do conhecimento explanado em sala de aula. Se possível, o próprio estudante deve desenvolver trabalhos práticos utilizando estes conhecimentos, melhorando em todos os aspectos características tácitas e não tácitas da sua formação. Todas estas discussões de contexto sempre estiveram e continuam na pauta das reuniões da Comissão Curricular Permanente (CCP), atualmente denominada de Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso.

Esse trabalho apresenta uma solução didática de um equipamento médico-hospitalar, no caso um eletrocardiógrafo portátil com computação móvel, que objetiva integrar várias áreas do conhecimento abordadas em diversas disciplinas nas engenharias, principalmente na Engenharia Eletrônica e na Engenharia de Computação.

2. MOTIVAÇÃO

Projetos isolados a uma disciplina ou projetos envolvendo um pequeno conjunto de disciplinas surgem naturalmente entre os professores, representando um projeto disciplinar, ou um projeto integrador, fazendo uso de problemas maiores e mais complexos que exigem múltiplas habilidades dos estudantes.

A motivação para esse trabalho está relacionada com a integração de diversas áreas de conhecimento para estimular o ensino multidisciplinar envolvendo principalmente a engenharia elétrica, a engenharia de computação e a engenharia biomédica.

Neste escopo foi desenvolvido de forma didática o eletrocardiógrafo portátil com computação móvel, para que diversas áreas de conhecimento e tecnologias interajam com disciplinas profissionalizantes ao longo da formação do discente. Objetiva-se manter a motivação do estudante com o reconhecimento e a aplicação dos conhecimentos adquiridos e trabalhos desenvolvidos no contexto do projeto, permitindo a análise das soluções implementadas, o desenvolvimento e testes de novas soluções e a aplicação de novas tecnologias. Foram utilizadas premissas no desenvolvimento do projeto possibilitando que o estudante interaja com a ferramenta em diversos níveis de abstração:

- Nível de circuitos e soluções tecnológicas. O eletrocardiógrafo foi projetado para o estudante interagir com os circuitos, podendo monitorar sinais internos aos circuitos, adicionar e testar os seus circuitos. Novas soluções podem ser ensaiadas pelo estudante e agregadas ao sistema;
- Nível de protocolos. Os protocolos de comunicação são simples de analisar e podem ser alterados ou modificados gerando novas versões do sistema;
- Nível de aplicativos. O estudante pode interagir com o sistema e desenvolver os seus estudos e trabalhos alterando o aplicativo ou desenvolvendo o seu aplicativo, utilizando as mesmas ferramentas ou outras ferramentas;
- Nível de sistema. O estudante obtém a visão geral do sistema e se necessário a visão e o detalhe das partes, interagindo com os circuitos, com os protocolos, com as rotinas, permitindo uma maior interação com o eletrocardiógrafo didático e com as tecnologias envolvidas.

Como citado, o objetivo do trabalho é integrar o conteúdo de diversas disciplinas de diferentes áreas de conhecimento através de uma aplicação real, porém, adaptada para as necessidades acadêmicas, de forma que os estudantes interajam em diversos níveis com o projeto, sem desviar o foco principal das disciplinas.

No contexto do projeto do eletrocardiógrafo didático são necessários conhecimentos de diversas áreas, destacando-se: condicionamento de sinal, circuitos com amplificadores operacionais, projeto de circuitos analógicos (BOYLESTAD e NASHELSKY, 2004), ruído em circuitos, sistemas, teoria de filtros ativos (PERTENCE JÚNIOR, 2012), conversão analógica-digital, microcontroladores (NICOLSI, 2000), periféricos inteligentes, sistemas digitais (TOCCI, 2011), sistemas operacionais (SILBERSCHATZ, 2012), sistemas embarcados, sistemas em tempo real (SHAW, 2001), armazenamento de dados, processamento digital de sinais, técnicas de filtragem digital (PROAKIS e MANOLAKIS, 2007), interfaces de comunicação, desenvolvimento de protocolos, protocolos de comunicação, protocolos de comunicação sem fio (TANENBAUM, 2003), segurança de informação (STAMP, 2011), programação estruturada, programação orientada a objetos (DEITEL, 2010), programação orientada a eventos (SEIXAS FILHO e SZUSTER, 2003), interface humano-computador, design de interfaces, tecnologias em internet, aplicações em dispositivos móveis. Outras áreas de conhecimento, mais focadas em engenharia biomédica contemplam instrumentação biomédica com sistemas de transdução (WEBSTER, 2010), normas de segurança em equipamentos biomédicos (ABNT, 1997a, 1997b) e fisiologia humana com a geração de potenciais bioelétricos (GUYTON e HALL, 2006).

3. DESCRIÇÃO DO ELETROCARDIOGRAFO DIDÁTICO

A visão geral do sistema didático de eletrocardiografia com computação móvel é apresentada pela Figura 1, onde um voluntário ou um simulador de sinal de ECG é conectado no eletrocardiógrafo. Este efetua as conformações no sinal de ECG, as adequações de níveis de tensão, o processo de amostragem e digitalização do sinal e envia o sinal digitalizado para um computador através do módulo de comunicação sem fio. O computador transmite o sinal para o servidor web que é responsável por gravar o sinal no banco de dados e disponibilizá-los para os *hosts* conectados via navegador web. Os *hosts* podem ser computadores, tablets ou smartphones dos próprios estudantes.

O diagrama de casos de uso do sistema é apresentado pela Figura 2. As ações que o professor ou os estudantes podem realizar sobre o sistema são: configurar os circuitos de aquisição, analisar o projeto e o funcionamento dos circuitos e observar a qualidade da

comunicação de dados. Os estudantes podem: visualizar os sinais dos canais de ECG em tempo real, o batimento instantâneo e os sinais armazenados no banco de dados do servidor web.

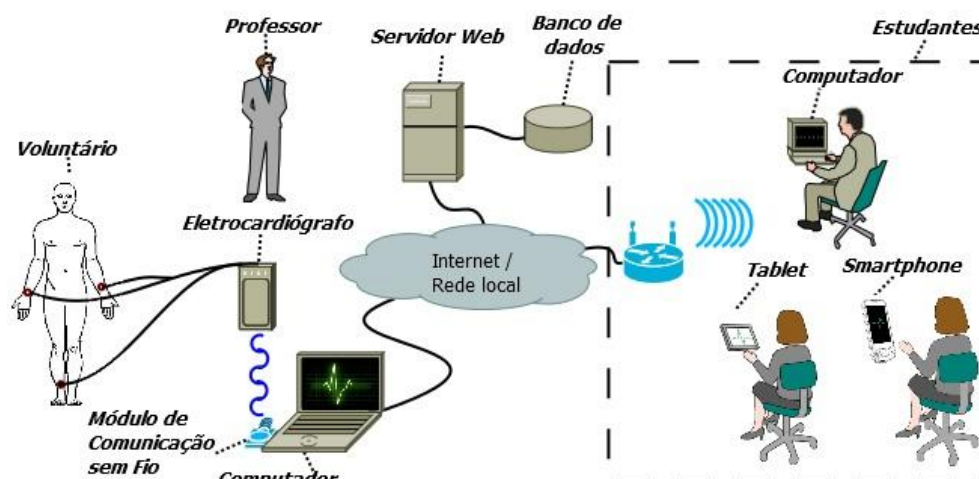


Figura 1 – Visão geral do sistema didático de eletrocardiografia com computação móvel através de um diagrama de cenário e atores.

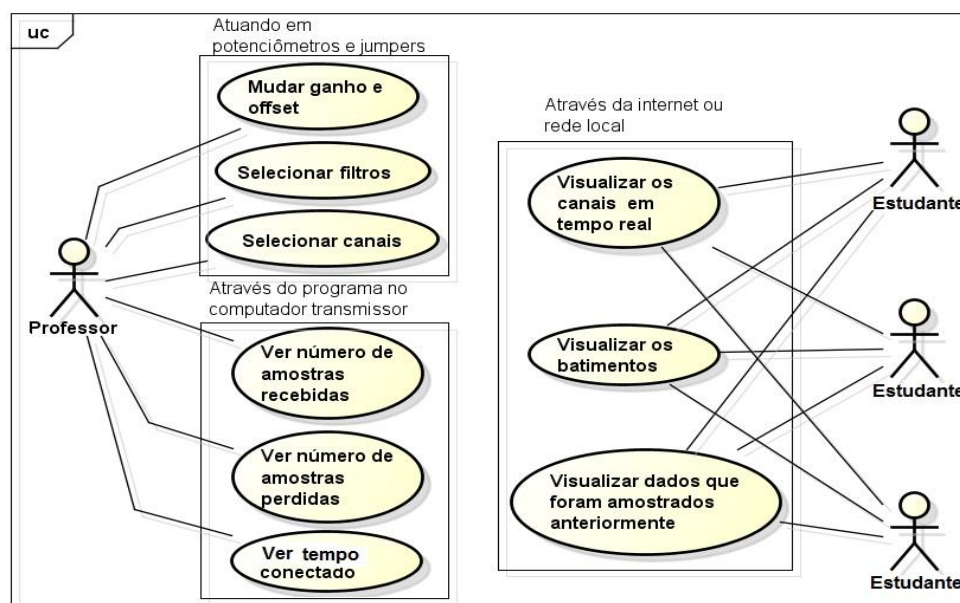


Figura 2 – Diagrama de casos de uso do sistema.

3.1. Circuitos eletrônicos do eletrocardiógrafo didático

O sinal de ECG adquirido pelo eletrocardiógrafo é um sinal de baixa amplitude, na escala de dezenas de milivolts, devendo ser amplificado e grampeado de forma a manter o sinal na faixa de 0 a 3,3 volts, para ser compatível com os níveis de tensão do conversor analógico-digital do microcontrolador. Deve-se também utilizar de filtros para atenuar os ruídos (principalmente o ruído de 60 Hz proveniente da rede elétrica) e não atenuar a faixa de frequências do sinal de ECG adequada para cada aplicação. Segundo Tompkins (1993) o sinal

de ECG clínico padrão de 12 derivações possui banda passante de 0,05 até 100 Hz. Para aplicações de monitoramento em ambulatorios ou UTIs a banda passante é restrita a 0,5 até 50 Hz. Para aplicações de batimento cardíaco é suficiente um filtro passa-faixa centrado em 17 Hz com fator de qualidade Q de 3 a 4.

No eletrocardiógrafo didático é possível fazer várias combinações entre os filtros simulando para um mesmo sinal de ECG diversas aplicações diferentes e observar simultaneamente essas diferenças dos canais na tela do *host*.

O diagrama do hardware do eletrocardiógrafo didático é apresentado pela Figura 3, onde o sinal passa por vários estágios até ser enviado para o módulo de comunicação sem fio Xbee.

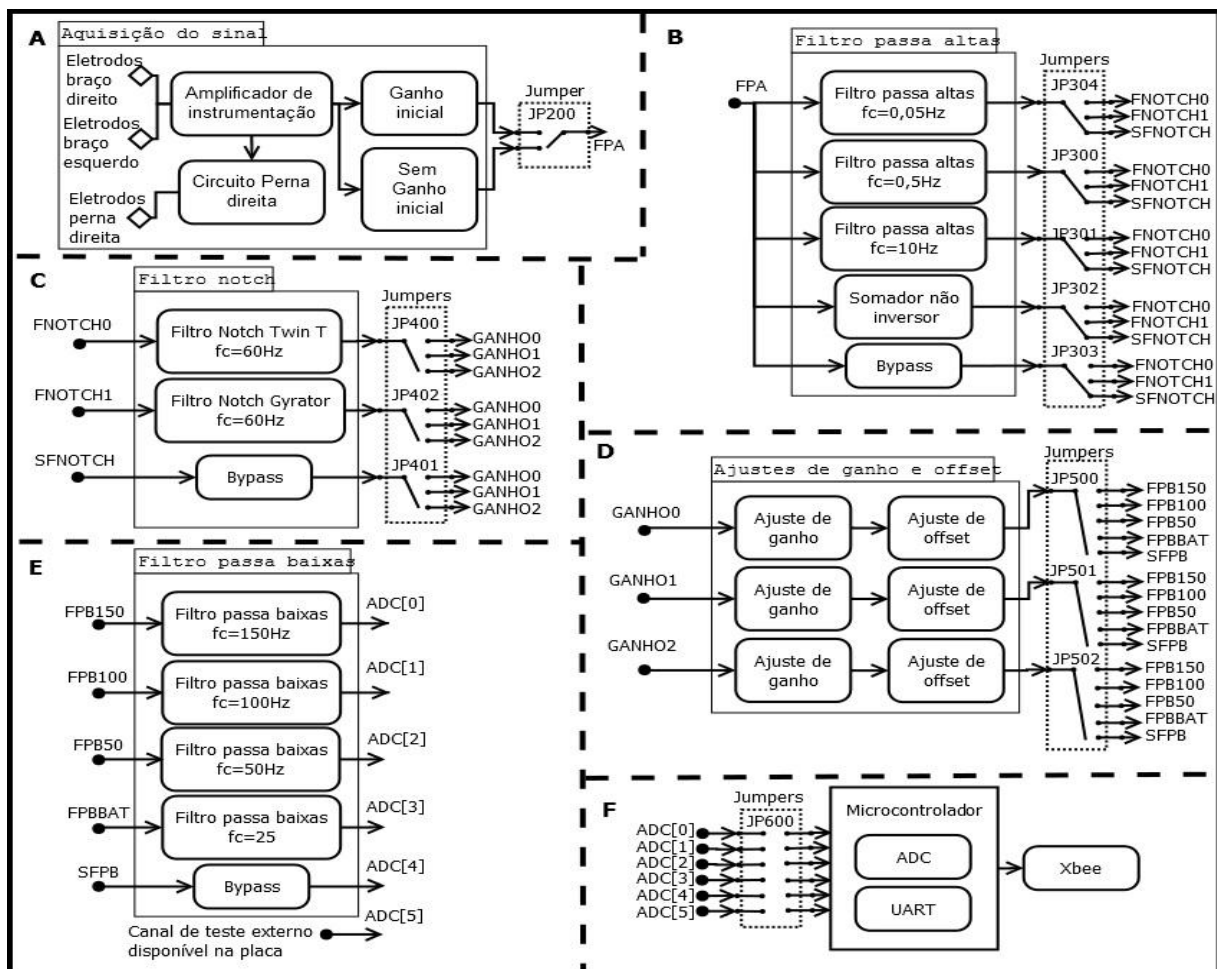


Figura 3 – Diagrama em blocos do eletrocardiógrafo didático com seleção de circuitos.

Os principais estágios do eletrocardiógrafo portátil são descritos:

- Aquisição de sinal – O sinal adquirido pelos eletrodos passa por um amplificador de instrumentação. O circuito da perna direita é responsável por inverter o sinal e injetar uma corrente na perna direita do voluntário para causar uma interferência subtrativa, minimizando o ruído em modo comum. Vide a Figura 3(a).
- Filtro passa-altas – O sinal passa por filtros passa-altas com frequências de corte de 0,05 Hz, 0,5 Hz e 10 Hz, ou ainda se desejado pode-se utilizar um sinal de teste no circuito somador não inversor. Vide a Figura 3(b).

- Filtro *notch* sintonizado em 60 Hz – O sinal pode passar por dois tipos de filtros *notch*, o Twin T e o Gyrator. Vide a Figura 3(c).
- Ajustes de ganho e *offset* – É fornecido um ajuste de ganho e de *offset* no sinal, modificável através de potenciômetros disponíveis na placa para adequá-lo aos níveis de tensão do conversor ADC do microcontrolador. Vide a Figura 3(d).
- Filtros passa-baixas – O sinal passa por filtros passa-baixas de frequências de corte 150 Hz, 100 Hz, 50 Hz e 25 Hz, para limitação de banda de frequência do sinal e fazendo a função de filtro *anti-aliasing*. Vide a Figura 3(e).
- Microcontrolador – O microcontrolador possui um periférico de conversão analógica-digital com oito canais, dos quais cinco digitalizam os sinais de ECG. E o sexto está disponível para aplicações externas pelo estudante. Os dados digitalizados são inseridos em um pacote de dados, com protocolo proprietário e através do periférico de interface serial são enviados ao módulo de comunicação sem fio XBee. Vide a Figura 3(f).

3.2. Firmware do eletrocardiógrafo didático

O firmware do eletrocardiógrafo didático é representado pela máquina de estados da Figura 4. Basicamente são dois estados, onde um deles é um superestado *clustering*. O firmware controla o processo de amostragem e digitalização dos sinais de ECG, prepara o pacote de mensagens e envia para o transmissor sem fio via interface serial.

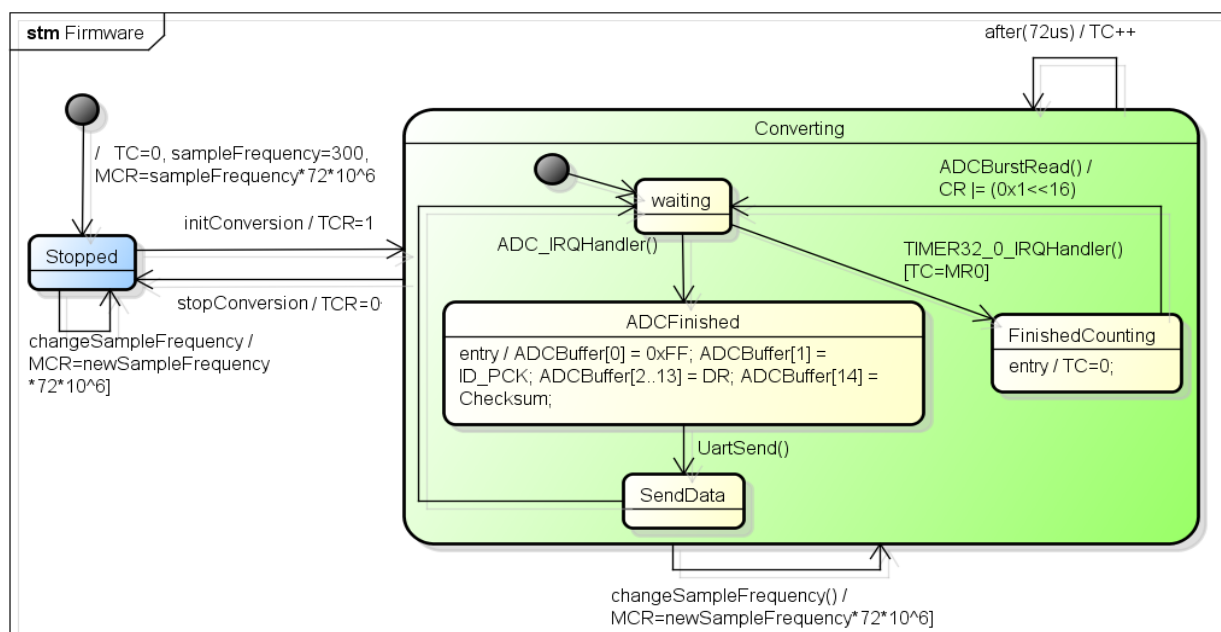


Figura 4 – Máquina de estados do firmware do eletrocardiógrafo didático.

Segue a descrição dos estados:

- **Stopped** - estado inicial de espera do *firmware*, onde o *timer* está parado e consequentemente não há conversão (estado de baixo consumo de energia).
- **Converting** - superestado onde o *firmware* periodicamente lê os sinais digitalizados pelo ADC. Inicia-se no estado **Waiting** (estado de baixo consumo de energia) quando

o TCR *Timer Control Register* é carregado com o valor 0x01. No momento em que o TC *Timer Counting* é igual ao MR0 *Match Register 0* é gerada uma interrupção, sendo que o *firmware* passa para o estado **FinishedCounting** onde TC é reiniciado com valor 0x00, então é chamado um evento *ADCBurstRead* para iniciar a conversão no modo *Burst* do ADC (todos os canais são convertidos) e volta-se para o estado **Waiting**. Quando o ADC termina de converter os canais do ADC, uma interrupção é chamada e o *firmware* passa para o estado **ADCFinished** onde o *Buffer ADCBuffer[0..14]* é carregado com os valores de delimitador de início de pacote, com o identificador do pacote, com o resultado da conversão dos canais do ADC e com o *checksum*. Após carregar o *Buffer* o *firmware* passa para o estado **UartSend** onde os valores carregados no buffer são enviados pela UART para o módulo de comunicação sem fio que está configurado para trabalhar nesse modo e transmitir os dados para o outro módulo de comunicação que está na porta USB do computador transmissor. Logo após esses dados serem enviados para a interface de comunicação serial, o *firmware* retorna ao estado **Waiting** aguardando uma nova chamada da interrupção do timer.

3.3. Comunicação do eletrocardiógrafo didático com o computador transmissor

A comunicação entre o eletrocardiógrafo e o computador é realizada através de um protocolo proprietário com recursos de verificação de integridade de dados e de segurança para dados perdidos. Como detalhado na máquina de estados da Figura 4, o microcontrolador lê os dados do conversor ADC, prepara a mensagem e envia através da interface serial para o módulo de comunicação sem fio XBee.

Os dados são enviados pela comunicação sem fio através de mensagens. A mensagem é composta por vários campos consistindo de: campo delimitador de início de mensagem, campo com número sequencial de identificação da mensagem, campo de dados amostrados e finalizando com campo de *checksum*. As mensagens possuem tamanho fixo sendo que cada mensagem transporta uma amostra digitalizada de cada um dos canais analógicos, representando um total de 15 bytes por mensagem.

O campo de *checksum* garante a integridade dos dados da mensagem, e o campo identificador de pacote garante a segurança dos dados recebidos pelo computador.

O computador possui um módulo Xbee conectado através da interface USB. O aplicativo no computador verifica através de uma máquina de estados a correta recepção dos dados amostrados dos canais de ECG, verificando o campo de *checksum* para a integridade dos dados recebidos e o campo identificador de pacote para a sequência correta dos dados, caso haja perda de mensagem. Desta forma é efetuado o tratamento de erros, garantindo assim a segurança na comunicação e a integridade dos dados recebidos pelo computador.

3.4. Aplicação do computador transmissor

O aplicativo do computador transmissor é responsável por receber as amostras de ECG enviadas pelo microcontrolador através da porta serial e enviá-las para o servidor web. Primeiramente ele realiza a conexão com o servidor para a devida autenticação através do nome de usuário e sua respectiva senha. Inicia-se então o processo de recebimento das amostras do sinal de ECG. O aplicativo foi desenvolvido em Java e a interface principal com o usuário é apresentada pela Figura 5. Esta interface contém estatísticas relacionadas à conexão com o eletrocardiógrafo, bem como configurações e comandos.



Figura 5 – Interface principal do aplicativo do computador transmissor.

As estatísticas são atualizadas em tempo real e o usuário pode monitorar problemas como, por exemplo, uma desconexão ou o aumento do número de mensagens perdidas.

A máquina de estados responsável pelo recebimento e verificação dos pacotes para essa aplicação é apresentada pela Figura 6.

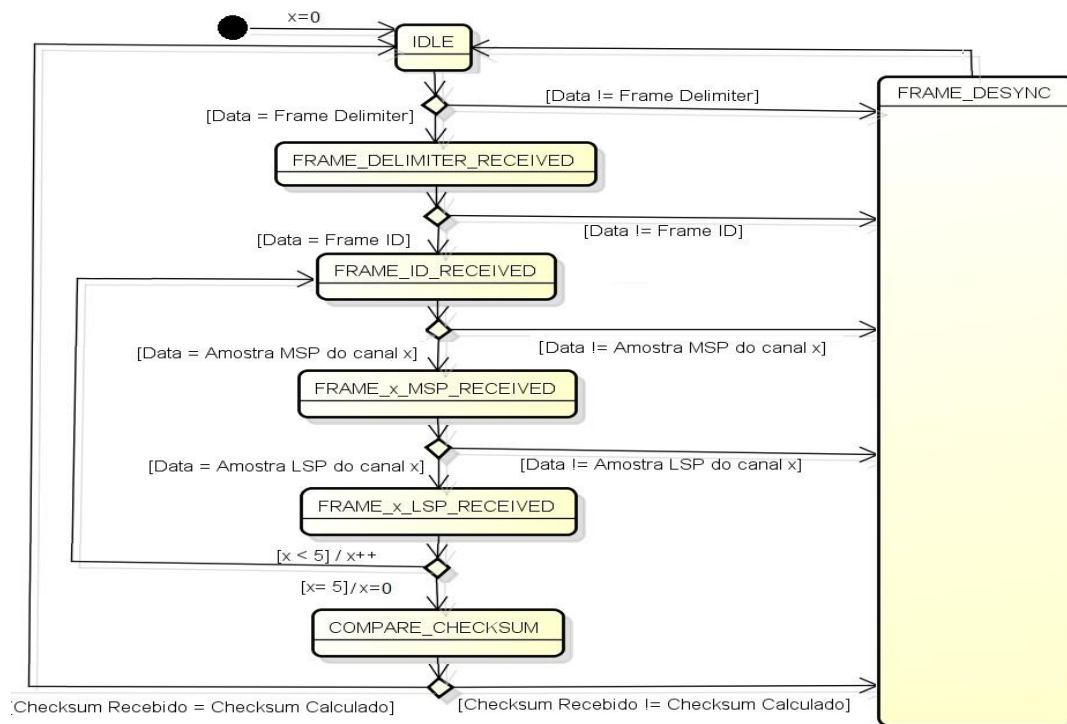


Figura 6 – Máquina de estados do protocolo de recebimento das mensagens do computador transmissor.

O programa trata byte a byte os dados que recebe dos pacotes de 15 bytes enviados pelo computador transmissor. São sete estados:

- **Idle** – O aplicativo inicia neste estado, coloca o valor de $x = 0$ e fica aguardando a chegada do byte delimitador de início de mensagem e então passa para o próximo estado **Frame_Delimiter_Received**.
- **Frame_Delimiter_Received** – O aplicativo aguarda a chegada do Identificador de pacote e quando o recebe passa para o estado **Frame_ID_Received**.

- **Frame_ID_Received** – O aplicativo aguarda a chegada da parte mais significativa do sinal do canal x , e quando a recebe passa para o estado **Frame_x_MSP_Received**.
- **Frame_x_MSP_Received** – O aplicativo aguarda a chegada da parte menos significativa do sinal do canal x , e quando a recebe passa para o estado **Frame_x_LSP_Received**.
- **Frame_x_LSP_Received** – Nesse momento o aplicativo verifica se o x for menor que 5, significa que ainda não foi recebido todos os bytes referentes aos canais e então o aplicativo incrementa o valor de x e retorna para o estado **Frame_ID_Received**, caso contrário passa o estado **Compare_Cheksum**.
- **Compare_Cheksum** – Nesse estado o aplicativo calcula o *checksum* e o compara com o *checksum* que recebeu na mensagem para analisar se o pacote que foi recebido está correto ou corrompido. Se estiver corrompido ele passa para o estado **Frame_Desinc** caso contrário salva o pacote e retorna para o estado **Idle**.
- **Frame_Desinc** – Se ocorrer uma falha ou um dessincronismo de pacotes em qualquer estado que foram descritos, o programa é desviado para esse estado, descartando a mensagem com erro e voltando para aguardar a próxima mensagem.

3.5. Comunicação entre o computador transmissor e o servidor web

A comunicação entre o computador transmissor e o servidor, assim como do servidor para os *hosts* conectados a ele, são realizadas via protocolo WebSocket (WEBSOCKET, 2013), estabelecendo comunicação *full-duplex* sobre a camada TCP da própria internet, garantindo um certo nível de confiabilidade à transmissão, tornando-se redundante a implementação de mais uma camada de correção de erros. A estrutura da mensagem que contém os dados do sinal de ECG que são trocadas entre esses dispositivos é apresentada pela Figura 7.

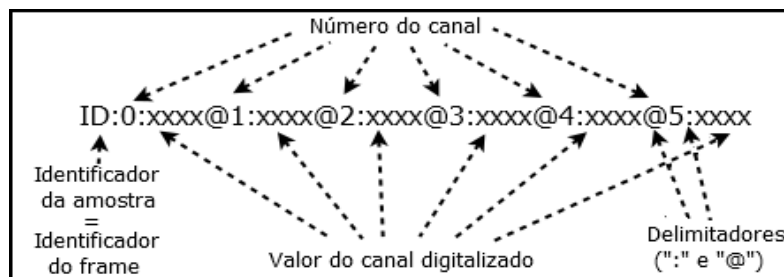


Figura 7 – Estrutura da mensagem com os dados do sinal de ECG trocadas entre o computador X servidor e entre o servidor X *hosts*.

3.6. Aplicação cliente

A aplicação cliente é baseada nas linguagens PHP (*Hypertext Preprocessor*), HTML (*HyperText Markup Language*) e Javascript, sendo executada pelo navegador web. Para conectar o usuário ao servidor este deve autenticar-se no sistema com um login e senha. Após autenticado, o usuário pode selecionar para visualizar os canais do sinal de ECG que está sendo adquirido em tempo real, ou então pode visualizar um sinal armazenado. Para a visualização do sinal foi utilizado a biblioteca gráfica *Smoothie Charts* em JavaScript. O navegador web deve ter suporte ao WebSocket para que a aplicação funcione. A Figura 8 apresenta a tela de abertura do aplicativo no servidor Web.

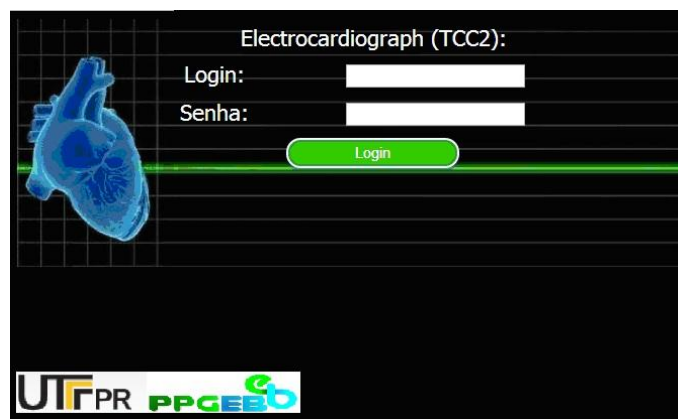


Figura 8 – Tela de abertura do aplicativo no navegador web.

4. RESULTADOS

Como resultados iniciais deste trabalho, a Figura 9 apresenta uma foto do eletrocardiógrafo didático com os circuitos de conformação de sinal, filtros ativos, módulo microprocessador, módulo de comunicação serial e fontes auxiliares de alimentação. Este módulo é alimentado por baterias de 9 volts, estando isolado da rede elétrica.



Figura 9 – Foto do eletrocardiógrafo didático.

A Figura 10 apresenta a tela da aplicação cliente com o sinal de ECG passando por cinco configurações diferentes de associações de filtros.

Com este trabalho é possível visualizar e tratar numericamente o sinal de ECG dos canais em várias aplicações sendo executadas ao mesmo tempo por estudantes. Pode-se monitorar o sinal de ECG de um voluntário e verificar as diferenças entre eles já que passam por diferentes filtros no eletrocardiógrafo e por consequência sofrendo modificações na morfologia do sinal. Devido às várias etapas de processamento, transmissões, encapsulamento e desencapsulamento dos pacotes de dados, o atraso entre o sinal amostrado e o sinal visualizado no computador cliente foi inferior a quatro segundos (*delay*), sendo dependente da qualidade da conexão com a internet do computador transmissor e da aplicação cliente.

Os testes também foram realizados com smartphones e tablets. Em alguns celulares a visualização do sinal deslocando-se na tela gráfica pode ter pequenos travamentos devido ao desempenho limitado do processador do aparelho. Entretanto para a maioria dos smartphones testados, como o Galaxy S3, iPhone 4 e tablets como iPad, Galaxy Tab, o sistema se mostrou funcional e eficiente.

Todavia, em condições normais de operação, ou seja, com conexão de qualidade com a internet, e a distância entre o eletrocardiógrafo e o computador transmissor não superior a dez metros, o sistema se mostrou robusto e não apresentou problemas entre o início da aquisição do sinal de ECG e a sua visualização na aplicação cliente por parte dos estudantes. Na Figura 10 é possível observar as características do sinal de ECG de um voluntário sendo que os eletrodos foram colocados nas derivações V₁ e V₆ de Wilson.



Figura 10 – Visualização na aplicação cliente do sinal de ECG de um voluntário com os eletrodos nas posições V₁ e V₆.

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Esta ferramenta didática é composta por módulos interconectados de soluções multidisciplinares para a aquisição, tratamento, transmissão, segurança de dados, visualização e armazenamento de sinal de eletrocardiografia. Estes módulos podem ser atualizados por novas tecnologias, ou substituídos por outras topologias e soluções. Com isso, permite-se que o estudante interaja com a ferramenta testando a sua própria solução de projeto de circuitos e de protocolos.

Com as facilidades de interação do estudante com o sistema e o uso de tecnologias de computação móvel espera-se aumentar a motivação do estudante e de forma não tácita aumentar o desenvolvimento das habilidades profissionais de compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Com o aumento da motivação e da interdisciplinaridade do eletrocardiógrafo com computação móvel espera-se também resultados positivos para o curso com a queda dos índices de reprovação, desistências e evasão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR IEC60601-2-25 Equipamento eletromédico parte 2: Prescrições particulares para segurança de eletrocardiógrafos, 1997.
- ABNT. NBR IEC60601-2-27 Equipamento eletromédico parte 2: Prescrições particulares para segurança para equipamento para monitorização de eletrocardiograma, 1997.
- BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. 8ª. edição. Pearson Prentice Hall, 2004.
- DEITEL, Paul; DEITEL Harvey. JAVA como programar. 8ª. edição. Pearson, 2010.
- GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. Tratado de fisiologia médica, Elsevier, 2006.

- NICOLOSI, D.E.C. Microcontrolador 8051 Detalhado. 2ª. edição. Editora Érica, 2000.
- PERTENCE Jr., Antonio. Eletrônica analógica: amplificadores operacionais e filtros ativos. 7ª. Edição, Tekne, 2012.
- PROAKIS, John G.; MANOLAKIS, Dimitris G. Digital signal processing. 4th edition. Pearson Prentice Hall, 2007.
- SEIXAS FILHO, Constantino; SZUSTER, Marcelo. Programação Concorrente em Ambiente Windows, uma visão de automação. Editora UFMG, 2003.
- SHAW, Alan C. Sistemas e Software de Tempo Real. Bookman, 2001.
- SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter Baer; GAGNE, Greg. Operating System Concepts. 7th edition. Wiley, 2012.
- STAMP, Mark. Information Security: Principles and Practice, 2nd edition, Wiley, 2011.
- TANENBAUM, Andrew S. Redes de computadores. 4ª. edição. Prentice Hall, 2003.
- TOCCI, Ronald J. Sistemas digitais: princípios e aplicações. 11ª. edição, Pearson Prentice Hall, 2011.
- TOMPKINS, Willis J. Biomedical digital signal processing: C-language examples and laboratory experiments for the IBM PC. Prentice-Hall, 1993.
- WEBSOCKET. About Websocket. Disponível em: <<http://www.websocket.org/>> Acesso em: 09 maio de 2013.
- WEBSTER, John G. Medical instrumentation: application and design. 4th edition. Wiley, 2010.

A MOBILE COMPUTING ELECTROCARDIOGRAPH AS A DIDACTIC TOOL FOR ELECTRONICS ENGINEERING AND COMPUTER ENGINEERING COURSES

Abstract: *The recent new technologies for internet are strongly impacting in the information access and are enhancing the teaching learning process in the academia world. The traditional model of teaching with only expository lectures in a teaching room without any connections with others disciplines or areas of knowledge does not promote the student process of learning. Experimental results with cross-disciplinary integration projects and final course projects have showed that these activities promote the students integration with the academic life and with the disciplines of theirs undergraduate course. A didactic version of an electrocardiograph commercial apparatus developed as a student tool for the undergraduate students of Electronics Engineering and Computer Engineering courses is presented. This didactic version of the electrocardiograph, aims to merge different field of knowledge, allowing the students to interact among their projects and share their results. The electrocardiograph works in a mobile device and links the knowledge of the students with a wide range of disciplines, going from the basics of electronics, analog systems and digital systems to operational systems, real time digital signal processing, wireless communication up to the mobile computing. A description of the system and the obtained results so far is presented. Its wide application in different knowledge fields is also described.*

Key-words: *Didactic electrocardiograph, Mobile computing, Learning process, Interaction between knowledge areas.*