

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E ARMAZENAMENTO DO NÍVEL DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO SANGUÍNEO DURANTE PROCEDIMENTO DE OXIGENOTERAPIA

Alexandre G. Simas [Bolsista PIBIC CNPq], Fábio K. Schneider [Orientador],  
Hugo Vieira Neto, Fernando A. Zanatta, Gilberto Branco [Colaboradores]

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial  
Campus Curitiba

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR  
Avenida Sete de Setembro, 3165 - Curitiba/PR, Brasil - CEP 80230-901

simas061287@gmail.com, fabioks@utfpr.edu.br,  
hvieir@utfpr.edu.br, f.zanatta@hotmail.com, gbranco@utfpr.edu.br

**Resumo** - Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição e armazenamento do nível de saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) de uma pessoa. Uma plataforma baseada nos microcontroladores de arquitetura ARM é usada para integrar o sistema, que visa a aquisição desse parâmetro durante os procedimentos de oxigenoterapia com a finalidade de avaliar a eficácia dos procedimentos correntes durante o tratamento. São descritos o fluxograma do programa da plataforma integradora e os resultados parciais.

**Palavras-chave:** Plataforma ARM, SpO<sub>2</sub>, Oxigenoterapia.

**Abstract** - This paper presents the development of a system for measurement and storage of the level of arterial blood oxygen saturation flow (SpO<sub>2</sub>) of a person. An ARM-based microcontroller platform is used for system integration. A software flow diagram for the integration system and partial results are presented.

**Key-words:** ARM-based systems, SpO<sub>2</sub>, Oxygen therapy.

## INTRODUÇÃO

A oxigenoterapia, um tratamento terapêutico que tem como principal elemento o oxigênio, destina-se principalmente a pacientes que tenham menores níveis de concentração de oxigênio no sangue arterial do que aqueles tipicamente desejados. Esta deficiência é denominada Hipoxemia e pode ser quantificada pela medição do nível de saturação por oxigênio no sangue arterial (SaO<sub>2</sub>) que está diretamente relacionado com a saturação das moléculas funcionais e não funcionais de hemoglobina [1]. Os níveis normais de SaO<sub>2</sub> em um adulto saudável encontram-se em um intervalo de 94% até 100% [1].

Ao longo do tratamento de oxigenoterapia, não há conhecimento do impacto em tempo real na saúde do paciente ao longo do tratamento. Geralmente, o procedimento de tratamento realizado é baseado na experiência anterior dos clínicos que determinam um tempo mínimo para o tratamento oxigenoterápico. Um oxímetro de pulso pode ser utilizado para avaliar de forma não invasiva numa leitura instantânea de saturação das hemoglobinas funcionais, os níveis de SpO<sub>2</sub> que servem como um indicador conveniente dos níveis de SaO<sub>2</sub> da pessoa.

A possibilidade de medir e armazenar os dados do nível de SpO<sub>2</sub> do paciente simultaneamente ao tratamento poderá tornar possível uma avaliação metódica do impacto ao longo do tratamento de oxigenoterapia na saúde do paciente.

Este artigo apresenta os resultados preliminares do desenvolvimento de um sistema para aquisição e armazenamento do nível de SpO<sub>2</sub> durante um tratamento de oxigenoterapia que é capaz de integrar a fonte de O<sub>2</sub> utilizada na oxigenoterapia com o instrumento de aquisição do nível sanguíneo de saturação de O<sub>2</sub> do paciente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Requisitos do sistema.** O sistema de captura e armazenamento de informações referentes ao nível de SpO<sub>2</sub> de um paciente proporcionaria um melhor controle dos dados convenientes para avaliar o impacto no estado de saúde da pessoa ao longo do período de tratamento. Uma posterior análise desses dados poderá permitir a verificação de outras correlações entre ações de tratamento e resultados obtidos e também monitorar se o paciente segue corretamente a prescrição médica no uso do equipamento. A plataforma de aquisição e armazenamento de dados consiste em capturar os níveis de SaO<sub>2</sub> do paciente, por meio de um sensor óptico de oximetria de pulso e repassá-los analogicamente ao circuito responsável pela aquisição e análise deste sinal, chamado de circuito de oximetria de pulso. Este repassa uma série de informações no formato analógico e digital, simultaneamente, ao circuito de armazenamento, o qual gerencia as informações obtidas pela máquina da fonte de O<sub>2</sub> e do circuito de aquisição de SpO<sub>2</sub>. A figura 1 apresenta o diagrama simplificado da proposta do sistema de armazenamento de dados.

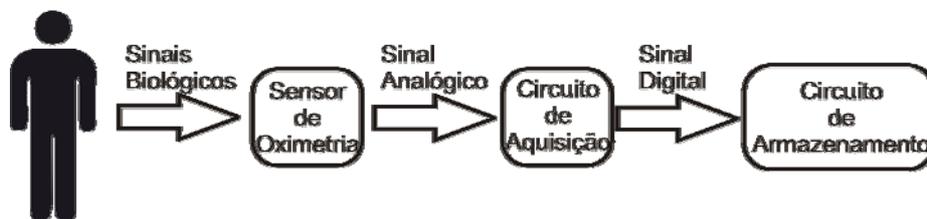


Figura 1. Diagrama simplificado da aquisição de informações de SpO<sub>2</sub> do paciente.

**Medição de saturação de O<sub>2</sub>.** A aquisição do nível de SaO<sub>2</sub> é realizada pelo módulo de oximetria de pulso composto pelo sensor e pelo circuito de aquisição.

O sensor - marca *Solaris S200A-090101* [2] - que como a maioria dos sensores de oximetria não são invasivos e operam nas extremidades corporais, tais como os dedos e lóbulo da orelha. Esses sensores consistem de dois LEDs, um vermelho com comprimento de onda de 660nm e um infra-vermelho com comprimento de onda de 910nm, e um fotoreceptor que capta a luz que eventualmente conseguiu passar pela extremidade [3]. Um sinal analógico referente ao SaO<sub>2</sub> é lido do sensor pelo módulo de SpO<sub>2</sub>.

O circuito de aquisição, após receber o valor do percentual de oxigênio no sangue arterial, processa a informação adquirida e envia os dados através de uma conexão de comunicação paralela de propósito geral. Essa conexão envia dados analógicos referentes a curva plestimográfica medida, um sinal referente ao pulso cardíaco e um pacote de dados digitais de forma serial. Os dados seriais são compostos de dois pacotes de dados, um informando a curva plestimográfica numa taxa de amostragem de 60Hz, e outro informando (a) o nível de SpO<sub>2</sub>, (b) a frequência de pulso, (c) uma informação referente à qualidade deste sinal, e (d) alguns sinais de *status* referente ao processo de medição tais como indicadores da procura de pulso, baixa perfusão, inexistência de pulso, paciente e sensor. A figura 2 (a) apresenta o módulo completo de oximetria de pulso utilizado.

**Equipamento de oxigenoterapia.** O equipamento utilizado é um concentrador de oxigênio domiciliar *Respironics Millenium* modelo M605[4]. O concentrador fornece uma concentração máxima de oxigênio de 92% com tolerância de  $\pm 4\%$  quando regulado para uma vazão de 5 litros por minuto (LPM) de fluido, e uma concentração máxima de oxigênio de 94% com tolerância de  $\pm 2\%$  regulado para uma vazão de 2 LPM. A figura 2 (b) ilustra o concentrador de oxigênio utilizado.

### Sistema integrador utilizando módulo processador baseado em arquitetura RISC ARM .

O circuito de captura e armazenamento de dados consiste de uma plataforma *Stellaris® LM3S8962 evaluation board* (EVB) da *Texas Instruments Inc (Dallas, TX, USA)* juntamente com um cartão de memória *flash* MicroSD com capacidade de 4 Gigabytes. Esta plataforma consiste de um microcontrolador *Stellaris LM3S8962* baseado no processador com set de instruções reduzido (RISC) do tipo ARM® Cortex™-M3 v7M com unidade aritmética de 32 bits que opera a uma frequência de 50MHz, um conector de cartão de memória MicroSD, uma interface serial de comunicação de dados e suporte à depuração de programas do tipo USB e um *display* gráfico organic light emitting diode (OLED) com resolução de 128x96 pixels [5]. A figura 2 (c) apresenta a EVB utilizada para o armazenamento de dados.

O sistema utiliza a plataforma baseada em arquitetura RISC discutida anteriormente para a aquisição de dados do módulo de oximetria, integrando as leituras referentes à concentração de oxigênio do concentrador M605 e dos valores dos níveis de SpO2 do paciente, objetivando encontrar uma possível relação direta da variação do fluxo e da concentração de oxigênio do aparelho com os resultados do impacto do tratamento na saúde da pessoa.

Para a aquisição serial de dados a plataforma ARM utiliza o protocolo *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART). Para a aquisição dos dados analógicos utilizou-se uma conversão de dados analógico digital (ADC) com uma precisão de 10 bits de resolução. Para o armazenamento de dados no cartão de memória microSD foi utilizado a interface *serial peripheral interface* (SPI).

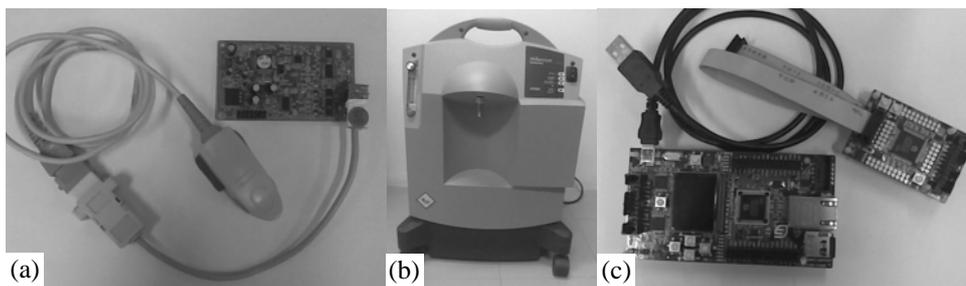


Figura 2. Equipamentos utilizados. (a) Sensor e circuito de SpO2 utilizados para captar os sinais vitais. (b) Concentrador de oxigênio *Respiromics Millenium M605*. (c) EVB utilizada para armazenar dados no cartão microSD.

**Fluxograma do Programa.** O programa foi desenvolvido baseado na fluxograma apresentada na figura 3.



Figura 3. Fluxograma simplificado do programa desenvolvido.

A lógica de programação desenvolvida na EVB visa, após configuração dos periféricos da mesma, receber pacotes de dados seriais via protocolo UART que diferenciam-se por dois diferentes tipos de dados. Um referente a curva plestimográfica, seguido da mesma curva

porém analógicamente via ADC, e outro referente ao pacote de dados SpO<sub>2</sub> da pessoa. Recebendo ambas as informações, formata-se os dados em uma *string* e grava-se no microSD.

## RESULTADOS

Alguns resultados parciais obtidos em relação ao desenvolvimento do sistema de aquisição e armazenamento do nível de SpO<sub>2</sub> sanguíneo durante o procedimento de oxigenoterapia são o teste dos periféricos da plataforma ARM como a conversão ADC; comunicação UART; e escrita de dados no microSD via SPI.

O teste da conversão ADC ocorreu medindo-se uma tensão estabelecida de uma fonte externa, que correspondeu ao valor requerido utilizando 10-bits de resolução no período de amostragem.

A comunicação UART foi primeiramente testada utilizando o *software HyperTerminal* do sistema operacional *MS Windows*, primeiramente trocando caracteres entre o programa e a base ARM, e secundariamente a troca de strings entre eles. Tal troca de caracteres foi visualizada no display gráfico OLED.

Escrita de dados no microSD via SPI foi auxiliada pela biblioteca *FAT File System Module* [6], possibilitando gravar dados no cartão de memória. O teste foi realizado criando arquivos de formato texto, e gravando *strings* dentro do mesmo.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Propõe-se dois trabalhos futuros: primeiramente analisar os dados seriais e analógicos capturados do módulo de oximetria, verificando a correlação entre os dados que são enviados simultaneamente de forma analógica fornecida no canal analógico ligado ao ADC e os dados digitais fornecidos pela comunicação UART. Um próximo trabalho é a aquisição da concentração de oxigênio relacionada à vazão do fluído de saída do concentrador (i.e., ar com alta concentração de oxigênio) e verificação simultânea da concentração de SpO<sub>2</sub> do paciente, estabelecendo uma fonte de informações que possa nos levar ao objetivo de compreender melhor o impacto do tratamento na saúde do paciente.

## AGRADECIMENTOS

O presente artigo foi publicado com o apoio de bolsa PIBIC-CNPq e do departamento acadêmico de eletrônica DAELN da UTFPR-CT.

## REFERÊNCIAS

- [1] Philips Electronics North America Corporation. Philips Medical Systems SpO<sub>2</sub> Monitoring - Understanding Pulse Oximetry SpO<sub>2</sub> Concepts. 2003.
- [2] Solaris Adult Finger Sensor – S200A-090101. Disponível em <<http://www.szsolaris.com/en/anliclass.asp?oem=1>>. Acesso em: 03 out. 2009.
- [3] WEBSTER, JOHN G. Medical instrumentation: application and design. Third Edition. John Wiley & Sons, 1998.
- [4] Philips Respironics – Millennium User Guide. Disponível em <<http://global.respironics.com/UserGuides/UserGuideMillennium.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2009.
- [5] Texas Instruments. Stellaris® LM3S8962 Evaluation Board – User's Manual. 2009.
- [6] FAT File System Module. Disponível em <[http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)>. Acesso em 31 set. 2009.