

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Tracking System for Urban Buses with People Flow Management

This is a pre print version of the following article:

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/2024751> since 2024-10-15T11:04:33Z

Published version:

DOI:10.1109/tla.2011.6096977

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Tracking System for Urban Buses with People Flow Management

E. S. Souza, J. d. C. Barbosa, F. M. Millian, M. Torres and P. E. Ambrósio

Abstract— This work provides an onboard electronic solution and commercial application to improve in quality of service of the public transport by creating efficient routes.

A prototype based on a microcontroller was created which receives data from a GPS; the microcontroller collects useful data to count the people flow recorded by infrared sensors. After the gathering of the information, the microcontroller sends the information via Bluetooth to a remote personal computer which processes the data again and displays the route of vehicles.

Keywords— microcontrollers, GPS, tracking, data transmission, Bluetooth.

I. INTRODUÇÃO

COM a evolução tecnológica crescente, os produtos eletrônicos se prendem de alguma forma de processamento digital contendo um microcontrolador. À medida que aumenta a complexidade da aplicação, aumenta a quantidade de equipamentos dedicados que necessitam interagir com outros periféricos. Além de ser um chip de baixo custo, o microcontrolador, apresenta numerosos periféricos internos. Ainda existe outra linha de sistemas embarcados que são compostos por hardware configurável, como os dispositivos lógicos programáveis: CPLD (Complex Programmable Logic Device), FPGA (Field-programmable Gate Array) e PSoC (Programmable System-on-Chip) [1]. Com esses dispositivos, complementa-se o mundo embarcado do nosso cenário eletrônico atual.

Em quase todos os equipamentos usados ordinariamente encontra-se um sistema embarcado, uns para controlar condicionadores de ar, outros para simples medição, outros mais complexos como o sistema para controlar os amortecedores dos veículos.

Por outro lado, não vemos muitos deles trabalhando direcionados ao transporte público.

Nesse sentido, vemos que o transporte público da região sul da Bahia, tem ganhado fama de má qualidade por diversos fatores. As principais falhas se resumem em: descaso com deficientes físicos, horários indefinidos (ocasionando atrasos aos compromissos dos usuários), superlotação, rotas operando

com poucos passageiros causando prejuízos a organização entre outros.

A fim de acrescentar melhorias na qualidade de vida da sociedade, propomos melhorar os serviços dos ônibus urbanos. Idealizamos o projeto visando suprir as necessidades das cidades de médio porte da costa do cacau da Bahia (Itabuna e Ilhéus). A região necessita de uma solução para suprir as necessidades de uma clientela exigente.

O nosso plano é, a princípio, diminuir a superlotação em ônibus contabilizando o fluxo de pessoas em cada parada solicitada pelo usuário. Com a extração de dados do Sistema de Global de Posicionamento poderemos direcionar novas rotas e malhas, proporcionando um tráfego livre e eliminando os constantes atrasos.

Outro item analisado no cotidiano é que as empresas colocam fiscais controlando o horário de passagem dos ônibus em alguns pontos de ônibus da cidade. Com o envio de dados em tempo real, eliminaríamos esse fiscal da empresa deixando-o disponível para outras funções dentro da organização e reduzindo gastos que conseqüentemente aumentaria a margem de lucros da corporação. Adotando essas medidas, teríamos uma fonte de dados fiel sobre os veículos. Manipulando os dados com um software específico, podem-se proporcionar às empresas informações importantíssimas, como: horários das linhas ou até desvio inesperado de trajeto.

Nossa idéia de projeto se resume na Fig. 1 no qual mostra o esquema em blocos da seqüência que o sistema deve realizar.



Figura 1 - Blocos de funcionamento do sistema.

Figura 1. Blocos de funcionamento do sistema.

O produto ideal completo deve estar preparado para controlar os sensores de ônibus com uma ou duas portas, o GPS mais adequado é um módulo embarcado, com uma antena externa que pode ser facilmente colocada numa área mais exposta do ônibus, para uma melhor captação do sinal. Um exemplo de módulo GPS embarcado é o da Techway que

E. S. Souza, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, emanuelss@gmail.com

J. da C. Barbosa, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, jurandirbarbosa@uol.com.br

F. M. Millian, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, felix_mas_millian@yahoo.com

M. Torres, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, mxtd2000@yahoo.com.br

P. E. Ambrósio, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus-Ba, peambrosio@gmail.com

já vem com uma placa com o conector para antena e que pode ser facilmente acoplada a outras placas, Fig. 2.

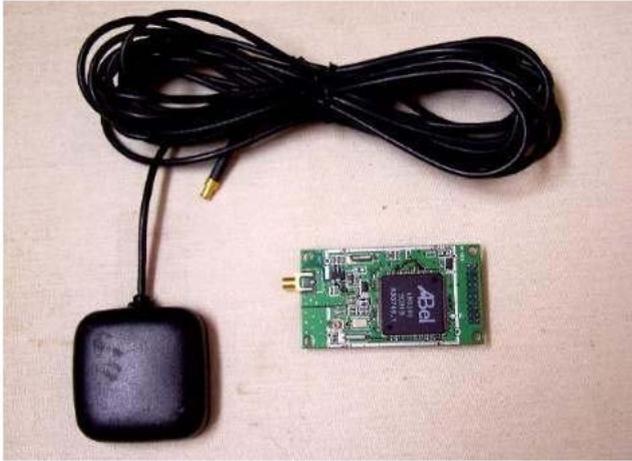


Figura 2. Módulo GPS embarcado com antena.

A transmissão final dos dados idealmente deve ser feita através de um módulo GPRS embarcado e acoplado à placa principal do produto final.

O GPRS (General Packet Radio Service) é um novo serviço de valor agregado não baseado em voz que permite o envio e recepção de informações através de uma rede telefônica móvel. Ele suplementa as tecnologias atuais de CSD (Circuit Switched Data) e SMS (Short Message Service) [2]. A Fig. 3 mostra o módulo GPRS SIM900.

O GPRS permite uma transmissão de longas distâncias e em tempo real, o que seria muito importante para o gerenciamento no dia-a-dia das empresas de transporte urbano.



Figura 3. Módulo GPRS SIM900.

Outra opção interessante e integrada para suprir as duas necessidades de hardware da comunicação é o Módulo GSM/GPRS GM862 Telit - SmartGM862 da Microgenios, que traz ambos os módulos GPS e GPRS numa única placa integrada que também pode facilmente ser acoplada a placa principal do produto final (ver Fig. 4).



Figura 4. Módulo GSM/GPRS GM862 Telit.

O presente artigo se encontra dividido em quatro seções, sendo, a primeira, a Introdução; na segunda parte relatamos os aspectos teóricos e narramos os métodos utilizados durante o desenvolvimento do protótipo; na terceira, destacamos os resultados obtidos durante a produção e discutimos os efeitos do projeto; na quarta parte apresentamos conclusões de nosso trabalho.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A interconexão dos dispositivos é mostrada na Fig. 5.

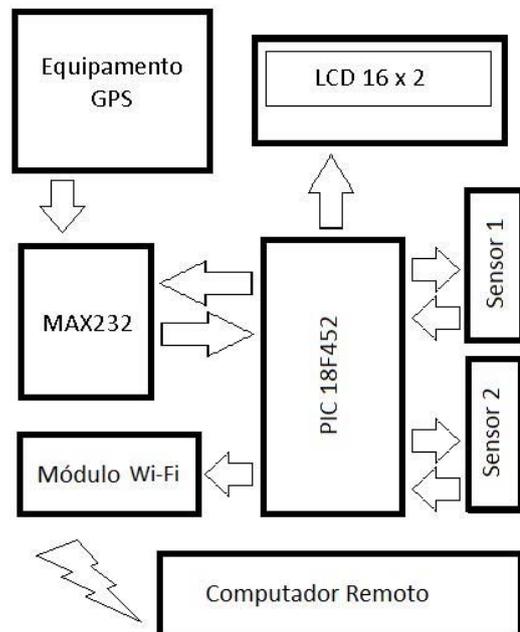


Figura 5. Esquema da organização dos módulos.

O microcontrolador monitora a posição do ônibus utilizando o equipamento de GPS para guardar a localização

em cada parada assim como contabilizar o número de pessoas que saem ou que entram considerando que existe somente uma porta para entrada e saída. Numa tela de LCD são mostradas diferentes mensagens para o condutor. Finalmente os dados serão enviados para um computador remoto utilizando GPRS ou descarregados via Bluetooth ao chegar ao terminal.

Várias simulações dos circuitos eletrônicos foram criadas a fim de aperfeiçoar tempo e custos de projeto. Para isso, utilizamos o Proteus ISIS que nos auxiliou com suas ferramentas e técnicas avançadas de eletrônica.

O controle proposto consiste em uma série de etapas. Primeiro, um agrupamento de sensores de infravermelho começa a contabilizar o fluxo de pessoas a partir do momento que as portas do ônibus forem abertas. Após, armazenará os números no microcontrolador onde, o mesmo, captará os dados de posicionamento geográfico por um módulo GPS. O recolhimento dos dados do satélite começaria assim que as portas do ônibus fossem fechadas. Terminada as etapas, os dados serão enviados para uma central por meio de um equipamento Wi-Fi alcançando uma área MAN (Metropolitan Area Network) [3]. Na central, será feito o controle do posicionamento do veículo e o tempo de trajeto.

Inicialmente, foram desenvolvidos os sensores para contagem de fluxo de pessoas. Um circuito simples e de baixo custo com componentes eletrônicos discretos. Os sensores para a contagem do fluxo de pessoas consistem em uma fonte emissora de luz infravermelha (LED infravermelho) e 02 foto transistores que respondem no mesmo comprimento de onda do diodo. O programa em C do PIC consegue determinar se uma pessoa entra ou sai analisando a sequência em que os sensores respondem. O sistema reconhece que uma pessoa entra somente quando se cumpre estritamente a sequência 1→2→3→4→1, onde cada número representa os estados:

- 1: Sensor 1=0 ; Sensor2=0;
- 2: Sensor 1=1 ; Sensor2=0;
- 3: Sensor 1=1 ; Sensor2=1;
- 4: Sensor 1=0 ; Sensor2=1;

Se por alguma razão não se segue está sequência o sistema é automaticamente levado de volta ao estado 1. As descidas serão contabilizadas quando se cumpre com 1→4→3→2→1.

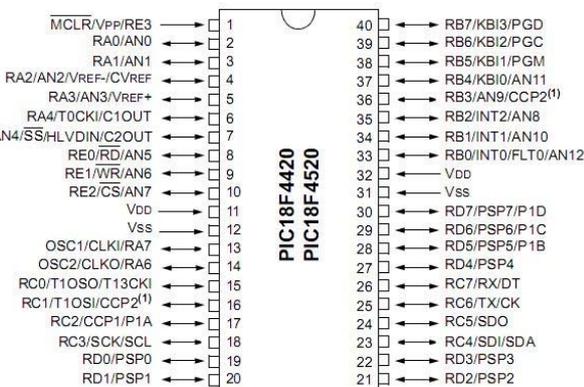


Figura 6. Pinagem do microcontrolador PIC18F452.

O microcontrolador utilizado foi o PIC18F452. Um PIC muito robusto para as aplicações disponíveis, Fig. 6. Um

crystal de quartzo de 20 MHz foi utilizado para gerar o Clock para o funcionamento do microcontrolador.

Um display LCD de 16x2 no modo 4 bits foi conectado ao microcontrolador com o objetivo de mostrar os diferentes mensagens para o condutor.

O sistema de posicionamento global, GPS (Global Positioning System), utiliza satélites. Por esse sistema, uma pessoa determina sua posição na superfície terrestre, no mar ou até mesmo em órbita. Sobre a posse de um receptor, ondas de rádios são captadas oriundas dos satélites [4].

Para manipular sinais do GPS, adotamos um aparelho de mão da marca Garmin, modelo e-Trex Summit, disponível no nosso laboratório. Utilizamos a conexão serial do equipamento para visualização e captura dos dados.

Para a comunicação com o GPS foi utilizado à comunicação via USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter). Este é um padrão de transmissão para a forma serial. O método utilizado foi o síncrono, onde a transmissão ocorre como uma seqüência de bits entre os comunicantes (receptor e emissor) com uma taxa constante [5]. A taxa de transmissão utilizada foi de 4800 baud. Para ajustar os níveis de tensão utilizou-se a interface do MAX232 (ver Fig. 7).

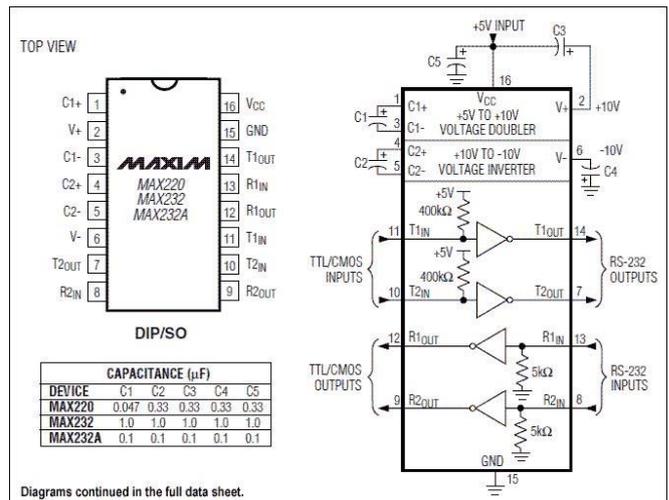


Figura 7. Pinagem e circuito lógico do MAX232.

O protocolo emitido pelo GPS é o NMEA (National Marine Electronics Association) que foi criado para servir como interface para os diversos equipamentos eletrônicos [4]. O protocolo NMEA envia dados através da linha de texto em modo ASCII onde cada linha identifica certo tipo de dado GPS. Abaixo destacamos uns dos modelos de linha de informações GPS do protocolo NMEA utilizada [6].

GPRMC – Recommended Minimum Navigation Information:

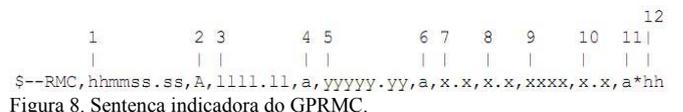


Figura 8. Sentença indicadora do GPRMC.

Onde :

- 1) Time (UTC)
- 2) Status, V = Navigation receiver warning
- 3) Latitude
- 4) N or S
- 5) Longitude
- 6) E or W
- 7) Speed over ground, knots
- 8) Track made good, degrees true
- 9) Date, ddmmyy
- 10) Magnetic Variation, degrees
- 11) E or W
- 12) Checksum

Para o envio remoto dos dados utilizou-se a opção via Bluetooth. Este permite a comunicação sem fio de dados e/ou voz entre os aparelhos por curta distância que pode ser de um metro (classe 1), 10 metros (classe 2) e de até 100 metros (classe 3) [1]. A comunicação se dá sem a total intervenção do usuário, pois sempre que um dispositivo Bluetooth for encontrado, os equipamentos serão automaticamente sincronizados e criará um tipo de rede. O módulo utilizado foi da marca CSR modelo BlueCore-4. A classe utilizada foi a de número 2 que alcança 10 metros e cabem as aplicações mais comuns do uso da tecnologia que são as chamadas PANs (Personal Area Network) que conecta fones sem fio, celulares e periféricos (mouse, teclado etc.).

Na seção III veremos alguns dos resultados obtidos no projeto.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Fig. 9 mostra-se uma foto do protótipo montado sob a protoboard de 3.260 furos. Durante o desenvolvimento do protótipo, diversas dificuldades foram encontradas ao longo do caminho. Para implementar todo o circuito eletrônico, foi necessário uma série de passos para obtermos um resultado favorável. O fator crucial do desenvolvimento do projeto foi à procura de componentes eletrônicos. Pois, a região cacaueira da Bahia é escassa de lojas especializadas e, das poucas existentes, não possuem diversidade em seus produtos. Para suprir essa falta, foi necessário efetuar compras no comércio eletrônico.

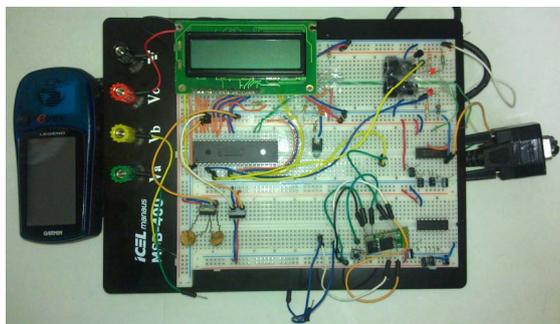


Figura 9. Circuito organizado sob protoboard.

Na fase dos sensores, percebemos, após o circuito montado, que existia interferência do ambiente nos LED's

(Diodo Emissor de Luz) de infravermelho. Às vezes, a luminosidade atrapalhava no princípio de contagem. Constatamos também que o sinal emitido pelo LED emissor, não era captado com fidelidade quando ultrapassávamos uma distância de 100 centímetros do LED receptor. Mesmo aplicando a maior corrente possível com o auxílio de um transistor no circuito, ele ainda ocasionava essa falha. Nesse caso, acrescentamos mais 02 LED's emissores, totalizando 03 LED's emissores e 02 receptores para captar o fluxo de pessoas a uma distância máxima do LED receptor de 80 centímetros, Fig. 10.

Para realizar os testes com o GPS foi criado um cabo serial para conectá-lo ao computador e visualizar os dados.

Logo após primeiros testes, acrescentamos o microcontrolador para a comunicação via MAX232.

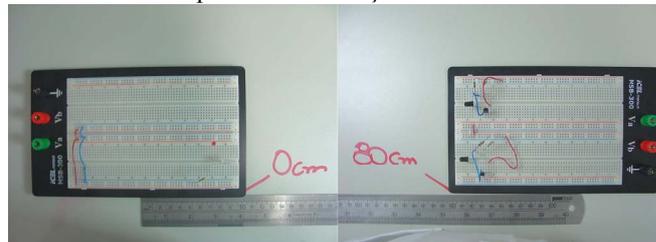


Figura 10. Primeiros testes com os sensores.

Depois de completada a etapa com o GPS e MAX232, montamos a fase da difusão remota. Com o uso do módulo Bluetooth BlueCore-4 conseguimos facilmente conectar e comunicar com o microcontrolador, Fig. 11. Fizemos alguns testes de comunicação com sucesso no módulo.

Juntamos todas as etapas em um único processo. O programa escrito no PIC, pega as informações do sensor que contabiliza o fluxo, depois aciona o GPS e pega as informações de identificação do ônibus e das coordenadas geográficas, trata as coordenadas, filtra boa parte dos dados e resgata, somente, a parte do código GPRMC do protocolo NMEA. Por fim, envia juntamente com a contagem das pessoas a informação via transmissão sem fio.

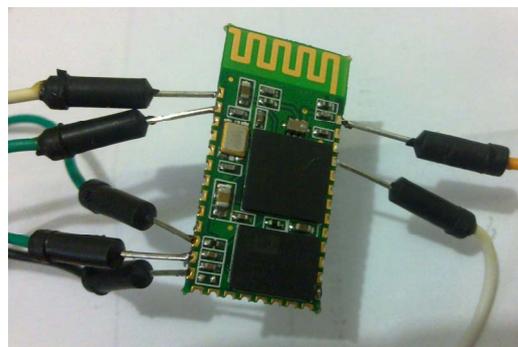


Figura 11. Imagem do módulo Bluetooth.

O sistema completo foi testado inicialmente em laboratório, mostrando bons resultados durante a execução das tarefas. Dentre as tarefas, fizemos simulações de passagem dos usuários pelos sensores colocando em uma porta comum residencial e contabilizando a passagem (tanto de ida quanto

de volta) de pessoas pelos mesmos e os sensores trabalharam de forma satisfatória, sem deixar de contabilizar nenhuma passagem, até mesmo as rápidas.

Após contabilizar o fluxo de pessoas, simulamos a captura de coordenadas, data e hora do GPS. A todo o momento, em local aberto para captura de satélites, enviamos diversas vezes os dados capturados junto com o somatório do fluxo de pessoas pelos sensores.

Por último, foi feito o teste da comunicação Bluetooth, e também obtivemos resposta pelo dispositivo conectando ao PC remoto.

Para analisarmos a viabilidade da sua produção em larga escala, calculamos que, de modo geral, o custo de um exemplar para usuário final sairia abaixo de R\$ 250,00. Isso, orçamentando os componentes com preço real de mercado no tipo varejo. Uma produção em grandes quantidades (a partir de 10 exemplares) reduziria ainda mais o custo final por unidade. Podemos visualizar um rápido orçamento com o custeio dos componentes a serem utilizados na tabela 1.

Tabela 1. Gasto mínimo com 01 unidade.

Material Necessário para 01 Unidade	Preço Estimado (R\$)
Módulo GPS	98,00
Módulo Wi-Fi	100,00
PIC18F452	15,00
LCD 16x2	12,00
Demais Componentes*	15,00
Total	240,00

*Capacitores, resistências, fios, diodos, MAX232, placa de circuito impresso, cristal oscilador.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo, apresentou-se além de uma alternativa tecnológica a fim de suprir as deficiências enfrentadas pelo transporte urbano na nossa realidade, também uma ferramenta de gestão e controle de localização de ônibus e controle de fluxo de pessoas, utilizando prática de sistema embarcado.

Algumas vantagens dos protótipos são evidentes por apresentarem um modelo simplificado do produto final. Nesse projeto, o protótipo carece de ajustes para otimização do sistema e da redução de custos para sua produção. Mas nos permite ter uma idéia do potencial do produto final.

A metodologia é composta por experimentos modulares que, no fim, unifica-se integrando a um só sistema. O processo proporcionou ganhos expressivos de aprendizado em várias áreas de atuação, como: microcontroladores, programação, navegação por GPS, comunicação serial, comunicação Bluetooth, entre outros. Sem contar, que ainda existem rendimentos em pesquisa, análise crítica e social em relação ao entendimento do problema proposto, incorporando criatividade e tecnologia.

Com pesquisas futuras, existe a possibilidade de aprimorar o protótipo em questão, eliminando eventuais erros, facilitando a montagem e dando praticidade a idéia. Um ponto

a ser melhorado é o tipo de tecnologia a ser usada na difusão remota, procurando uma alternativa que integre todo o sistema em uma rede (onde cada ônibus seja um nó) e facilitando a transferência de dados em tempo real.

Conclui-se que, em face do protótipo desenvolvido e mesmo considerando suas limitações, a sua adoção no sistema de transporte urbano seria de suma importância desde que os dados sejam tratados e conduzidos com rigor, para a melhoria da malha rodoviária da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério de Ciência e Tecnologia e ao Conselho Nacional de Pesquisa pelo apoio ao projeto através do Edital MCT/CNPq nº 11 /2007 - Extensão Inovadora 2007.

Agradecemos ao professor Félix Mas Milian por todo o apoio dado na realização do projeto. Aos nossos amigos e colegas de trabalho e familiares.

Agradecemos ao Dr. César Alberto Bravo Pariente pela sua ajuda com a editoração final do artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, André Shneider. ANDRADA, Fernando Souza. Sistemas Embarcados: Hardware e Firmware na Prática. 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2006.
- [2] CARVALHO, Alan. O que é GPRS - General Packet Radio Service? Disponível em: <<http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/alancarvalho/gprs.html>>. Acesso em: 12 Jan 2011.
- [3] COMER, Douglas E. Rede de Computadores e Internet: Abrange Transmissão de Dados, Ligações Inter-redes, WEB e Aplicações. 4ª Edição. São Paulo: Bookman, 2007.
- [4] RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, Paulo A. de Toledo. Fundamentos da Física, Vol.1 – Mecânica, 9ª Edição. São Paulo: Moderna, 2007.
- [5] GONÇALVES, Victor. Sistemas Baseados em Microcontroladores PIC®. Porto, Portugal: Publindústria, 2008.
- [6] BETKE, Klaus. The NMEA 0183 Protocol. August 2001. Disponível em: <<http://biostatmatt.com/uploads/DescriptionNMEA.pdf>>. Acesso em 30 Out 2010.
- [7] ALECRIM, Emerson. Tecnologia Bluetooth. InfoWester, 2011. Disponível em: <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em: 15 Jun 2011.



E. S. Souza Nasceu em Itabuna, Bahia, Brasil, aos 15 de Junho de 1982. Graduiu-se em Ciência da Computação na Universidade Estadual de Santa Cruz em 2006. Seus interesses estão relacionados com análise e desenvolvimento de sistemas e gerenciamento de projetos.



J. d. C. Barbosa Nasceu em Itabuna, Bahia, Brasil, aos 26 de abril de 1983. Formou-se em Técnico em Eletrotécnica pela Escola de Engenharia e Eletromecânica da Bahia em 2007 e no mesmo ano graduou-se bacharel em Sistemas de Informação na Faculdade de Tecnologia e Ciências. Especializando-se em Sistemas Embarcados na Universidade Estadual de Santa Cruz ingresso em 2009. Seus interesses estão relacionados a rede de computadores, microeletrônica, elétrica e sistemas embarcados.



F. M. Milian nasceu em Havana, Cuba, o 23 de novembro de 1977. Graduiu-se em Licenciado em Física Nuclear no Instituto

Superior de Ciências y Tecnología Nucleares (ISCTN) Cuba em 2001, Mestre em Física Nuclear com ênfase em Instrumentação Nuclear na mesma instituição em 2002, e Doutor em Física na Universidade de São Paulo em 2006. Trabalha no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, onde é professor desde 2008. Seus interesses estão relacionados com sistemas embarcados e simulação computacional de fenômenos físicos.



M. Torres Nasceu em Cali, Colômbia, aos 18 de Abril de 1968. Graduiu-se em Engenharia Elétrica na Universidad Del Valle em 1991, Mestre em Sistemas Eletrônicos na Universidade de São Paulo em 1994 e Doutor em Sistemas Eletrônicos na Universidade de São Paulo em 1999. Trabalha no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, onde é professora desde 2004 e coordena o Programa de Pós-Graduação em Sistemas Embarcados. Seus interesses estão relacionados com sistemas embarcados, computação de alto desempenho e bioinformática.



P. E. Ambrósio Nasceu em Franca, SP. Graduado em Processamento de Dados pela Unifran em 1989, e Licenciado em Física pela Universidade de Franca em 1999. Mestre em Física Aplicada à Medicina e Biologia pela Universidade de São Paulo em 2002 e Doutor em Ciências Médicas pela Universidade de São Paulo em 2007. Trabalha no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, onde é professor desde 2008 e é Coordenador Adjunto do Núcleo de Educação a Distância. Seus interesses estão relacionados a Informática Biomédica, Reconhecimento de Padrões e Computação Bioinspirada.