

UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS SIMPLES, SEM-FIO, DE LONGO ALCANCE USANDO MÓDULOS DE RÁDIO XBEE, A PLATAFORMA ARDUINO E O AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO NI-LABVIEW.



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

A simple wireless long-range data acquisition system using xbee radio modules, the Arduino platform and the NI-Labview development environment.

Sistema de adquisición de datos simple, inalámbrico, de largo alcance usando módulos de rádioXbee, la plataforma Arduino y el ambiente de desarrollo NI-Labview.

Nilo Mauricio Sotomayor^{*1}, Welliton Leite da Silva², Liliana Yolanda Ancalla Davila¹

¹Docente do Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

²Graduado no Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

*Correspondência: Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Araguaína, Curso de Licenciatura em Física. Av. Paraguai esq. com R. das Uxiramas s/n, Cimba, Araguaína, Tocantins, Brasil. CEP: 77.824-838. e-mail: nmsch@uft.edu.br

Artigo recebido em 28/08/2018 aprovado em 21/09/2018 publicado em 31/10/2018.

RESUMO

Relata-se a construção e teste de protótipos de sistemas de aquisição de dados que empregam ondas de rádio, desenvolvidos em 2016 como parte do Programa de Iniciação Científica da Universidade Federal do Tocantins (PIBIC) com o plano de trabalho intitulado: Construção de um sistema de aquisição de dados com comunicação através de ondas de radio usando módulos Xbee, o padrão Zigbee, a plataforma de prototipagem Arduino e o Labview. Os sistemas construídos integram: módulos sensores, módulos de rádio do tipo Xbee, a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino e o ambiente de desenvolvimento de sistemas Labview. O objetivo é aproveitar as novas capacidades de comunicação de longo alcance dos módulos de rádio de baixa potência com fator de forma da empresa DigiInternational, juntamente com a sua compatibilidade com a família de placas de circuito impresso, com base em microcontroladores da série Arduino, Raspberry e outros, assim como de shields e módulos sensores, para a construção de sistemas de aquisição de dados sem fio. Os protótipos são formados por dois subsistemas: No primeiro, módulos sensores coletam informação elétrica analógica de grandezas físicas sendo analisadas e enviam os dados para uma placa Arduino Uno que transforma os sinais analógicos em digitais, em seguida usa um módulo Xbee para propagar a informação através de radiodifusão. O segundo subsistema é constituído por outro módulo Xbee conectado a um microcomputador através da interface USB a qual está em comunicação com um aplicativo em Labview, este subsistema recebe o sinal sendo difundido pelo primeiro módulo. O aplicativo em Labview controla o processo de aquisição e radiodifusão da informação assim como a gravação dos dados numéricos e a sua apresentação gráfica em um display de computador. Os sistemas construídos permitem transmitir e receber dados científicos por comunicação através de ondas de rádio entre dois locais distantes, em tempo real, e com precisão. Os protótipos podem ser facilmente construídos e modificados para ser introduzidos como uma ferramenta confiável de aquisição de dados em qualquer laboratório científico.

Palavras-chave: Instrumentação, Arduino, Xbee.

ABSTRACT

The construction and testing of prototypes of data acquisition systems employing radio waves, developed in 2016 as part of the Scientific Initiation Program of the Federal University of Tocantins (PIBIC), is being carried out with the

work plan entitled: *Construction of a system of data acquisition with communication via radio waves using Xbee modules, the Zigbee standard, the Arduino prototyping platform and Labview. The built-in systems include: sensor modules, Xbee-type radio modules, the Arduino electronic prototyping platform and the Labview systems development environment. The goal is to take advantage of the new long-range communication capabilities of Digi International's low-power form factor radio modules along with its compatibility with the Arduino series of microcontroller-based PCB family of printed circuit boards, Raspberry and others, as well as shields and sensor modules, for the construction of wireless data acquisition systems. The prototypes are formed by two subsystems: In the first, sensor modules collect analogical electrical information from physical quantities being analyzed and send the data to an Arduino Uno card that transforms the analog signals into digital ones and then uses an Xbee module to propagate the information through broadcasting. The second subsystem consists of another Xbee module connected to a microcomputer via the USB interface which is in communication with an application in Labview, this subsystem receives the signal being broadcast by the first module. The application in Labview controls the process of acquiring and broadcasting the information as well as recording the numerical data and its graphical presentation on a computer display. The built-in systems allow you to transmit and receive scientific data by communicating through radio waves between two distant locations, in real time, and accurately. The prototypes can be easily constructed and modified to be introduced as a reliable tool of data acquisition in any scientific laboratory.*

Keywords: *Instrumentation, Arduino, Xbee.*

RESUMEN

Se relata la construcción y prueba de prototipos de sistemas de adquisición de datos que emplean ondas de radio, desarrollados en 2016 como parte del Programa de Iniciación Científica de la Universidad Federal de Tocantins (PIBIC) con el plan de trabajo titulado: Construcción de un sistema de adquisición de datos con comunicación a través de ondas de radio usando módulos Xbee, el estándar Zigbee, la plataforma de prototipado Arduino y el Labview. Los sistemas construidos integran: módulos sensores, módulos de radio del tipo Xbee, la plataforma de prototipado electrónico Arduino y el ambiente de desarrollo de sistemas Labview. El objetivo es aprovechar las nuevas capacidades de comunicación de largo alcance de los módulos de radio de baja potencia con factor de forma de la empresa Digi International, junto con su compatibilidad con la familia de placas de circuito impreso, con base en microcontroladores de la serie Arduino, Raspberry y otros, así como de Shields y módulos sensores, para la construcción de sistemas de adquisición de datos inalámbricos. Los prototipos son formados por dos subsistemas: En el primero, módulos sensores recopilan información eléctrica analógica de magnitudes físicas siendo analizadas y envían los datos a una placa Arduino Uno que transforma las señales analógicas en digitales, luego usa un módulo Xbee para propagar la información a través de radiodifusión. El segundo subsistema está constituido por otro módulo Xbee conectado a una microcomputadora a través de la interfaz USB que está en comunicación con una aplicación en Labview, este subsistema recibe la señal siendo difundida por el primer módulo. La aplicación en Labview controla el proceso de adquisición y difusión de la información, así como la grabación de los datos numéricos y su presentación gráfica en una pantalla de ordenador. Los sistemas construidos permiten transmitir y recibir datos científicos por comunicación a través de ondas de radio entre dos lugares distantes, en tiempo real, y con precisión. Los prototipos pueden ser fácilmente construidos y modificados para ser introducidos como una herramienta confiable de adquisición de datos en cualquier laboratorio científico.

Descriptores: *Instrumentación, Arduino, Xbee.*

INTRODUÇÃO

Sistemas de aquisição de dados (SAD) são dispositivos de hardware/software de precisão frequentemente empregados em instrumentação científica para a coleta de sinais que medem condições físicas do mundo real com intuito de converter essa informação, primeiramente em sinais elétricos analógicos e em seguida em valores numéricos digitais

para armazenamento em um computador, objetivando a sua análise e tratamento posterior (LEITE DA SILVA e SOTOMAYOR, 2017, pag. 1). Um sistema de aquisição de dados, em geral, pode ser composto por: Arranjos de sensores e transdutores (que convertem as variações dos fenômenos físicos sendo medidos em sinais elétricos analógicos); Circuitos eletrônicos de tratamento de sinais (que filtram, amplificam, e

condicionam os sinais dos sensores de forma a possibilitar a conversão em valores digitais); Conversores analógicos-digitais ou ADC (circuitos eletrônicos que transformam os sinais analógicos processados em valores digitais); Interfaces de comunicação (para comunicação e controle); e eventualmente um computador (para apresentação e armazenamento da informação coletada). Atualmente os sistemas de aquisição de dados comerciais são instrumentos compactos formados por circuitos eletrônicos complexos com base em unidades centrais de processamento (UCP) que podem ser microprocessadores ou microcontroladores. Geralmente os SAD são dispositivos comerciais proprietários, direcionados a tarefas específicas, de alto custo, cujos projetos e esquemas de fabricação assim como os softwares de controle são de divulgação reservada ou restrita.

SAD são projetados para coletar e armazenar informação, em locais remotos, para posterior acesso, como é o caso dos data loggers, ou para acesso imediato à informação (tempo real) em situações em que o sistema de coleta da informação está próximo do lugar de processamento dos dados o qual ocorre geralmente em um laboratório quando há computadores diretamente conectados aos SAD (MEASUREMENT COMPUTING CORPORATION, 2012, pag. 1-2). No entanto, é frequente encontrar situações na pesquisa científica em que a aquisição de dados de determinada experiência precisa ser realizada em locais remotos, afastados das facilidades de um laboratório, onde não há acesso à internet e com a necessidade de acesso aos dados em tempo real. Nestas circunstâncias, é de interesse o emprego de sistemas de aquisição de dados que consigam coletar a informação e enviá-la em tempo real para processamento em locais distantes sem a necessidade do emprego de longos cabos de comunicação e ou alimentação.

Recentemente, a possibilidade de construção deste tipo de sistemas foi possível devido ao surgimento dos sistemas de comunicação sem fio ou wireless que empregam módulos de rádio de baixa potência para gerar ondas eletromagnéticas na banda de radiofrequência e criar redes locais de comunicação padronizadas entre dispositivos eletrônicos. Exemplos são: as redes bluetooth, que são uma especificação de rede sem-fio de âmbito pessoal (Wireless Personal Area Network WPAN), as redes de área local sem-fio (Wireless Local Area Network WLAN), entre outras (MAINAK CHOWDHURY, ARUMITA BISWAS, 2017, pag. 1). Estes sistemas de comunicação possibilitam a comunicação entre vários dispositivos ou computadores além de fornecer acesso à internet, entretanto, os dispositivos de hardware juntamente com os drivers ou softwares são proprietários e de acesso restrito o que limita parcialmente o seu emprego difundido para aplicações diversas.

Muito recentemente a indústria tem disponibilizado de forma comercial módulos de rádio com fatores de forma compatíveis de baixa potência e padronizados com alcance de até 45 km. Estes módulos denominados Xbee (JONATHAN A TITUS, 2012, p. 1), podem ser usados juntamente com outros dispositivos, plataformas ou sistemas compatíveis, como é o caso do Arduino e o NI-Labview, para a construção de sistema de comunicação sem fio através de protocolos standardizados. Desta forma, a disponibilidade destes novos sistemas abre a possibilidade de construção de sistemas de aquisição de dados que empreguem ondas eletromagnéticas de rádio para o envio de informação de experimentos científicos a lugares remotos distantes do local de coleta.

Neste trabalho relatamos a construção e teste de um sistema de aquisição de dados: de temperatura, o qual envia a informação coletada, através de ondas de rádio, a um laboratório distante onde a informação é

recebida, armazenada, e continuamente apresentada no display de um computador.

MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo do presente trabalho é focado no desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados de fabricação simples que empregue as capacidades da plataforma de hardware/software de acesso aberto Arduino, os módulos de rádio Xbee, e o ambiente de desenvolvimento de sistemas NI-Labview para coletar informação de determinada grandeza física, e transmiti-la em tempo real a locais distantes onde poderá ser armazenada e processada.

O Projeto Arduino é uma plataforma eletrônica de prototipagem de acesso aberto que disponibiliza de forma livre sistemas compostos de placas de circuito impresso compatíveis que possuem como componente base microcontroladores da série Atmel, com suporte de entrada/saída embutido, e uma linguagem de programação padrão juntamente com um ambiente de desenvolvimento (MASSIMO BANZI, 2011, pag. 1). Os principais objetivos do projeto são criar ferramentas de hardware e software direcionadas ao uso de microcontroladores que sejam acessíveis, de baixo custo, flexíveis, compatíveis e fáceis de usar, voltados para uma ampla maioria de usuários que não possuem esse nível de acesso a sistemas proprietários.

O Labview é uma plataforma de desenho de sistemas e ambiente de desenvolvimento para a linguagem de programação visual G da empresa National Instruments, é normalmente empregada para aquisição de dados, controle de instrumentos e automação industrial sobre uma variedade de sistemas operacionais (NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, 2001, pag. 1-1, TRAVIS e KRING, 2006, pag. 27).

Foram empregados dois módulos Xbee modelo PRO-900HP da empresa DigiInternational, estes módulos trabalham na faixa de radiofrequências de 902

a 928 MHz, com taxas de transmissão de 10 Kbps a 200 Kbps, possuem potência de 250 mW, podem alcançar distâncias de até 45 km com antenas de alto ganho, e suportam os protocolos de comunicação padronizados IEEE 802.15.4, DigiMesh, ZigBee, ZigBeeSmart Energy, and Wi-Fi.

Para a medição da temperatura de um sistema localizado em um ambiente remoto foi empregado o sensor de precisão TI-LM35 da Texas Instruments (TEXAS INSTRUMENTS, 2016, pag. 1), que possui uma saída de tensão elétrica proporcional à temperatura. O sensor trabalha com tensões DC entre 4,0 e 30,0 V, pode determinar temperaturas na escala entre -55 e 150 °C, e a sua resposta é de +10mV/°C.

Foi empregada uma placa Arduino Uno Revisão 3, a qual possui um microcontrolador ATmega328P com 32 kB de memória flash, seis entradas analógicas, catorze portas digitais de entrada/saída, clock de 16 MHz e um conversor analógico digital de 10 bits entre outras capacidades. Também foi empregado um shieldXbee da empresa Shenzhen KEYES DIY Robotco. O shieldXbee é uma placa de circuito impresso compatível com a placa Arduino e com os módulos de rádio Xbee. Ela serve para estender as capacidades da placa Arduino permitindo a sua conexão física, interligação elétrica, e por tanto, a sua comunicação e interação com os módulos de rádioXbee. O segundo módulo Xbee foi conectado eletricamente a um dongle ou adaptador USB (universal serial bus) Explorer, e o conjunto todo interconectado a um microcomputador. Duas antenas de alto ganho do tipo MU-00PI de 6,0 dBi (decibels-isotropic) foram conectadas diretamente aos módulos de rádio Xbee para alcançar maiores distancias de comunicação. Finalmente, foi empregado o software NI-Labview versão 2010 para a elaboração do código de controle do processo de aquisição.

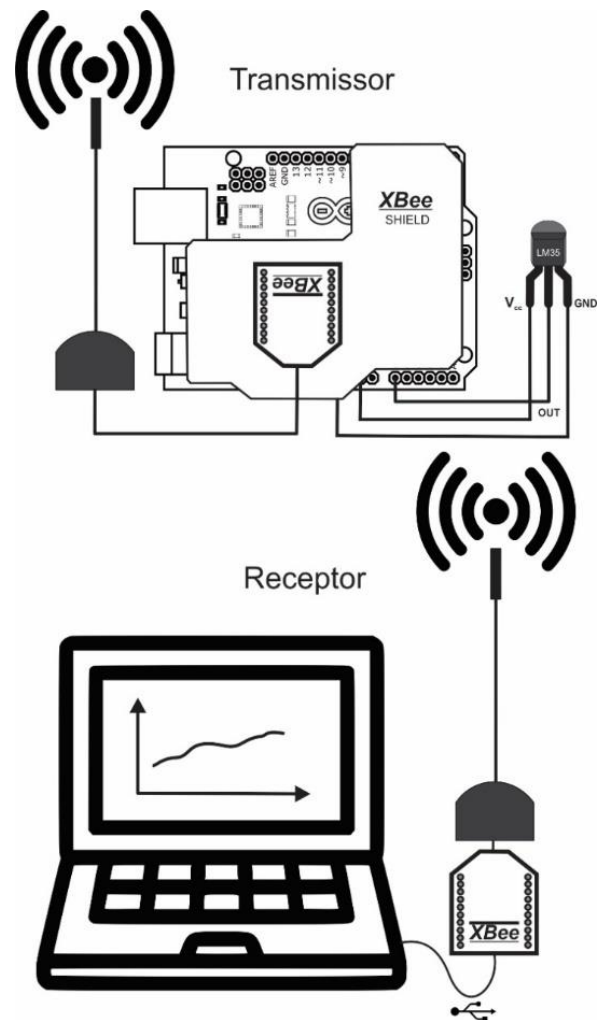
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como indicado, o sistema de aquisição de dados sem fio de longo alcance está constituído de duas partes: denominamos o primeiro subsistema de transmissor e o segundo subsistema receptor. O subsistema transmissor consiste do módulo de coleta dos sinais de temperatura, o conversor analógico-digital, e o sistema de radiodifusão dos sinais coletados, ele é mostrado na parte superior da Figura 1.

O subsistema transmissor está constituído da forma seguinte: o sensor de precisão TI-LM35 é conectado à saída de tensão analógica de 5,0 V da placa Arduino Uno para alimentação e também a conexão de aterramento. A saída de sinal do sensor de temperatura é conectada a entrada analógica A0 da placa Uno. Foi empregada a referência interna de voltagem da placa Arduino Uno, desta forma, a tensão máxima aceita pelo microcontrolador é de 5,0 V compatível com a tensão fornecida pela saída analógica da placa que é também de 5,0 V.

O microcontrolador da placa Uno possui um conversor analógico-digital de 10 bits ($n=10$) de forma que um valor de tensão de 5,0 V pode ser dividido em 1024 (2^n) partes sendo que o intervalo entre cada uma de estas partes corresponde a um valor digital do sinal analógico de tensão coletado. A conversão dos valores de tensão em temperatura está implementada através da equação (1),

Figura 1. Esquema que mostra a estrutura do SAD construído. A parte superior mostra o subsistema transmissor, constituído pela placa Arduino Uno, o shieldXbee, o módulo de rádio Xbee, o sensor LM35 e a antena de alto ganho. A parte inferior mostra o sistema receptor formado por um módulo de rádio Xbee conectado a uma antena de alto ganho e a um adaptador Explorer USB. O conjunto é conectado a um microcomputador onde um aplicativo em Labview comanda o processo.



$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{5,0 \times \text{analog_read} \times 100}{1024} \quad (1)$$

Na equação (1), $T (^{\circ}\text{C})$ é a temperatura em graus Celsius, 5,0 V é a tensão máxima na porta A0, 1024 é o número de partes em que a tensão máxima é dividida pelo ADC, analog_read é o número de partições ou divisões do sinal analógico coletado na porta A0.

Sobre a placa Arduino Uno está interconectada eletricamente a placa do Xbeeshield que também está interconectada eletricamente a um dos módulos de rádio XBee-PRO 900HP através de um conjunto de 20

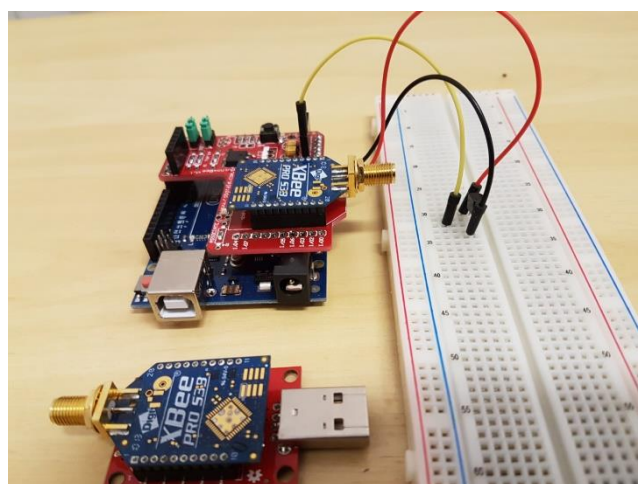
pinos. Uma das antenas de alto ganho está conectada diretamente ao módulo de rádio Xbee. O shieldXbee permite que os dados de grandezas físicas digitalizados pela placa Arduino sejam radiodifundidos isotropicamente em todas as direções pelo módulo Xbee.

A comunicação entre módulos de rádio Xbee emprega o protocolo padronizado Zigbee. O Módulo Xbee usa a interface periférica serial (SPI) RX & TX para se comunicar com a placa Arduino. A interface SPI é um protocolo de dados seriais, síncrono, usado por microcontroladores para se comunicar com dispositivos periféricos ou outros microcontroladores de forma rápida sobre curtas distâncias. Tanto o shieldXbee quanto o módulo de rádio recebem tensão de alimentação pelos terminais VCC (+5,0 V) e GND (terra) da placa Uno.

O subsistema receptor, mostrado na parte inferior da Figura 1, é formado por um módulo de rádio Xbee conectado a uma antena de alto ganho e a um adaptador Explorer USB. O adaptador é conectado à porta serial USB de um microcomputador onde um aplicativo em Labview é usado para controlar o processo de aquisição. A Figura 2 mostra uma fotografia com os dois subsistemas descritos com as duas antenas desconectadas para uma melhor visualização.

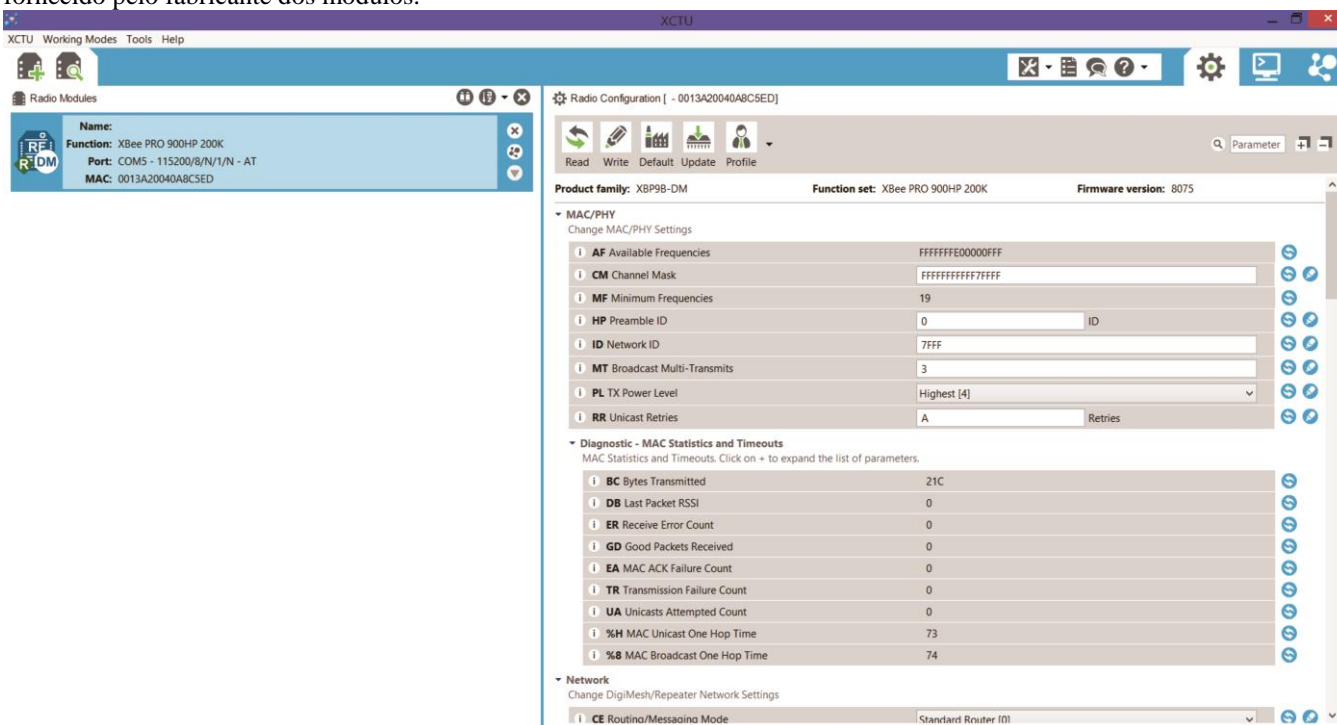
Antes da utilização dos módulos de rádio Xbee900HP cada um deles é configurado para comunicação empregando-se o software Xbee Configuration and Test Utility (XCTU), de domínio público e disponibilizado pela DigiInternational. A precisão do envio dos dados somente é possível se os dois módulos de rádio recebem e transmitem informação de forma sincronizada. Ambos módulos foram configurados como roteadores e alguns parâmetros da configuração são mostrados na Figura 3.

Figura 2. Fotografia que mostra os dois subsistemas descritos e empregados na construção do sistema de aquisição de dados sem fio. A parte superior mostra o subsistema transmissor, constituído pela placa Arduino Uno (na base), o shieldXbee conectado acima da placa Uno, e o módulo de rádio Xbee sem a antena de alto ganho. O sensor de temperatura LM35 está situado no protoboard e conectado à placa Uno. A parte inferior mostra o subsistema receptor formado por outro módulo de rádio Xbee (também sem a antena) e um adaptador Explorer USB, eles são conectados à entrada USB de um microcomputador onde o aplicativo em Labview comanda o processo de aquisição.



O aplicativo para o controle do sistema de aquisição de dados foi desenvolvido na linguagem G do Labview e é mostrado na Figura 4. Adicionalmente foi empregado o kit de ferramentas para interface do Arduino com o Labview (LIFA) (NATIONAL INSTRUMENTS GLOBAL, 2017). O LIFA não faz parte do Labview 2010, entretanto, ele está disponível para proprietários da licença do Labview 2010, ele foi descarregado e configurado empregando-se o software Virtual instrumentpackage manager (VIPM) do Labview.

Figura 3. A figura mostra alguns parâmetros de configuração dos módulos de rádio Xbee realizados através do software XCTU fornecido pelo fabricante dos módulos.



O arquivo de drivers do LIFA, LIFA_Base.ino foi gravado na memória flash da placa Arduino, usando-se a interface USB e o ambiente de desenvolvimento do Projeto Arduino, para facilitar a interação entre as plataformas Arduino e Labview.

O código na linguagem G para o controle do processo de aquisição de dados de temperatura usa a ferramenta INIT para estabelecer a comunicação entre o aplicativo e os sistemas transmissor e receptor. A comunicação é mediada pelo instrumento virtual VISA (Virtual Instrument Software Architecture) do Labview. A ferramenta INIT também permite a configuração dos parâmetros da comunicação serial, a seleção do tipo de placa Arduino e a escolha do tipo de comunicação serial, neste caso Xbee.

A ferramenta READ recupera os dados de temperatura coletados pela porta A0, os dados já estão digitalizados em valores de tensão, em acordo com a equação (1), para a conversão em valores de temperatura centígrada esses valores digitais são multiplicados por um fator de 10. Em seguida, os dados

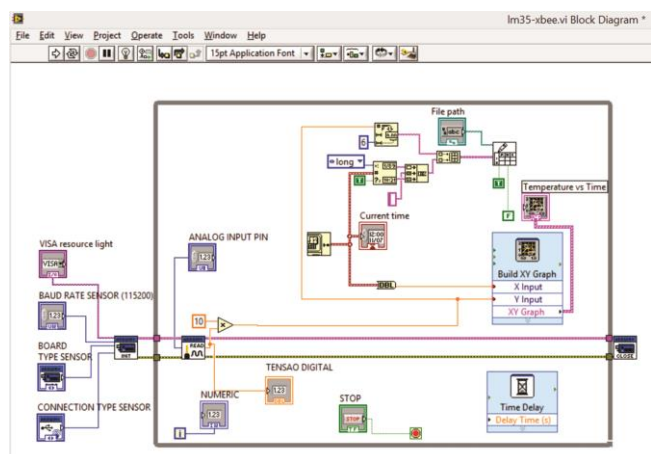
de temperatura são direcionados para apresentação gráfica e armazenamento.

Simultaneamente é adicionada a data e hora de cada dado de temperatura coletado, isto é feito usando a ferramenta Get Date/Time do LV que fornece um código timestamp para cada valor de data e hora sendo que esses códigos serão logo convertidos em cadeias de strings para ser apropriadamente utilizados no armazenamento e visualização dos dados. Toda a informação numérica é armazenada em arquivos de texto e paralelamente eles são mostrados em um display de forma contínua através do emprego da ferramenta XYGraph.

O painel frontal do aplicativo em Labview para aquisição de dados de temperatura é mostrado na Figura 5. Nestaparte do aplicativo seleciona-se a porta de comunicação entre o microcomputador, o sistema receptor e o aplicativo em Labview, o tipo específico de placa Arduino, a conexão serial Xbee entre o sistema transmissor e receptor, a porta analógica de entrada dos

dados no sistema transmissor, e o endereço do arquivo de texto onde serão armazenados os dados coletados.

Figura 4. Esquema que mostra o diagrama de blocos, na linguagem G, do código que controla o processo de aquisição de dados de temperatura em função da data e hora da coleta. A comunicação entre o módulo de rádio receptor e o aplicativo em Labview é realizado através da ferramenta INIT. A leitura dos dados de temperatura coletados na porta A0 é realizada pela ferramenta READ. Os dados de temperatura, assim como as informações correspondentes de hora e data, são gravados em arquivos de texto e, simultaneamente, mostrados no display de um computador.



O Painel Frontal permite também o controle do início e o fim do processo de aquisição, além de exibir duas janelas na quais são mostrados: o número de dados coletados, e os valores atuais de temperatura, data e hora. Também, um diagrama expansível permite a visualização gráfica da evolução temporal da temperatura de forma contínua. Este código computacional foi transformado em um aplicativo de software executável de forma que ele pode ser instalado em qualquer computador com sistema operacional Windows sem a necessidade de instalação do Labview.

Os diversos parâmetros da comunicação serial tais como baud rate, bits de dados, paridade, controle de fluxo e outros também, podem ser selecionados no painel frontal. Especificamente para este sistema foi empregado um baud rate de 115200 bits por segundo, 8 bits de dados, nenhum bit de paridade, um bit de parada e sem controle de fluxo.

A Figura 6 mostra de forma parcial o arquivo de dados de temperatura em função da data e hora correspondente ao gráfico sendo mostrado na Figura 5. Os dados numéricos podem ser gravados por longos períodos de tempo e o intervalo entre cada medida pode ser ajustado através do painel frontal.

A distância entre o sistema transmissor e o sistema receptor foi de 100 m em ambiente externo sem a interferência de prédios (o objetivo não foi testar o alcance máximo indicado pelo fabricante). Foi empregado um notebook para o subsistema receptor e o subsistema transmissor foi alimentado por uma fonte de corrente contínua de 9,0 V.

Os dados numéricos podem ser coletados por períodos de tempo prolongados de forma a possibilitar a construção de uma determinada base de dados. A construção do presente sistema de aquisição de dados possibilita a troca do sensor ou a adição de outros sensores com facilidade relativa. A programação estruturada do código de aquisição em Labview pode ser rapidamente estendida para ampliar as capacidades do SAD.

A Figura 6 mostra o sistema de aquisição de dados construído na sua totalidade e em funcionamento com o sistema transmissor e receptor em um mesmo ambiente, sobre uma mesa, para mostrar o sistema completo. Neste caso, na parte inferior esquerda da figura está o sistema de transmissão composto pela placa Uno, o Shield e o módulo Xbee conectados a uma fonte de tensão contínua de 5,0 V através do conector USB da placa Uno. Também é mostrado o sensor de temperatura colocado em um protoboard. Na parte superior direita aparece o sistema de recepção composto pelo segundo módulo Xbee e o adaptador USB, ambos, conectados a um microcomputador, que mostra o aplicativo em Labview que comanda o processo de aquisição.

aberto, Arduino e a plataforma de desenvolvimento de sistemas NI-Labview. A programação estruturada do código elaborado pode ser modificada com facilidade para estender as capacidades do sistema de aquisição e incluir diferentes tipos de sensores. A disponibilidade comercial de módulos sensores de diferentes grandezas físicas facilita este processo.

O sistema foi testado em ambientes externos possibilitando a transmissão e recepção de dados de temperatura com precisão em distâncias de até 100 m.

AGRADECIMENTO

Ao Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica INEO e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pelo suporte financeiro para a realização do projeto, à Universidade Federal do Tocantins (UFT) pelas facilidades de infraestrutura física.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

LEITE DA SILVA, W.; SOTOMAYOR, N. M. Desenvolvimento de sistemas de aquisição de dados usando a placa Arduino uno e o software NI-Labview. *Desafios*. v. 3, p. 118-125, 2017.

MEASUREMENT COMPUTING CORPORATION. Data acquisition handbook. 3thed., MCCDAQ 133 p., 2012.

MAINAK CHOWDHURY, ARUMITA BISWAS. Wireless Communication. Theory and Applications. Cambridge University Press, 568 p. 2017.

JONATHAN A TITUS. The Hands-on XBEE Lab Manual: Experiments that Teach you XBEE Wireless Communications. 1st edition, Newnes, 324 p. 2012.

MASSIMO BANZI. Getting Started with Arduino. 2nd editions, O'reilly 118 p. 2011.

NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Getting Started with LabVIEW. Worldwide Technical Support and Product Information, Nov. 2001 edition, 47 p. 2001.

JEFFREY TRAVIS, JIM KRING. LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun. 3th Edition, U.S.A., Prentice Hall; 2006.

TEXAS INSTRUMENTS. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Datasheet, U.S.A. 2016.

NATIONAL INSTRUMENTS GLOBAL. LabVIEW Interface for Arduino (LIFA) Toolkit Overview. Free internet video resource tutorial available at internet address: <https://www.youtube.com/watch?v=n3AwL-UCS4>. Acesso em 15/04/2017.