

Survey - Perspectiva de Futuro

Marcelo Siqueira Besch

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Departamento de Engenharia Elétrica
Natal, RN, Brasil
Email: marcelobesch@gmail.com*

Danilo de Santana Pena

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Departamento de Engenharia Elétrica
Natal, RN, Brasil
Email: danilopena.ba@gmail.com*

Resumo—Este artigo desenvolve o conceito de uma família de produtos que podem ser criados utilizando microcontroladores, atuadores, sensores e os módulos de comunicação RF XBee produzidos pela Digi International. O produto principal consiste de pelo menos um sensor, que enviará suas medições por radiofrequência para um módulo central concentrador de dados. O concentrador de dados, então, armazena as medições com um timestamp e o id do sensor. Se houver algum atuador, o concentrador de dados irá interpretar as medições e comandar a atuação remotamente. O paper irá descrever, como exemplo, o funcionamento de dois sensores que já foram criados na forma de protótipos e estão funcionando: um de temperatura e um de consumo de energia.

Keywords-xbee, zigbee, sensoriamento

I. INTRODUÇÃO

Com o crescimento das tecnologias sem fio, várias oportunidades para criação de novos produtos surgem. Os módulos XBee, da Digi International, se mostram ideais para o desenvolvimento de aplicações de sensoriamento sem fio de diversos pontos espalhados por uma área. Estes módulos são de fácil utilização, permitindo que o desenvolvedor realize comunicação em radiofrequência sem precisar se aprofundar muito no padrão IEEE 802.15.4 (Zigbee). Além disso, se configurados apropriadamente, possuem baixo consumo, permitindo a criação de sensores que podem ser alimentados por bateria durante meses, como é o caso do sensor de temperatura descrito neste artigo.

Com a necessidade do monitoramento de variáveis sempre crescente em uma sociedade repleta de sistemas automatizados, as possibilidades oferecidas pelos módulos XBee permitem construir sistemas que oferecem soluções úteis e elegantes para questões comuns. Com o sensor de consumo de energia descrito neste artigo, por exemplo, é possível descobrir exatamente quanta energia cada equipamento de uma instalação gasta e em que momento do dia cada fração do consumo ocorreu. Assim, torna-se prático regular os hábitos de uma casa ou de uma empresa, buscando meios de reduzir o gasto de energia elétrica.

Pensando nestas questões, o protótipo para um sistema modular de sensoriamento e controle de variáveis foi idealizado. As seções seguintes detalharão este sistema, mostrando como foi imaginado. Também haverá um detalhamento do

que foi feito na prática, mostrando as questões relativas à implementação do sistema.

II. VISÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema de sensoriamento e automação imaginado possui três componentes fundamentais:

- O módulo central
- Módulos sensores
- Módulos atuadores

O módulo central é o mais importante do sistema. É nele que se encontra o XBee coordenador da rede, que deve estabelecer um canal de comunicação que o liga aos sensores e atuadores. Este módulo possui o único microcontrolador indispensável ao sistema, que, utilizando comunicação serial com o XBee coordenador, recebe e armazena as medições dos sensores e controla os atuadores. Este microcontrolador também será utilizado para prover interface com o computador do usuário, que através de um software deve ser capaz de extrair medições dos sensores para um banco de dados e definir a referência para o controle de variáveis realizado pelos atuadores.

Os módulos sensores e atuadores possuem XBees que se integram à rede estabelecida pelo coordenador. Os sensores devem prover medições periódicas para o módulo central, com períodos, em geral, múltiplos de 20 segundos. Este período longo é uma característica do sistema: os módulos XBee apresentam baixo consumo, mas para tal precisam "dormir" durante a maior parte do tempo, impossibilitando medições mais frequentes. Da mesma forma devem ser os módulos atuadores, mudando a entrada somente entre períodos múltiplos de 20 segundos. Por isso, as plantas controladas devem ser lentas, tais como o controle de temperatura da água de um aquário. Existe também a possibilidade de produzir um módulo que seja sensor e atuador ao mesmo tempo, bastando adaptar a parte física para tal. Uma parte dos pinos do XBee seria utilizada para sensoriamento (entrada) e outra parte para atuação (saída).

A figura 1 mostra um exemplo de aplicação do sistema: o sensoriamento e automação residencial.



Figura 1. Exemplo de aplicação do sistema.

Na figura 1, o módulo central se encontra na mesa de centro. Módulos na televisão, no aquário e na cortina poderiam realizar diversas funções, tais como: medição de consumo, medição e controle de temperatura, alimentação automática dos peixes e abertura/fechamento da cortina. Percebe-se o apelo comercial do produto imaginado, que poderia ser até mesmo utilizado para ajudar pacientes em recuperação de alguma complicação médica a realizar tarefas rotineiras sem precisar se mover. A garota da figura configura o sistema e vê o relatório de medições realizadas sentada na poltrona, utilizando um laptop para se comunicar com o módulo central.

Nas seções seguintes, os módulos serão detalhados. O protótipo que já foi construído será sempre utilizado como exemplo, mostrando como foram implementadas as soluções.

III. O MÓDULO CENTRAL

O módulo central é o responsável pelas funções mais críticas do sistema. É necessário que seja capaz de armazenar grandes quantidades de dados e que esteja sempre disponível para receber e interpretar mensagens, além de enviar comandos para módulos remotos. Para realizar tais funções, o módulo é composto basicamente por um microcontrolador ATMega328P da Atmel, um XBee PRO series 2 configurado como coordenador e uma memória flash de pelo menos 8 Mbits, que deve armazenar as diversas medições enquanto o usuário não as solicita para o banco de dados no computador. Para o protótipo construído, não foi ainda implementada a memória flash, de forma que a memória eeprom do microcontrolador armazena as medições recebidas. É também importante cadastrar em uma tabela na memória todos os módulos sensores e atuadores já identificados na rede, de forma a estabelecer um identificador associado a cada medição recebida.

A figura 2 mostra o módulo central implementado para o protótipo do sistema.

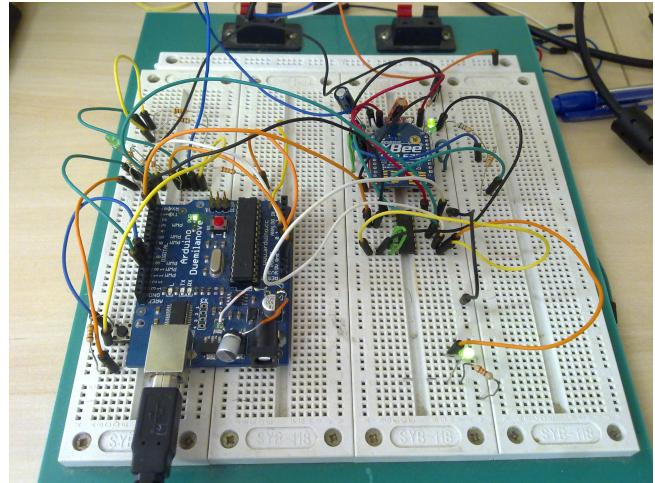


Figura 2. Módulo central feito em matriz de contato para o protótipo do sistema.

Na figura 2 pode-se perceber a conexão usb utilizada para comunicação do computador com o microcontrolador. Desta forma, do lado direito, abaixo do XBee está um multiplexador 4052, que é utilizado para fazer a uart do microcontrolador comunicar com o XBee ou com o computador do usuário, dependendo do que se deseja no momento. O módulo fica em comunicação com o XBee adquirindo medições dos sensores implementados (temperatura e consumo de energia) e, quando se deseja passar tais medições para o banco de dados no computador, basta conectar com um cabo usb e utilizar o software do sistema.

O microcontrolador registra as medições com data e ID do sensor associado. Para manter a sincronia de data, o software passa um frame com a data e a hora atualizadas para o módulo central. O módulo, então, responde com um byte de confirmação (0x4B) e atualiza sua hora e sua data internas.

Na programação do microcontrolador, foram implementadas rotinas para receber frames do XBee e armazenar informações em duas tabelas: uma de sensores presentes na rede, contendo o número de série e o ID de cada um, e uma de medições, contendo a data, o ID do sensor e o valor de cada medição. As duas tabelas são passadas para o software sempre que o microcontrolador recebe o comando 0x01 0xFE. Após enviá-las, o módulo desaloca-as da memória eeprom, liberando espaço para mais medições. O valor de cada medição consiste de dois bytes, podendo ser a conversão AD de um valor analógico lido do sensor de temperatura ou o registro de um contador do sensor de consumo de energia elétrica. Exemplos de tabelas obtidas na prática são mostrados nas figuras 3 e 4.

	ID	serial
1	A0	00:13:A2:00:40:61;33;A4;

Figura 3. Tabela 1, armazenando o ID e o número de série de cada sensor da rede.

	data	ID	medicao
1	11;7;11;23;40;12;	A0	0000
2	12;7;11;0;10;44;	A0	0000
3	12;7;11;0;12;50;	A0	0000
4	12;7;11;0;14;55;	A0	0000
5	10;7;11;19;32;54;	A0	0010
6	10;7;11;19;34;59;	A0	0010
7	10;7;11;19;37;5;	A0	0003
8	10;7;11;19;41;27;	A0	0010
9	10;7;11;19;42;27;	A0	0005

Figura 4. Tabela2, armazenando data, ID e valor de cada medição.

As duas tabelas foram obtidas estabelecendo o sistema com o módulo central e o medidor de consumo de energia. O ID do sensor utilizado é "A0" e o valor de suas medições está em hexadecimal. Cada unidade do valor de cada medição corresponde a um consumo de aproximadamente 3 Wh, conforme será explicado na seção de módulos sensores. Desta forma, operou-se um aquecedor de agua elétrico de 1200W para testar o medidor, gerando os valores da tabela. Quando o aquecedor foi totalmente desligado, as medições passaram a ser sempre de nenhum Wh gasto.

IV. OS MÓDULOS SENSORES

Os módulos sensores possuem a função de aferir grandezas do ambiente e transformá-las em medidas digitais, passando-as para o módulo central. Em alguns casos, deseja-se alimentar sensores com baterias, havendo significativa preocupação com o consumo no design do projeto. Como foi dito, o XBee colabora com isso, possuindo função de dormir quando não está enviando medições.

As aplicações para sensores utilizando módulos XBee podem assumir diversas formas e utilizar variadas tecnologias. Em geral, basta que algum sensor seja integrado ao módulo RF através das portas de entrada. O XBee oferece até 12 entradas digitais e 4 entradas analógicas. Cada projeto de sensor pode utilizar um meio diferente de estabelecer sua interface com os módulos da Digi. No caso do protótipo feito pelos autores deste artigo, o sensor de temperatura utiliza uma porta analógica do XBee enquanto o sensor de consumo de energia elétrica utiliza oito portas digitais.

Para tornar mais claro como são desenvolvidos medidores para o sistema proposto, os dois sensores feitos para o protótipo serão explicados em subseções próprias.

A. Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura utilizando o XBee já vem sendo trabalhado há cerca de dois anos, de forma que está bastante otimizado, requerendo poucos componentes. São estes:

- 1 regulador de tensão TPS76933;
- 1 módulo XBee series 2 configurado como end device;
- 1 sensor de temperatura analógico TMP37;
- 1 bateria de 9V;
- 1 led vermelho;
- 1 resistor de 220Ω, 1 capacitor de 1uF e 1 capacitor de 4,7uF.

O módulo é constituído basicamente por um bloco regulador de tensão, que converte dos 9V da bateria para 3,3V, tensão de operação do XBee, um sensor de temperatura analógico, que gera valores de tensão baseado na temperatura do ambiente, e um módulo XBee, que faz a conversão do sinal de temperatura analógico para digital e envia para o módulo central. Além destes componentes, um led foi utilizado para sinalizar quando o XBee acorda, pois coincide com o momento em que envia uma nova medição para o módulo central. Desta forma, o usuário sabe que recebeu uma nova medida quando vê o led vermelho piscar. Os capacitores são utilizados para auxiliar o CI regulador de tensão.

A figura 5 mostra este sensor, implementado numa pequena matriz de contato.

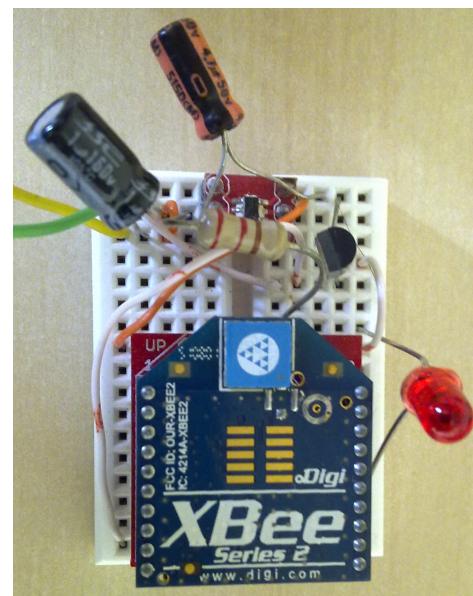


Figura 5. Sensor de temperatura.

Como a figura mostra, o sensor é bastante compacto. Futuramente, será implementado em placa de circuito impresso e terá suas dimensões ainda mais reduzidas.

Uma importante característica deste sensor de temperatura é seu baixo consumo. Todos os seus componentes possuem

baixa potência, de forma a aumentar a autonomia da bateria. O sensor de temperatura e o regulador de tensão juntos necessitam somente de 318uW para funcionar. Fazendo o XBee dormir pela maior parte do tempo (intervalo entre medições) garante a autonomia do sistema por longos períodos, utilizando baterias comuns. Testes futuros serão realizados para descobrir exatamente quanto tempo um sensor de temperatura deste tipo pode operar utilizando uma bateria de 9V comum.

B. Sensor de Consumo de Energia Elétrica

Ao contrário do sensor de temperatura, o sensor de consumo de energia elétrica teve desenvolvimento recente. Seu projeto se iniciou há cerca de dois meses, sendo há aproximadamente 4 semanas. Entretanto, já se mostra bastante robusto, atendendo às especificações estabelecidas no início de sua idealização.

O módulo sensor de energia elétrica possui muito mais componentes que o sensor de temperatura se mostra mais minucioso, pois precisa medir corrente e tensão de uma linha de 220 volts. Para atingir seu objetivo, utiliza diversos periféricos, mas o principal núcleo de seu funcionamento é formado pelo CI ADE7757 e, naturalmente, o XBee. A figura 6 mostra o diagrama de blocos deste sensor.

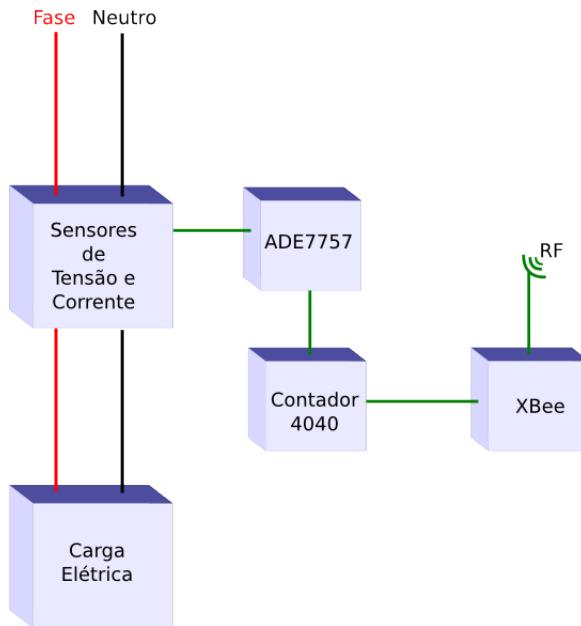


Figura 6. Diagrama de blocos do sensor de consumo de energia elétrica.

A linha de 220 volts passa por sensores do módulo, que adaptam as tensões para a faixa aceita pelo ADE7757, além de transformar as correntes da linha em valores de tensão que o CI pode utilizar. Para fazer estes sensores, foram utilizados um divisor de tensão, com resistores comuns, e um resistor de shunt em série com a carga elétrica. O resistor de shunt escolhido possui apenas $1m\Omega$ e apresenta precisão de $\pm 1\%$.

O ADE7757 utiliza as entradas de tensão e corrente para calcular o consumo ativo da carga e gera um sinal pulsado com frequência proporcional a este consumo. Este sinal é então aplicado à entrada de clock de um contador 4040. Os pinos de saída do contador são ligados às entradas digitais de zero a sete do XBee, de forma que ele lê o consumo do equipamento entre uma amostragem e outra.

O XBee dorme cerca de cinco minutos antes de acordar, receber a entrada do contador, enviar para o módulo central e dormir novamente. Quando volta a dormir, reseta a contagem do 4040, para evitar estouros do contador que causariam perda de dados. Este reset é feito utilizando a borda de descida do pino *ON/SLEEP*.

Configurando o ADE7757 através dos pinos S1 e S0, obtem-se na saída F1 cerca de 3Wh por pulso. Assim, é possível saber exatamente qual foi o consumo do aparelho durante o último período de sleep do XBee. A implementação do sensor de consumo de energia elétrica está mostrada na figura 7. A caixa foi utilizada para isolar a parte viva do circuito (220 volts) do usuário, evitando choques elétricos.

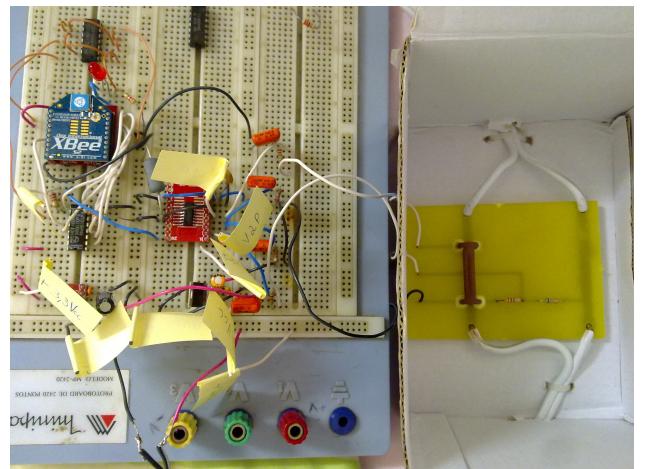


Figura 7. Implementação do sensor de consumo de energia elétrica feito em uma protoboard, com os sensores de corrente e tensão desenvolvidos em um circuito impresso colocado dentro da caixa de papelão.

Futuramente este sensor também será implementado em circuito impresso, reduzindo bastante seu tamanho.

V. OS MÓDULOS ATUADORES

Assim como os módulos sensores, os atuadores podem assumir muitas formas, de acordo com a aplicação. Em geral, o controle pode ser feito à distância pelo módulo central, porém a planta deve ser lenta. No protótipo do sistema feito, nenhum atuador foi desenvolvido, porém anteriormente já se havia realizado o controle de temperatura de um aquário através de um relé ativado por um pino do XBee, que conectava o aquecedor à rede. Este controle de temperatura

obteve o segundo lugar no programa BITEC 2009, realizado no Rio Grande do Norte.

VI. CONCLUSÃO

Este artigo detalhou o funcionamento de um sistema de sensoriamento e automação utilizando XBeeS. O protótipo deste sistema foi implementado com um sensor de consumo de energia e um sensor de temperatura, apresentando resultados satisfatórios. Para continuar o desenvolvimento do projeto, fazem-se necessárias mudanças especialmente no módulo central, onde a memória flash ainda precisa ser incorporada. Além disso, os sensores devem ser feitos em placas de circuitos impressos, tornando-os fisicamente mais robustos.

Atualmente, o protótipo funciona armazenando até 23 medições na memória eeprom. Com a inclusão da flash de 8Mbits, o número de medições aumenta para cerca de 90 mil. Naturalmente, basta que o usuário requeira as medições através do software criado para que o microcontrolador limpe a memória e fique pronto para receber de novo.