

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica  
ODS: 11 - Cidades e comunidades sustentáveis

## DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL CONTROLADO POR SMARTPHONE<sup>1</sup>

### DEVELOPMENT OF THE PROTOTYPE OF A SMARTPHONE-CONTROLLED HOME AUTOMATION SYSTEM

Leonardo Luan Moreira Serpa Sá<sup>2</sup>, Lorenzo Ratzlaff Hermann<sup>3</sup>, Ana Caroline Mainardi<sup>4</sup>,  
Airam Teresa Zago Romcy Sausen<sup>5</sup>, Maurício de Campos<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEeng), pertence ao Grupo de Automação e Controle Industrial (GAIC)

<sup>2</sup> Bolsista PIBIC/UNIJUI, Aluno do Curso de Engenharia Elétrica da Unijui, leoluan12@gmail.com

<sup>3</sup> Bolsista de Extensão (PROFAP - DEMEI), Aluno do Curso de Engenharia Elétrica da Unijui, lorenzo-h@live.com

<sup>4</sup> Bolsista Extensão (PROFAP - DEMEI), Aluna do Curso de Engenharia Elétrica da Unijui, carolaine\_carolyne@hotmail.com

<sup>5</sup> Professora Doutora do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijui, orientadora, airam@unijui.edu.br

<sup>6</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijui, orientador, campos@unijui.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o intenso desenvolvimento tecnológico, a automação residencial vem ganhando lugar de destaque nos setores de engenharia. O seu objetivo, segundo Bolzani (2004), consiste no emprego da tecnologia para integrar e automatizar as tarefas domésticas, promovendo assim, mais praticidade, segurança, economia de energia e, principalmente, comodidade para os usuários.

Diversos elementos como controladores, sensores, atuadores e protocolos de comunicação são empregados em um sistema de automação residencial. De modo geral, o controlador é responsável por receber as informações dos sensores (que captam estímulos físicos do ambiente, os quais podem ser de temperatura, luminosidade, umidade etc.), interpretá-los e enviar comandos para que os atuadores executem determinada ação, como ligar um ar condicionado caso a temperatura exceda determinado valor, por exemplo (ACCARDI; DODONOV, 2012).

O presente resumo expandido tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um sistema capaz de simular o funcionamento da automação residencial em uma maquete, com o intuito de auxiliar o público geral no entendimento dele. O sistema em questão consiste, basicamente, em possibilitar que o usuário ligue e desligue remotamente, através de um smartphone, os leds da maquete, os quais representam as lâmpadas, chuveiros, condicionadores de ar e eletrodomésticos de uma residência real.

**Palavras-chave:** Automação, Microcontroladores, Comunicação sem fio.

**Keywords:** Automation, Microcontrollers, Wireless communication.

## 2. METODOLOGIA

A maquete utilizada é composta por 8 módulos independentes que representam os cômodos de uma casa. Para que o usuário possa controlá-los, foi desenvolvido um sistema de comunicação e controle baseado no conceito de mestre e escravo, ou seja, uma única placa mestre é responsável por receber o dado do usuário e enviá-lo para todos os módulos (escravos). Todo o desenvolvimento do projeto foi dividido nas seguintes etapas:

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 11 - Cidades e comunidades sustentáveis

## 2.1 Definição dos componentes e do método de comunicação

O passo inicial no desenvolvimento do projeto foi definir o meio de comunicação a ser utilizado e o microcontrolador que seria empregado na parte de controle do sistema. Para tal, foram levados em consideração fatores como consumo de energia, custo, desempenho e praticidade.

Relativo ao microcontrolador, optou-se por utilizar o AVR ATmega328p, o mesmo utilizado no popular sistema embarcado Arduino Uno. A escolha se fundamenta no momento que o componente apresenta uma velocidade de processamento razoável aliada a um baixo consumo energético, além de ser facilmente encontrado no mercado brasileiro por um preço relativamente pequeno.

Ademais, no que tange a comunicação a ser empregada entre os módulos da maquete, foi optado por realizá-la via rádio. A escolha foi baseada no fato de que este tipo de comunicação possibilita que ela seja feita de maneira totalmente sem fio, propiciando um visual mais limpo e organizado para o sistema, além de uma maior facilidade de montagem e manutenção.

O módulo de rádio escolhido foi o nRF24L01+ devido ao seu custo acessível, baixo consumo energético e por ser totalmente compatível com o microcontrolador utilizado. Além disso, a disponibilidade de bibliotecas prontas para sua configuração e a capacidade de transmitir dados em uma taxa de até 2 Mbps por pequenas distâncias fazem com que o módulo se torne ideal para a aplicação (GIARETTA, 2014).

## 2.2 Desenvolvimento dos códigos

Com o método de comunicação e os componentes básicos definidos, o passo seguinte foi a elaboração dos códigos para os microcontroladores. Foram desenvolvidos dois códigos distintos, um para a placa mestre e outro para as placas escravo, sendo que ambos foram escritos em linguagem C++ através da IDE do Arduino. O funcionamento do sistema pode ser dividido nas seguintes etapas:

### 2.2.1 Comunicação entre o operador e placa mestre

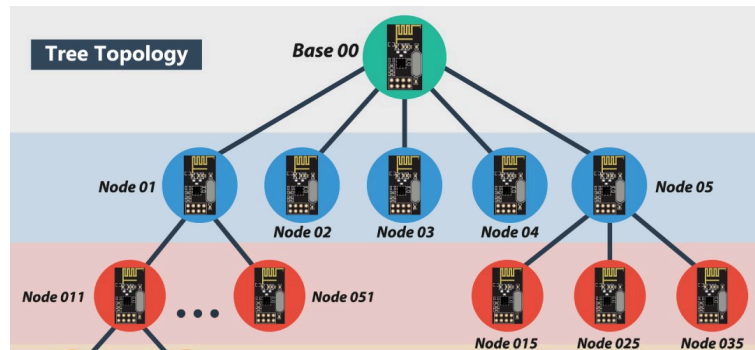
É a primeira parte da comunicação, onde o usuário envia um dado de 8 bits para a placa mestre contendo a informação de qual led ele deseja ligar ou desligar. Foi optado por utilizar comunicação Bluetooth neste estágio com o intuito de possibilitar que qualquer pessoa com um smartphone Android possa fazer o download do aplicativo, conectar seu celular e operar a maquete remotamente. Para que o microcontrolador consiga receber o dado, foi desenvolvido um circuito utilizando o módulo HC-06, o qual é responsável por receber o sinal via protocolo Bluetooth e enviá-lo para o ATmega através de comunicação serial USART, em níveis TTL (SILVA JUNIOR, 2017). O baud rate definido foi de 115200 bits por segundo.

### 2.2.2 Comunicação entre a placa mestre e os escravos

Posteriormente ao recebimento do dado via Bluetooth, a placa mestre o reenvia para todos os escravos simultaneamente utilizando comunicação via rádio. Para que isso seja possível, todos os módulos nRF24L01+ estão conectados entre si através de uma network. A constituição desta rede se dá através de “nós”, onde cada nó corresponde a um módulo e pode se conectar a outros cinco, sendo que no sistema em questão o nó base é a placa mestre. Entretanto, como são oito módulos, para que todos estejam conectados à mesma rede, algum deles deve funcionar como roteador de sinal. Dessa forma, para que três módulos específicos da maquete recebam os dados, é essencial que o repetidor esteja ligado e funcionando. A topologia é exemplificada através da imagem abaixo:

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica  
 ODS: 11 - Cidades e comunidades sustentáveis

Figura 1 - Topologia utilizada na constituição da *Network*.



Fonte - *How to Mechatronics*.

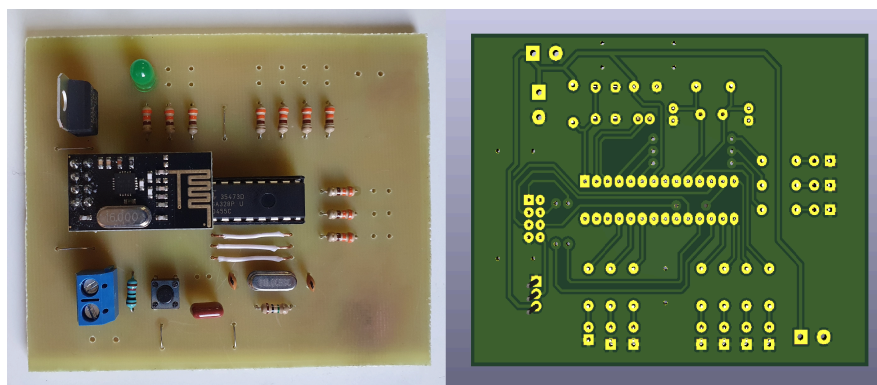
### 2.2.3 Interpretação dos dados recebidos pelos escravos

Como a placa mestre envia o mesmo dado para todos os escravos, para que o sistema funcione corretamente é necessário que cada um saiba exatamente quando deve “responder” ao dado recebido ou não. Para resolver este impasse, cada led da maquete foi endereçado com um caractere da tabela ASCII. Por exemplo, o led referente ao ar condicionado do módulo 1 da maquete recebeu como endereço o caractere ‘a’, dessa forma, quando os escravos receberem um byte contendo o número decimal 97 (que corresponde ao caractere ‘a’ na tabela ASCII), somente a placa que estiver conectada ao led correspondente irá ligá-lo.

### 2.3 Desenvolvimento das placas de circuito impresso

Da mesma maneira ocorrida com os códigos, tornou-se necessário o desenvolvimento de duas placas distintas, sendo um modelo para o mestre e outro para os escravos. Buscou-se projetar ambas da forma mais compacta e prática possível, pois elas serão fixadas na maquete através de patolas plásticas, as quais têm tamanho limitado. O design foi elaborado com o auxílio do *software* Kicad e o protótipo desenvolvido para o escravo é apresentado abaixo:

Figura 2 - Placa de circuito impresso dos módulos escravo.



Fonte - Os autores

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 11 - Cidades e comunidades sustentáveis

A primeira versão da placa escravo foi projetada para ser alimentada através de baterias de íon lítio recarregáveis, o que tornaria os módulos totalmente independentes entre si. Entretanto, com o intuito de tornar o custo mais acessível, as placas futuras serão alimentadas por uma única fonte de tensão, de forma cabeada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar o funcionamento do sistema, foram executados testes através de um aplicativo *Bluetooth* Terminal genérico em um smartphone Android conectado ao protótipo da placa mestre. O comportamento foi testado, até o presente momento, utilizando somente dois escravos conectados à maquete.

Durante os primeiros testes, observou-se que quando somente uma das placas estava ligada, o sistema funcionava perfeitamente, respondendo a todos os comandos de maneira instantânea e satisfatória. Entretanto, quando ambas estavam ligadas simultaneamente, percebeu-se a perda de alguns bytes de dados durante a transmissão. As perdas diminuíam caso o intervalo de tempo entre dois comandos enviados fosse maior que aproximadamente 1 segundo.

Para resolver este problema optou-se por reescrever os códigos dos microcontroladores em um nível mais baixo de abstração e da forma mais simplificada possível, com o intuito de deixar a execução do programa mais leve e fluida. Após refazer os códigos removendo todas as rotinas não essenciais e manipulando diretamente os registradores do ATmega, o sistema passou a funcionar adequadamente com as duas placas e as perdas de dados deixaram de acontecer.

Ademais, relativo à distância máxima para a conexão entre o celular e placa mestre, constatou-se uma média de 15 metros em lugares com muitos obstáculos e 20 metros em locais mais abertos, o que é suficiente para esta aplicação. No que tange a autonomia de energia das placas, quando cada escravo está alimentando cerca de 5 leds, a corrente consumida fica próxima de 120mA, portanto, considerando que a maquete tem 80 leds no total, caso todos sejam ligados ao mesmo tempo, o sistema consumirá aproximadamente 2A.

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos nos testes iniciais, pode-se dizer que, até presente o momento, o sistema opera de maneira satisfatória. Considerando que no projeto final a placa mestre controlará 8 módulos, torna-se fundamental que todos respondam adequadamente à maioria dos acionamentos, a fim de evitar a necessidade de o usuário enviar o mesmo comando mais de uma vez. Evidentemente, é natural que conforme forem conectados mais escravos, o sistema comece a apresentar certa diminuição na velocidade de resposta e eventuais perdas de dados.

Por fim, para melhorias futuras, será desenvolvido um *software* computacional capaz de mostrar o consumo energético dos “aparelhos” ligados no sistema e simular uma fatura de energia com valores reais. O objetivo deste *software* é aumentar a interação entre o usuário e a maquete, além de enfatizar o papel educacional dela, conscientizando o público alvo acerca do consumo racional de energia elétrica.

### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIJUÍ, ao DEMEI e ao PIBIC pela bolsa de iniciação científica, a qual proporciona oportunidades de expormos nosso aprendizado através da realização de projetos de pesquisa e ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) pela disponibilização dos laboratórios para o desenvolvimento do sistema.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 11 - Cidades e comunidades sustentáveis

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCARDI, Adonis; DODONOV, Eugeni. **Automação Residencial: Elementos Básicos, Arquiteturas, Setores, Aplicações e Protocolos. Tecnologias, Infraestrutura e Software**, São Carlos, v. 1, p. 156-166, nov. 2012.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Residências Inteligentes**. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 332 p.

GIARETTA, Mateus Streit. **Projeto de uma Rede de Comunicação sem Fio Baseada no Transceptor nRF24L01+ Voltada para Sistemas de Automação Predial**. 2014. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA JUNIOR, Aldimir Carvalho. **AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: Sistemas Residenciais Controlados Via Smartphone**. 2017. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, São Luiz, 2017.

Parecer CEUA: 012/18