

Aplicação Microcontrolada para Gerência Remota de Banheiras

Ervin Notari Junior, Douglas Rossi de Melo

Laboratório de Sistemas Embarcados e Distribuídos (LEDS)
Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) – Itajaí – SC – Brasil

{ervin.notari, drm}@univali.br

***Abstract.** The interest in the management and automation of bathtubs has increased significantly. For better control of these units, it is necessary to monitor some physical aspects such as the level and temperature using sensors. In addition to monitoring, it is also desirable to control the activity of the structure without the physical presence of an operator, by the use of devices called actuators that are represented by relays, motors, pressurizes, etc. This paper proposes a system for management of bathtubs using a low-cost platform based on microcontrollers and distributed systems, which provides a way to monitor and manage sensors and actuators and also allows the user to perform operations remotely over the Internet.*

***Resumo.** O interesse no gerenciamento e automação de banheiras tem aumentado significativamente. Para que se tenha um melhor controle dessas unidades, torna-se necessário monitorar alguns aspectos físicos como nível e temperatura por meio de sensores. Além do monitoramento, é desejável também controlar a atividade dessa estrutura sem a presença física de um operador, sendo essa realizada por dispositivos denominados atuadores que são representados por relés, motores, pressurizadores, etc. Este trabalho propõe um sistema para gerência de banheiras utilizando uma plataforma de baixo custo, baseada em microcontroladores e na distribuição de sistemas, que forneça meios de monitorar e gerenciar os sensores e atuadores e que também possibilite ao usuário efetuar as operações de maneira remota pela Internet.*

1. Introdução

No cotidiano, é cada vez mais comum a execução de múltiplas tarefas simultaneamente. Visando melhorar a qualidade de vida, torna-se pertinente o uso da tecnologia como artifício para poupar tempo e aperfeiçoar as atividades diárias sem deixar de lado a segurança e a precisão. Nesse contexto, os avanços nas tecnologias de redes de computadores forneceram uma forma de comunicação de alta velocidade entre dispositivos distintos, independente de sua localização ou tipo de conexão, seja ela por cabeamento de cobre ou de fibras ópticas, infravermelhos, micro-ondas ou até mesmo por satélites (TANENBAUM, 2003).

Segundo Weiser (1991), com o surgimento da IoT (Internet of Things), vive-se uma nova era de tecnologia onde objetos comuns se tornaram também computadorizados mediante a proliferação dos microcontroladores. Esses dispositivos

são equipados com sensores, dispositivos eletrônicos capazes de capturar e interpretar o ambiente (GRIMES, DICKEY e PISHKO, 2006); e atuadores, dispositivos que permitem a intervenção mecânica no ambiente (SCLATER, 2011).

Dessa forma, tornou-se possível o desenvolvimento de aplicações sobre plataformas distintas, que comunicam-se entre si formando uma rede de dispositivos microcontrolados disponíveis em qualquer lugar por meio da Internet. Este trabalho visa à adaptação de um equipamento de uso comum, no caso, uma banheira, tornando-a gerenciável remotamente.

No Quadro 1, é apresentado um contraste entre outros trabalhos que abordam a automação residencial e de ambientes. Dentre os trabalhos relacionados, apenas a solução da empresa iHouse (2014) trata especificamente da automação de banheiras, enquanto as demais, de natureza mais genérica, serviram como base para a elaboração deste projeto.

Característica	Araujo (2007)	Abreu e Valim (2011)	Santos, Melo e Teive (2014)	iHouse (2014)
Custo de implantação	Baixo	Baixo	Baixo	Alto
Plataforma de automação	CLP	PIC	Arduino	Não Especificado
Protocolo de Comunicação	-	Bluetooth/X-10	TCP	-
Interface	-	Móvel	Web	Toque/Móvel
Distribuição	Individual	Centralizado	Centralizado	Individual

Quadro 1. Trabalhos relacionados

2. Sistema Proposto

Este projeto propõe a utilização de um dispositivo de baixo custo, baseado em microcontroladores, para a gerência e operação de banheiras. Busca-se também disponibilizar uma interface de controle de modo que a estrutura possa ser monitorada e controlada de maneira remota utilizando a Internet.

O sistema consiste em uma plataforma Arduino executando uma aplicação *RESTFull*, o que permite acionar qualquer funcionalidade por meio de requisições HTTP. Essa aplicação realiza a leitura dos sensores conforme a necessidade da função acionada para então efetuar o processamento e, caso necessário, acionar os atuadores e monitorar seu funcionamento. Desse modo, o acionamento dos atuadores é feito através de um conjunto de relés que delega ao Arduino a liberação e corte da corrente de alimentação dos atuadores. A Figura 1 demonstra os periféricos que foram usados no projeto e também o processo de comunicação do módulo.

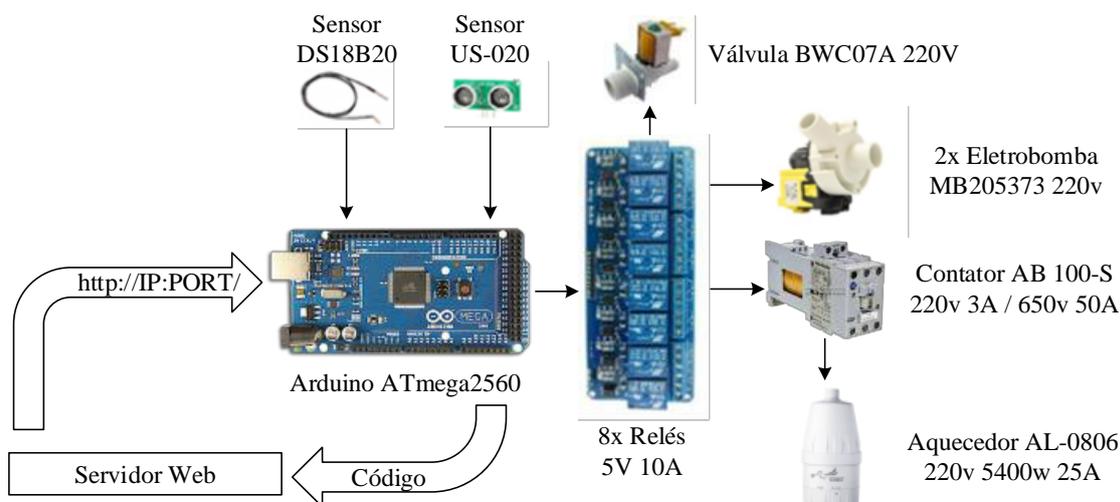


Figura 1. Estrutura do sistema de automação proposto

A estrutura REST funciona na forma de hierarquia de diretórios e, para descobrir os métodos que o módulo pode executar, basta acessar a URL raiz. O Quadro 2 apresenta um código de exemplo gerado pelo acesso a URL raiz.

```
{
  "services": [
    "/",
    "/banheira/ligar",
    "/banheira/desligar",
    "/infoConfig"
  ],
  "temperatura": 25.19,
  "nivel": 0.4,
  "status": "ENCHENDO"
}
```

Quadro 2. Código de retorno da URL raiz

3. Desenvolvimento

Na operação de uma banheira, o processo de enchimento permite a entrada de água até o nível desejado pelo usuário. Esse processo ocorre geralmente por meio de um bico de água, normalmente já aquecida. A fim de automatizar esse processo, foi utilizada uma válvula eletrônica BWC07A, comumente aplicada em máquinas de lavar roupas. Vale acentuar que o referido dispositivo possui como estado padrão fechado e, ao ser energizado, assume o estado aberto.

Em uma banheira o enchimento deve ser monitorado, a fim de identificar as condições de início e fim do processo. Assim, é preciso identificar o nível atual da banheira e monitorá-lo até que atinja o valor determinado pelo operador. Para isso, é utilizado um sensor ultrassônico estrategicamente posicionado para identificar a variação do nível.

Uma vez exposta ao ambiente, tem-se a diminuição da temperatura da água. Para manter a temperatura no valor desejado, a água deve circular por um aquecedor elétrico que é acionado ao identificar um fluxo potencialmente forte do líquido. Para

automatizar essa etapa é então usado o aquecedor elétrico AL-0806 e a bomba d'água MB205373 que tem a função de aumentar o fluxo da água, acionando o aquecedor. Sobre os atuadores, pode-se ressaltar que possuem condições mínimas para funcionamento, já que não devem operar sem água. Neste contexto, para garantir o bom funcionamento dos atuadores ao identificar que o nível chegou a um valor seguro, o sistema libera a energia para os atuadores que passarão a executar suas funções.

Uma vez que o enchimento esteja concluído e a válvula eletrônica encontre-se desligada, o sistema deve manter a água na temperatura adequada. Nessas circunstâncias, o sistema deve desligar apenas a válvula eletrônica e manter o aquecedor e a bomba d'água ligados até que o operador faça uma interrupção. Ao identificar uma interrupção o sistema inicia o processo de limpeza da banheira, eliminando a água até que o nível seja zerado.

No gerenciamento dessa estrutura foi utilizado um Arduino Mega 2560 equipado com uma Shield Ethernet W5100, um sensor de temperatura DS18B20, um sensor ultrassônico US-020 e um conjunto de relés. O sistema interno foi preparado usando uma versão modificada da biblioteca `webrest.h` desenvolvido por Main (2014), que permite ao Arduino operar como um servidor Web. Dessa forma, ao acessar o endereço IP do Arduino usando um navegador, é retornado um código em formato JSON pelo qual um programador Web pode desenvolver uma interface interativa. Foi utilizada uma biblioteca do protocolo 1-Wire para a comunicação com o sensor DS18B20 e também a biblioteca HCSR04Ultrasonic, que fornece ferramentas para manipular o sensor ultrassônico utilizado no projeto.

3.1. Software

Para facilitar a integração, o software desenvolvido no Arduino comunica-se através de URLs. Para saber quais as funções são suportadas, é necessário acessar o IP e a porta configurados previamente na plataforma. Nesse projeto, o servidor trata cinco diferentes requisições:

- `/`: Fornece informações sobre o status da banheira e quais os serviços suportados;
- `/banheira/ligar`: Altera o estado da banheira para ENCHENDO, ligando assim os atuadores;
- `/banheira/desligar`: Altera o estado da banheira para ESVAZIANDO e, neste estado, a banheira se esvazia e passa para o estado DESLIGADA;
- `/banheira/altera`: Possibilita a alteração dos seguintes parâmetros da banheira: `DIST_MAX`, `PC_MIN_AQC`, `PC_MAX_NVL`, `TEMP_MAX`;
- `/infoConfig`: Fornece informações de configurações da banheira.

A Figura 2 ilustra a máquina de estados modelada para o controle do sistema proposto.

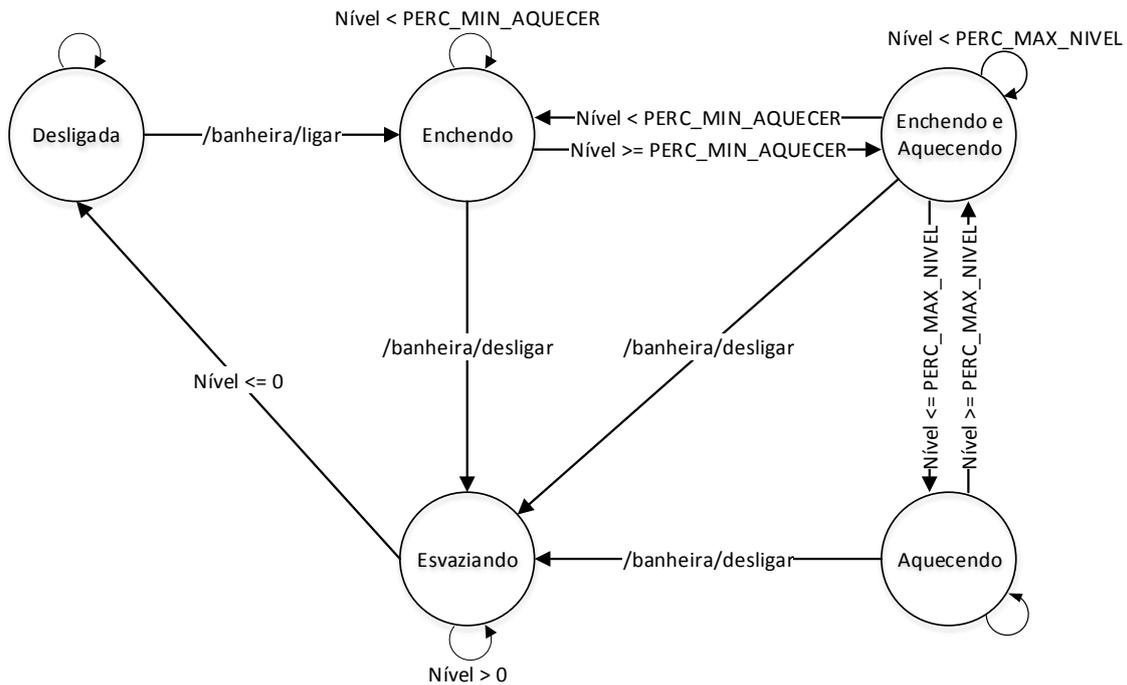


Figura 2. Máquina de estados do sistema

Uma vez ligada, a máquina de estados será colocada no estado Desligada; ao receber uma requisição na URL /banheira/ligar, o estado da máquina é mudado para Enchendo e ali permanece até que o nível da banheira esteja acima do nível de segurança. Nesse estado, o sistema habilita a entrada da água até que o nível de segurança seja ultrapassado, uma vez acima do nível de segurança, o estado da máquina passa para Enchendo e Aquecendo, no qual habilita a bomba d’água e o aquecedor com a finalidade de manter a água aquecida, permanecendo até que o nível chegue ao máximo determinado pelo operador. Ao identificar essa condição, o estado é alterado para Aquecendo onde a entrada da água é desabilitada, mas os periféricos responsáveis pelo aquecimento permanecem ligados, mantendo a água nas condições desejadas. Esse estado, assim como os outros, pode ser interrompido quando o operador acessa a URL /banheira/desligar. Ao acessar essa URL, o operador altera o estado da máquina para Esvaziando onde é iniciado o processo de limpeza da banheira, eliminando a água até que o nível esteja zerado.

A Figura 3 apresenta o código JSON retornado ao acessar a URL padrão do Arduino. Para demonstrar a facilidade de interação com o dispositivo, foi elaborada uma tela simples apresentada na Figura 4.



Figura 3. Captura de tela do retorno do Arduino

Para desenvolver a tela apresentada na Figura 4 foi usada a biblioteca Java Script *cross-browser* JQuery, desenvolvida para simplificar os scripts *client side* que interagem com o HTML. Essa biblioteca fornece a função `$.getJSON()` que recebe uma URL e uma função como parâmetros. Em seguida, baixa o código da URL passada por parâmetro e transforma em um objeto Java Script.

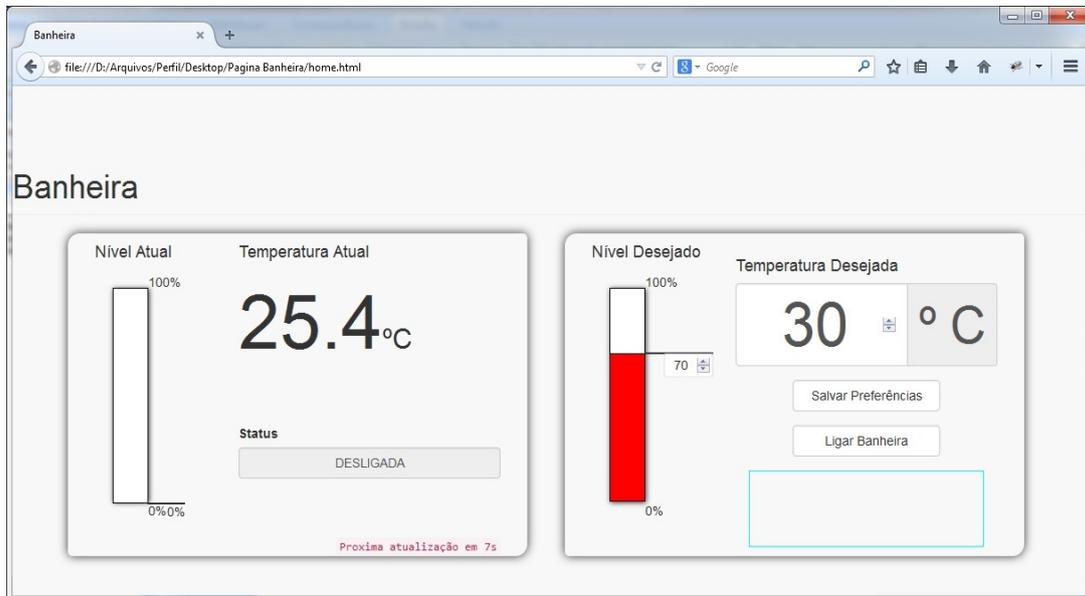


Figura 4. Página modelo de controle do sistema

3.2. Hardware

Foi utilizado o Arduino Mega 2560 para o controle do sistema, este executando um código que o permite resolver requisições HTTP. A cada URL de serviço acessada, é executada uma função específica. Na Figura 5 é apresentado o Arduino e os módulos de Ethernet e relés utilizados no projeto.



Figura 5. Arduino e módulos usados na automação

Para identificar as alterações de nível e de temperatura da banheira, foi utilizado o sensor de temperatura DS18B20 e o sensor ultrassônico US-020, identificados na Figura 6.



Figura 6. Sensores de temperatura (esquerda) e ultrassom (direita)

O acionamento dos atuadores é feito por meio de um conjunto de relés. Ao receber um sinal de baixo nível, a placa aciona o relé correspondente liberando alimentação ao atuador. Todos os atuadores são alimentados com 220V, sendo que o aquecedor necessita de uma corrente de 25A. Levando em consideração que os relés do módulo estão limitados a 10A, é recomendado que qualquer atuador com potência acima de 2000W em uma corrente de 220V seja intermediado por um contator ou circuito de triacs apropriado. Na Figura 7B é possível observar o aquecedor usado no projeto. Vale salientar que o contator é acionado pela placa de relés com uma tensão de 220V, enquanto que os outros atuadores, também identificados na foto, não necessitaram de um intermediador.



Figura 7. Bombas d'água (A, C), Aquecedor (B) e Registro Eletrônico (D)

4. Experimento

Para realizar o experimento, a página de controle foi hospedada em um computador Dell Vostro 3500. Então, o sistema foi normalmente conectado à rede de água e energia elétrica local.

A tela proposta e elaborada no projeto visa apenas demonstrar uma possível forma de interação com o usuário. Essa foi desenvolvida e testada apenas em computadores desktop e, devido a essas circunstâncias, pode se comportar de forma inesperada em outros dispositivos. Foram efetuados testes com os navegadores Google Chrome, Mozilla Firefox e Internet Explorer.

Foram efetuados testes no sensor de temperatura, expondo-o a temperaturas abaixo do limite exposto pelo fabricante. Em seguida, foram executados testes no sensor ultrassônico verificando a precisão das medidas extremas. Com relação aos atuadores, foram efetuados testes nas bombas d'água nos quais foi verificada a vazão fornecida. Dessa forma, todos os dispositivos foram testados para identificar se suportam períodos longos de funcionamento.

Foi utilizada uma banheira infantil para a integração dos componentes e a prototipação da solução proposta. Tal escolha deu-se mediante a facilidade de manuseio e maior portabilidade se comparada a banheiras residenciais. A Figura 8 apresenta o protótipo e os dispositivos utilizados no experimento.



Figura 8. Protótipo do experimento

5. Resultados

Simulando uma rotina de uso normal do aparelho, o sistema se comportou de forma satisfatória, possibilitando o controle e também fornecendo flexibilidade ao permitir uma forma de comunicação simultânea entre os dispositivos. Desse modo, os atuadores foram devidamente alimentados com tensão de 220V, proveniente da rede elétrica comum. Dentre os testes efetuados, os que cabem ressaltar foram:

- **Teste de envio de requisições por diferentes navegadores**
Descrição: Envio múltiplo de comandos ao Arduino.
Resultados: O sistema processou todos os comandos enviados, indiferente da origem.
Problemas observados: O sistema demonstrou lentidão para processar acessos simultâneos ou diversas requisições consecutivas. Tendo a rotina principal voltada para o monitoramento do estado do aparelho, o sistema de gerenciamento apresentou lentidão apenas na resolução das requisições HTTP, mantendo assim o serviço de monitoramento dos sensores e atuadores intacto.
- **Teste de acesso à tela de gerência**
Descrição: Verificado o acesso à tela de gerência pelo navegador Mozilla Firefox.
Resultados: O sistema executou as consultas e enviou as modificações conforme o esperado.
Problemas observados: Foi observado que, como se trata de uma comunicação *cross-browser*, foi necessário habilitar a funcionalidade do navegador para possibilitar o recebimento dos dados. Como a leitura não é constante e ocorre em tempo restrito pelo desenvolvedor da tela, podem ocorrer leituras discrepantes em alguns casos.
- **Teste dos sensores**
Descrição: Teste da leitura do sensor ultrassônico e comparação com o resultado observável. Teste da leitura do sensor de temperatura e comparação com dispositivo de leitura externo.
Resultados: Ambos os sensores executaram suas funções de forma satisfatórias.
Problemas observados: Os sensores mostram-se suscetíveis a ruídos. O sensor ultrassônico pode retornar valores discrepantes devido às ondulações da água. O sensor de temperatura apresenta instabilidade na sua primeira leitura, no entanto as demais mostraram-se satisfatórias.

6. Conclusões

O sistema desenvolvido engloba várias tecnologias disponíveis, buscando criar um sistema de baixo custo que possibilite a gerência remota de uma banheira. Usando técnicas de rede de computadores, este sistema permite ao usuário operar todas as funções da banheira mesmo à distância.

Foi utilizada a plataforma Arduino e periféricos como sensor de ultrassom, temperatura e também atuadores como bombas d'água e aquecedores. A escolha por essa plataforma é justificada pelo uso da mesma em outras atividades do grupo de pesquisa em que este trabalho está inserido. Foi elaborada uma página de controle para fornecer

uma forma visual de gerenciamento das funcionalidades da solução e, apesar disso, o sistema possui estrutura simples para que outros desenvolvedores criem aplicativos que interajam com a plataforma.

Finalmente, cabe assinalar que o sistema foi testado e apresentou funcionamento satisfatório em nível de protótipo. Como sugestão para trabalhos futuros, fica o tratamento dos acessos concorrentes ao módulo de controle e a substituição dos contadores a fim de diminuir o ruído causado pela atividade de chaveamento. Para a gerência desse e de futuros módulos de automação de ambientes, sugere-se também o desenvolvimento de uma central de requisições que resolva as URLs dos módulos e também trate problemas de acesso múltiplo e segurança.

Referências

ABREU, E. R.; VALIM, P. R. O. Domótica: Controle de Automação Residencial Utilizando Celulares com Bluetooth. SEGeT, Resende, 21 outubro 2011.

ARAUJO, A. L. Desenvolvimento de sensor de nível capacitivo para controle de processos através do CLP Micrologix 1500. UFES. VITÓRIA, p. 50. 2007.

GRIMES, C. A.; DICKEY, E. C.; PISHKO, M. V. Encyclopedia of Sensors. Hari Singh Nalwa: American Scientific Publishers, v. 10, 2006.

IHOUSE. Smarthydro. iHouse, 2014. Disponível em: <<http://www.ihouse.com.br/caracteristicas-da-smarthydro.php>>. Acesso em: 12 abril 2014.

MAIN, M. Neko Application Server Library Arduino. GitHub, 2014. Disponível em: <<https://github.com/deusprogrammer/Neko-Application-Server-Library-Arduino>>. Acesso em: 12 abril 2014.

SANTOS, D. M. S.; MELO, D. R.; TEIVE, R. C. Automação Residencial Sem Fio de Baixo Custo. Computer on the Beach, Florianópolis, 23 Março 2014, 194-203.

SCLATER, N. Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook. 5th. ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

TANENBAUM, A. S. Computer Networks. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. Scientific American, p. 94-104, Julho 1991.