

Compact Automated Irrigation System Using ESP32

Pedro Henrique de Souza Marques
Departamento de Engenharia Elétrica
Instituto Federal do Paraná
Paranavaí, PR, Brasil
marquesph99@gmail.com

Juliana Pitta
Departamento de Engenharia Elétrica
Instituto Federal do Paraná
Paranavaí, PR, Brasil
julianalupitta.jp@gmail.com

Brenner Bressan de Lima
Departamento de Engenharia Elétrica
Instituto Federal do Paraná
Paranavaí, PR, Brasil
brennerbres@hotmail.com

Edno Gentilho Junior
Departamento de Engenharia Elétrica
Instituto Federal do Paraná
Paranavaí, PR, Brasil
edno.junior@ifpr.edu.br

Resumo—Population growth and increased life expectancy have forced agriculture to become more technological in order to meet the growing demand for food. In this sense, the use of technologies related to the Internet of Things (IoT) has shown great promise, since it allows the implementation of improvements in agricultural technologies in order to improve productivity. From this, the present work presents a compact and low-cost irrigation system, controlled and monitored through the Internet, capable of performing automated irrigation in different types of crops.

Index Terms—Irrigation system, Automation, ESP32, IoT, IFPR.

I. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e o aumento da expectativa de vida, há consequentemente uma intensificação no consumo de alimentos, em razão disso, a agricultura tem se tornado cada vez mais tecnificada, isto é, utiliza tecnologias desenvolvidas para propiciar melhorias na produtividade, de forma que seja possível aumentar a produção, melhorar a qualidade e reduzir custos [1], [2].

Para que haja uma boa produtividade, é imprescindível a utilização de sistemas de irrigação, todavia, embora esses sistemas proporcionem diversas vantagens, são responsáveis por aproximadamente 70% do consumo mundial de água doce. Dessa forma, é de suma importância a implementação de métodos ou tecnologias capazes de reduzir o desperdício desse recurso finito [1], [3].

Com relação ao modo de irrigação, uma das técnicas mais eficientes no que tange à economia de água é o gotejamento, que caracteriza-se como o fornecimento de água diretamente na zona radicular das plantas por meio de dispositivos gotejadores. Dessa forma, a água é ministrada de forma lenta e o sistema proporciona uniformidade de irrigação, além de uma diminuição de perdas por evaporação em comparação a outros métodos [4].

Para que seja possível determinar quando e como irrigar, é necessário que sejam adquiridas informações do ambiente, tais como umidade relativa do ar, umidade e temperatura do solo, etc. Além disso, o volume de água e a frequência de irrigação dependem de outros fatores, pois no Brasil, devido ao seu

grande território, existem diversas situações agroclimáticas que podem influenciar no desenvolvimento de cada tipo de cultivo [5], [6].

Uma forma de realizar o monitoramento das variáveis de cultivo supracitadas, para uma irrigação mais eficiente, é utilizar um sistema de irrigação automatizado composto por sensores e um microcontrolador, que possibilita a integração de diversos dispositivos via internet. Nesse sentido, aplica-se os conceitos de Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) para implementação de um sistema que pode ser controlado e monitorado remotamente por dispositivos móveis [3], [5], [7].

A IoT consiste em uma interconexão de equipamentos via internet com intuito de melhorar diversos setores da sociedade em termos de segurança, mobilidade, acesso, etc. Um dispositivo que está sendo amplamente utilizado nesse tipo de sistema é o microcontrolador Espressif ESP32, pois dispõe de diversas ferramentas de hardware, pequenas dimensões, baixo custo, conexão *bluetooth*, *WiFi*, além de inúmeros módulos de prototipação e ferramentas de comunicação compatíveis a ele [8].

Em suma, a partir do exposto, o objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado via Internet de baixo custo utilizando sensores de temperatura, umidade do ar e do solo e um microcontrolador ESP32 para integração à internet. Todo o controle do sistema poderá ser feito via internet por meio de dispositivos móveis que utilizem sistemas operacionais Android ou IOS.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas pode ser caracterizada como um conjunto de dispositivos conectados via internet, possibilitando a aquisição, monitoramento e processamento de dados relacionados ao ambiente em que se encontram. O desenvolvimento dessas características foi impulsionado pelas redes de sensores sem fio (RSSF), uma vez que consistem em aglomerados de nós microprocessados com objetivo de monitorar processos, ambientes, etc [8], [9].

Essas redes propiciaram a concepção padrões e protocolos de comunicação, viabilizando o desenvolvimento de tecnologias embarcadas. Com relação ao seu endereço, cada dispositivo conectado à internet possui identificador diferente chamado endereço IP (*Internet Protocol*), possibilitando a comunicação entre equipamentos [8].

Além disso, a crescente utilização de dispositivos móveis, como por exemplo, notebooks, smartphones e até mesmo *wearable technologies*, tais como *smartwatches*, *smartglasses* e *smartbands*, impulsionaram o conceito de Internet das Coisas, pois a mobilidade criada por esses equipamentos ampliou a necessidade de interconexão para melhoria de funcionalidades e facilitação de execução de tarefas [10].

B. Microcontrolador ESP32

O microcontrolador ESP32 é dual core e dispõe de 34 portas de entrada e saída, também chamadas de GPIO (*General Purpose Input/Output*), contendo saídas PWM (*Pulse Width Modulation*), conversores analógico-digital de 12 bits, conversores digital-analógico de 8 bits, etc. Apresenta um baixo custo de aquisição e conta com tecnologia de conexão WiFi e Bluetooth [11].

O WiFi integrado presente nesse microcontrolador possui uma frequência de operação de 2.4 GHz e tem como base o padrão IEEE 802.11 b/g/n. Possui suporte para diferentes comunicações seriais, como por exemplo, SPI, UART, I2C e I2S. Ademais, dispõe de sensor de efeito Hall, interface para cartão SD, IR, etc [11].

Com relação ao seu funcionamento, este microcontrolador caracteriza-se por possuir um baixo consumo de energia, operando em tensão de 3,3V com um consumo de corrente que pode variar entre $5\mu A$ e $80mA$ a depender das condições de operação. Em razão dessas características supracitadas, esse microcontrolador é frequentemente utilizado em aplicações que envolvem IoT [12].

C. Desenvolvimento do firmware

Um *firmware*, também conhecido como *software* embarcado, pode ser caracterizado como um programa, isto é, um conjunto de instruções lógicas, desenvolvido para controle de baixo nível de um *hardware* específico. O conjunto de *firmware* e *hardware* forma o sistema embarcado, isto é, sistema microprocessado desenvolvido para controlar um dispositivo específico [13], [14].

No sistema do presente trabalho, o *firmware* realiza tarefas que podem ser classificadas em dois grandes grupos: tarefas locais e requisições HTTP (do inglês *Hypertext Transfer Protocol*). O primeiro consiste nas operações de controle do *hardware* da Placa de Circuito Impresso (PCI), aquisição de dados dos sensores, processamento de dados, controle de tempo e vazão de irrigação, fornecimento de informações visuais ao usuário por meio de LEDs, etc.

Com relação às requisições HTTP, de forma simplificada, o microcontrolador deve ser capaz de receber uma requisição do cliente, tratá-la e respondê-la com uma mensagem de sucesso ou erro, seguida de uma mensagem contendo as informações

do sistema requeridas pelo usuário, como por exemplo, dados de umidade e temperatura do solo.

A Figura 1 retrata o funcionamento do sistema em forma de um fluxograma, no qual é possível observar que toda infraestrutura de rede, inclusive os servidores web, é gerida pela empresa Blynk, que disponibiliza bibliotecas para diversos microcontroladores, além de promover uma integração facilitada com dispositivos móveis e páginas da internet. Ademais, essa empresa fornece um aplicativo no qual é possível realizar requisições simples através de *smartphones* ou similares, sendo muito útil principalmente para realização de testes.

De forma resumida, o aplicativo funciona como cliente, pois envia requisições para os servidores Blynk por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API, do inglês *Application Programming Interface*). Esses servidores por sua vez, encaminham as requisições recebidas para o microcontrolador. A vantagem deste tipo de arquitetura é principalmente utilizar a infraestrutura de segurança, uma vez que todo envio ou recebimento de dados é protegido por criptografia de 256 *bits* e chave de 2048 *bits* de forma nativa.

D. Desenvolvimento da PCI

A ferramenta utilizada para a elaboração do circuito esquemático de layout da PCI foi o software OrCAD, que possui suporte para roteamento de placas, visualizador de layout 3D, simulações de circuitos, análise térmica e de integridade de sinais, etc. Ademais, os arquivos editáveis produzidos por esse software possuem compatibilidade com diversas outras ferramentas disponíveis.

Com relação à elaboração do circuito esquemático, em decorrência da utilização de dispositivos que operam em altas frequências, tais como reguladores de tensão chaveados, é necessário que sejam utilizados alguns circuitos, como filtros passa-baixa e capacitores de desacoplamento, a fim de minimizar as componentes de alta frequência indesejadas, uma vez que estas podem ocasionar mal-funcionamento em outros circuitos da PCI devido à interferência eletromagnética [15].

Quanto ao layout, alguns pontos também devem ser observados atentamente, pois os componentes devem ser posicionados de modo a evitar possíveis interferências eletromagnéticas. Algumas técnicas utilizadas são: posicionar componentes de alta frequência mais afastados dos demais, não projetar trilhas excessivamente longas para que não transmitam ou recebam ruído, evitar curvas com ângulos fechados (menores que 45°) nas trilhas, etc. A Figura 2 exibe uma representação em 3D da PCI elaborada para o presente trabalho [16].

E. Materiais utilizados

Os principais componentes utilizados no desenvolvimento da placa eletrônica são:

- Resistores SMD (0,125W);
- Capacitores cerâmicos 100nF;
- Capacitores de tântalo 10uF/10V;
- Mosfet 2n7000;
- Led Bicolor;

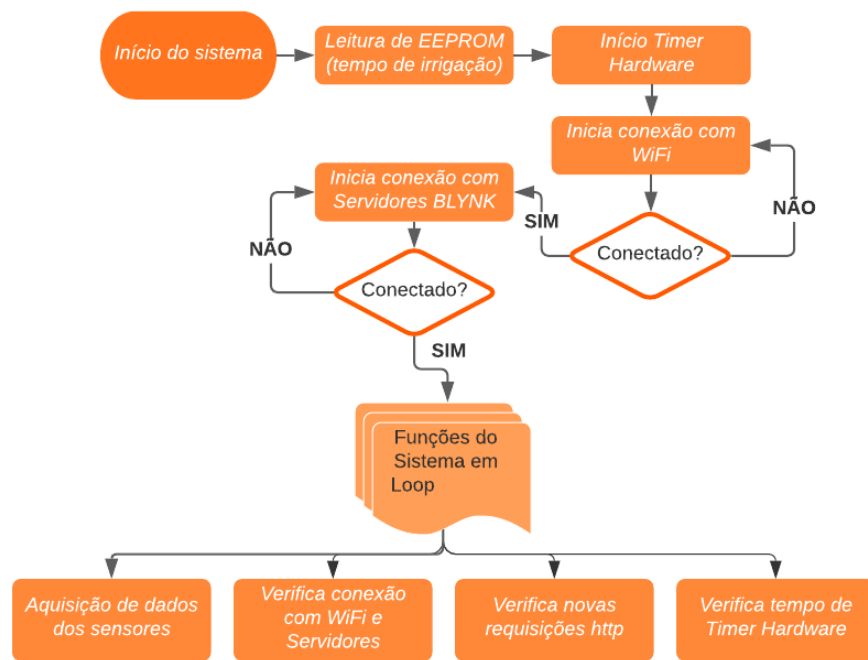


Figura 1. Fluxograma de funcionamento do sistema.

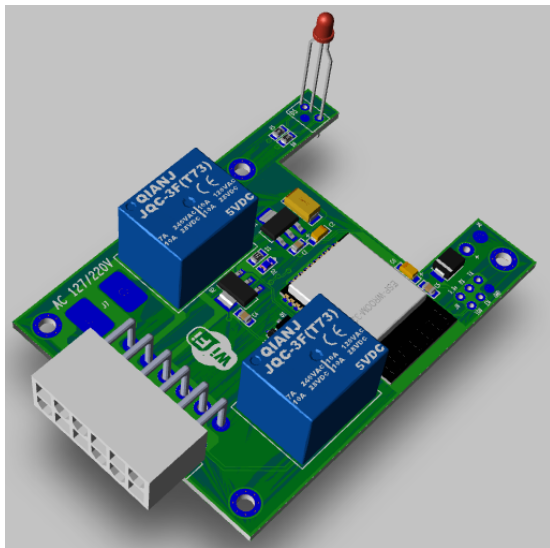


Figura 2. PCI em visão 3D

- Regulador de tensão AMS1117 3.3V;
- Amplificador operacional LM358;
- Relés 5V 10A;
- ESP32-WROOM-32D;
- Conector MiniFit 12 vias;
- Válvula solenoide 12V;
- Caixa Patola 150x110x70mm com tampa de acrílico;
- Mangueira de jardim 1/2";
- Microtubos 1/4";
- Gotejador Ajustável 0-40 L/h;

F. Construção do protótipo

A PCI foi confeccionada em fibra de vidro por uma empresa especializada no ramo, todavia, a soldagem dos componentes foi feita de forma manual. Posteriormente, realizou-se um processo de testes de continuidade e funcionamento dos componentes utilizando multímetro e osciloscópio. A fim de proteger os circuitos eletrônicos utilizou-se uma caixa feita de PVC antichamas com tampa de acrílico para abrigar a fonte chaveada e a placa de circuito impresso, ambas fixadas por meio de parafusos.

Para controle de vazão de água foi utilizada uma válvula solenoide 12V. Ademais, para conduzir a água desde as tubulações até os tubos gotejadores foi empregue uma mangueira de jardim e uma redução de 1/2" para 1/4", com intuito de conectar microtubos à mangueira e alimentar os dispositivos gotejadores.

Quanto aos sensores, para temperatura e umidade do solo utilizou-se o RK520, que possui proteção IP67 e deverá ser posicionado com suas hastes cravadas ao solo que será monitorado. Para temperatura e umidade do ar o sensor escolhido foi o DHT22, que possui uma construção mais simples e menor custo. Quanto à posição, esse último deverá localizar-se do lado externo da caixa, porém ao abrigo de chuvas e outras situações intempéries.

III. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O sistema é configurado e monitorado por meio de requisições HTTP, podendo operar em três modos distintos, que são: controle manual, temporizador e monitoramento de umidade do solo. O controle do sistema será realizado por meio de um aplicativo disponível para Android e IOS, que

encontra-se em fase de desenvolvimento e ainda não foi validado.

Com relação aos modos, o controle manual consiste em uma requisição simples, tal como apertar um botão no aplicativo para ligar ou desligar a válvula de vazão. O modo temporizador, como o próprio nome sugere, caracteriza-se como o acionamento intermitente do sistema a partir de um intervalo de tempo pré-estabelecido pelo usuário.

Por fim, o modo de monitoramento de umidade do solo caracteriza-se por realizar a irrigação de forma automatizada sempre que a umidade atingir valores menores que o mínimo estabelecido. Em outras palavras, o usuário realiza uma requisição de acionamento e informa o intervalo ideal de umidade do solo. O sistema realiza 20 aquisições do valor da umidade por minuto, dessa forma, quando a umidade atingir valores menores do que o limite inferior do intervalo estipulado a válvula é acionada. De forma análoga, a vazão será cessada quando a umidade exceder o limite superior.

Ademais, o protótipo dispõe de um led para indicação do status de conexão do sistema. Caso o microcontrolador esteja conectado à internet, o led piscará uma vez a cada três segundos, do contrário, o led irá piscar três vezes a cada três segundos. Esse indicativo luminoso possui ainda outra funcionalidade, pois indica o recebimento de uma requisição piscando cinco vezes seguidas com intervalo de um segundo.

É válido ressaltar que o sensor de umidade e temperatura ambiente citado anteriormente, embora esteja fisicamente instalado, não possui no momento aplicação prática, tendo em vista que estará integrado a outro modo adicional de funcionamento, cujo *firmware* encontra-se em desenvolvimento, não possuindo validação prática.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho consiste em um projeto desenvolvido para a disciplina de Projeto Integrador do curso de Engenharia Elétrica do IFPR - Câmpus Paranavaí. Diversas etapas foram concluídas, todavia existem melhorias a serem realizadas, visando incrementar o controle via internet e ampliar a modularidade do sistema.

Quanto à construção do protótipo, a placa de circuito encontra-se finalizada e a montagem das partes mecânicas está concluída, como é possível observar na Figura 3. O sistema opera em três modos de funcionamento e realiza corretamente o tratamento das requisições feitas pelo usuário.

As próximas etapas no desenvolvimento desse sistema consistem na elaboração de um aplicativo para Android e IOS, além de operar com diversos módulos de irrigação. Ademais, pretende-se adicionar sensores para monitorar outras variáveis como vazão, irradiação solar, entre outras, a fim de elaborar um sistema de controle automatizado capaz de calcular a quantidade de água necessária para irrigação.

V. CONCLUSÃO

Em síntese, a utilização de sistemas de irrigação têm se intensificado nos últimos anos, a fim de minimizar os malefícios causados aos cultivos devido ao estresse hídrico. Em razão

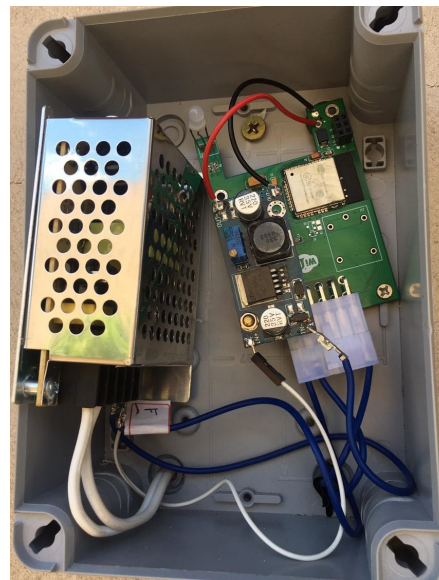


Figura 3. Primeira versão do protótipo

disso, há uma demanda crescente por recursos que tornem esses sistemas mais tecnológicos, ampliando a sua eficiência e melhorando suas funcionalidades.

Nesse sentido, a utilização de tecnologias relacionadas à Internet das Coisas pode ser interessante, pois possibilita o desenvolvimento de sistemas que podem ser controlados e monitorados via internet. No presente projeto, foi desenvolvido um sistema de baixo custo, controlado via internet, capaz de realizar uma irrigação automatizada de pequenas áreas de cultivo.

As atividades executadas até o presente momento, como circuitos esquemáticos, layouts 3D e placa de circuito impresso são capazes de exemplificar o funcionamento e a aplicabilidade desse sistema em pequenas áreas de cultivo de inúmeras espécies de plantas. Ademais, as atividades supracitadas podem ser compreendidas como conclusões parciais, uma vez que existem melhorias a serem implementadas no sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Paraná (IFPR) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] M. G. de Andrade, "Processo da irrigação localizada utilizando o controle estatístico de qualidade," Ph.D. dissertation, UNIOESTE, Cascavel, 2016.
- [2] A. M. Diniz, "Sistema automatizado de aquisição, em tempo real, de umidade e temperatura do solo na irrigação," Ph.D. dissertation, UNIOESTE, Cascavel, 2017.
- [3] U. N. V. P. Rajendranath and V. B. Hency, "Implementation of an automated irrigation system," *IEEE IIT'15*, 2015.
- [4] A. A. F. da Silva, "Irrigação com esgoto doméstico tratado em Área cultivada com laranja," Ph.D. dissertation, UNESP, Botucatu, 2018.
- [5] R. Prathipa, D. Kalaifarasi, P. P. Raj, K. Sasidharan, and S. S. Kumar, "Lora Based Smart Irrigation System for Remote Areas," *IRJET*, vol. 8, pp. 160–164, 2021.
- [6] A. B. Pereira, N. A. V. Nova, and A. T. Alfaro, "Necessidades Hídricas de Citros e Macieiras a Partir da Área Foliar e da Energia Solar," *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 31, pp. 671–679, 09 2009.

- [7] M. N. Rajkumar, S. Abinaya, and V. V. Kumar, "Intelligent Irrigation System - An IoT Based Approach," *IEEE ICIGEHT'17*, 2017.
- [8] S. de Oliveira, *Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI*, 1st ed. São Paulo: Novatec, 2017, vol. 1.
- [9] M. Monica, B. Yeshika, G. S. Abhishek, H. A. Sanjay, and S. Dasiga, "IoT Based Control and Automation of Smart Irrigation System," *IEEE RISE'17*, 2017.
- [10] A. Thierier, "The Internet of Things and Wearable Technology: Addressing Privacy and Security Concerns without Derailing Innovation," *Rich. J. L. Tech*, vol. 21, 2015.
- [11] *ESP32-WROOM-32 Datasheet*, Espressif Systems, Xangai, 5 2019.
- [12] C. Batrinu, *ESP8266 Home Automation Projects - Leverage the power of this tiny WiFi chip to build exciting smart home projects*, 1st ed. Birmingham: Packt, 2017, vol. 1.
- [13] K. Qian, D. den Haring, and L. Cao, *Embedded software development with C*, 1st ed. New York: Springer, 2009, vol. 1.
- [14] G. Stringham, *Hardware/Firmware Interface Design: Best practices for improving embedded systems development*, 1st ed. Newnes, 2009, vol. 1.
- [15] S. Shahparnia and O. M. Ramahi, "Electromagnetic interference (emi) reduction from printed circuit boards (pcb) using electromagnetic band-gap structures," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 46, no. 4, pp. 580–587, 2004.
- [16] R. L. Ozenbaugh and T. M. Pullen, *EMI filter design*. CRC press, 2017.