

Unidade Remota de Irrigação

1st Luana Merenciano da Silva
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
lumerenciano@yahoo.com.br

2nd Ivan Carlos da Silva Lopes
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
ivanlopes@id.uff.br

3rd Pedro Henrique Gomes dos Santos
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal Fluminense
Niterói, Brasil
ph_santos@id.uff.br

Resumo—O presente trabalho apresenta o projeto de uma unidade remota de irrigação destinada a pequenas propriedades. São apresentadas as lógicas de operação que constituem o software da unidade desenvolvida, bem como o hardware básico a ser utilizado, sem a especificação de modelos. É realizada uma simulação e um teste com protótipo para aferir o funcionamento dos subsistemas da unidade remota.

Index Terms—Sistema Embarcado, Irrigação Autônoma, ATmega328P, Sistema Autônomo, Acionamento Remoto

I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é desenvolver algumas tecnologias para a automação de uma horta/plantação, se baseando principalmente em diminuir os custos para o acesso dessa tecnologia a um público mais amplo. Sendo assim, esse trabalho irá focar principalmente no uso do microcontrolador ESP8266 para esse fim, devido ao seu baixo custo. Toda a comunicação de controle será feita via WiFi, que é o meio de comunicação do ESP8266. Toda a parte eletrônica foi projetada para poder ser colocada em uma Placa PCB, de forma a ficar pronta para instalação em seus devidos ambientes e que permita atualizações e a resolução de problemas de software via USB. Logo, neste trabalho foi desenvolvido uma tecnologia, um sistema para acionar até 12 bombas ou válvulas via WiFi, com o ESP8266 acionando o relé que ligaria a válvula solenoide respectiva à saída desejada, quando esse relé conectado a um interruptor de forma a fazer uma ligação *threeway*, que permite que tanto o relé quanto o interruptor acionem a válvula. Todo o controle e acionamento dos dispositivos deve ser feito via celular, ou outros dispositivos com comunicação WiFi, que estejam conectados à rede local.

II. PROJETO BÁSICO

O projeto básico da unidade de irrigação deve contemplar os requisitos estabelecidos pelo escopo do projeto, a saber, um sistema de irrigação que funcione de forma ininterrupta, com independência do usuário e relativo grau de autonomia, ou seja, capaz de tomar decisões. Como a irrigação será realizada com base em um horário determinado pelo usuário, o primeiro requisito a ser atendido é a contagem do tempo na URI, na escala humana de segundos, minutos e horas. Tal mecanismo de contagem é comumente chamado na literatura e em sistemas embarcados e de automação de *Real-Time Clock* (relógio de tempo real), ou *RTC* [1]. A unidade contará também com um

sistema de comunicação sem fio, para realização de comando e monitoramento por parte do usuário.

Outro requisito do sistema diz respeito à água utilizada para a irrigação, a ser armazenada em um reservatório próprio para a unidade. O nível do reservatório deve ser monitorado a fim de que a devida operação da irrigação não seja impedida por falta de água. Deseja-se ainda que o reservatório seja, se possível, realimentado de forma autônoma, ou que o usuário seja alertado quanto ao nível crítico das condições necessárias para irrigação. Devem ser monitoradas também as condições climáticas e do solo, para que a irrigação seja condizente com as necessidades locais, sem fornecer água em excesso ou falta. Dessa forma, a operação de irrigação será condicionada às condições locais de forma a atuar de forma mais eficiente e em concordância com as necessidades da vegetação.

Relativo aos equipamentos e dispositivos utilizados, o projeto básico contempla o uso de um microcontrolador ATmega328P, onde será executado a programação, uma placa ESP8266 para a realização da comunicação sem fio, sensores de nível e umidade do solo, um reservatório, para o acúmulo da água a ser utilizada e válvulas para realização do controle do fluxo de água. O sistema deve contar ainda com uma fonte alternada de 127V, para alimentação das válvulas, e uma fonte contínua de 5V, para alimentação dos circuitos eletrônicos. Na Fig. 1, pode-se perceber o esquema ilustrativo simplificado da unidade de irrigação e suas conexões em nível de equipamentos e componentes.

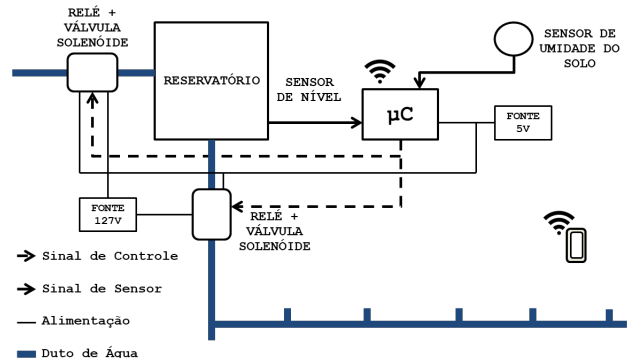


Figura 1. Esquema simplificado do projeto básico.

Na Fig. 2, é explicitado o fluxo de informações entre os subsistemas da unidade remota de irrigação. O referido *RTC*

marca a passagem de tempo, comunicando-o ao subsistema de acionamento do motor. No tempo determinado, este opera sujeito ainda às condições reportadas pelos sensores e pela comunicação sem fio com o usuário, que, por sua vez, também recebe o status das condições locais vindas dos sensores, caso solicitado pelo usuário. A comunicação sem fio é utilizada ainda para atualização do relógio, impedindo que este perca a sua precisão, e para a configuração inicial das variáveis do relógio.

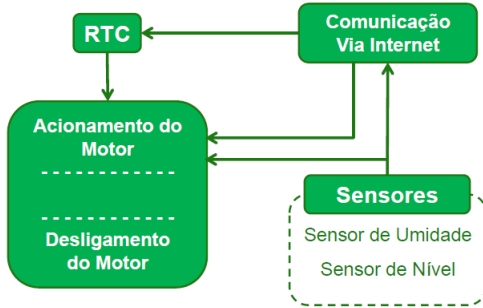


Figura 2. Fluxo de informações entre os subsistemas.

A. Real-Time Clock

Em sistemas embarcados e de automação, é comum o uso de *RTC's*, principalmente com o emprego de módulos externos, cujas características são possuir alimentação e cristal próprios. Dessa forma, a contagem de tempo torna independente do clock do microcontrolador utilizado no sistema, podendo ser realizada de forma muito mais precisa, uma vez que o módulo é dedicado para este fim e possui um clock mais adequado para o mesmo, com frequência milhares de vezes menor que o do microprocessador, geralmente. A alimentação própria, realizada por meio de uma bateria, assegura o funcionamento do *RTC* mesmo quando o sistema principal encontra-se totalmente desligado, o que garante confiabilidade e robustez ao sistema e permite que, depois de inicialmente configurada a hora, esta não necessite mais ser reconfigurada.

A fim de minimizar os custos e aproveitar ao máximo o potencial do microprocessador ATmega328P, optou-se por não incluir na unidade de irrigação um módulo *RTC* externo, mas sim desenvolver dentro do próprio microcontrolador um mecanismo de contagem de tempo em escala real. Este mecanismo é bem similar ao apresentado em [1] e consiste na utilização de um dos temporizadores fornecidos pelo microcontrolador e de interrupções para, de certa forma, simular o funcionamento das engrenagens de um relógio real.

A cada número *CM* de ciclos de máquina, aciona-se uma interrupção, que incrementa uma variável *tic*, como o tic-tac em um relógio. Por sua vez, a cada certo número *ntic* de *tic's* conta-se um segundo. A partir da contagem de segundos, definem-se os minutos e horas através de sub-rotinas que se comunicam, constituindo o motor do relógio. Para a definição dos valores de ciclo de máquina *CM* e número de *tic's*, foram realizadas as seguintes operações. Em (1), definiu-se o período

do contador com base no prescaler escolhido, de 256, e no clock do controlador, de 16MHz. *CM*, expressa pelo contador *OCR0A* do *Timer 0*, foi arbitrada como 250 e o número de *tic's* foi calculado com em (2).

$$T = \frac{256}{16e^6} = 1.6e^{-5} \quad (1)$$

$$CM = OCR0A = 250;$$

$$T = \frac{1seg}{T \times OCR0A} = 250 \quad (2)$$

Logo, a cada 250 ciclos de máquina, ativar-se-á a interrupção, que contará um *tic*. A cada 250 *tic's*, contar-se-á um segundo. Com a medição dos segundos, tem-se os valores de minutos e horas. Os valores são atualizados sempre que o sistema for inicializado e, após, a cada hora, para que a precisão seja assegurada. Dessa forma, ainda é mantida relativa independência em relação à comunicação sem fio, sendo o sistema capaz de operar mesmo sem a atualização constante.

B. Acionamento do Válvula

A válvula escolhida para realizar o controle do fluxo de água foi uma válvula do tipo solenoide, acionada quando excitada por tensão alternada de 127V. Por isso, para o acionamento pelo microcontrolador, optou-se pela utilização de um relé de 5V para comunicação dos equipamentos. Porém, ao se utilizar tais relés, existe o risco da ocorrência de picos de tensão vindos da bobina do relé, ou de não se alcançar a corrente mínima de operação do relé. Portanto, faz-se conveniente a utilização de um transistor ou optoacoplador para isolar os equipamentos e garantir a corrente necessária. Na unidade de irrigação, decidiu-se por utilizar um optoacoplador de modelo 4N25.

Para o acionamento do relé, deve ser atribuída a uma das saídas um valor lógico 1 e, para o desligamento, um valor lógico 0. Dessa forma, pode ser utilizado mais um conjunto válvula e relé, ou válvula e bomba, tanto para o controle do fluxo de água quanto para realimentação do reservatório, atribuindo à unidade um caráter customizável.

C. Sensoriamento

Os sensores na unidade remota de irrigação possuem a função de monitorar as condições do ambiente para promover uma operação mais eficiente e adequada, e monitorar as condições do sistema para verificar a capacidade de operação. Como já mencionado, os sensores utilizados são dois: um sensor de umidade do solo e um sensor de nível para o reservatório.

Com base no estado do solo expresso pelo sensor de umidade, é selecionado um dentre três tempos de irrigação, correspondendo às necessidades do solo. Os tempos de irrigação são 15, 10 e 5 minutos, relativos à irrigação máxima, média e mínima, respectivamente. Em caso de mau funcionamento do sensor, é utilizado o tempo de irrigação médio. O projeto contempla ainda a possibilidade de leitura do valor de umidade a qualquer momento pelo usuário, de forma remota.

A cada irrigação, é verificado o nível do reservatório. Caso o sensor de nível exprima um sinal referente ao atingimento do nível crítico de água, envia-se uma mensagem para o usuário, alertando sobre a necessidade da reposição da água para irrigação, ou aciona-se uma válvula ou bomba, realimentado automaticamente o reservatório, com um tempo de operação e vazão ajustados à capacidade do reservatório.

D. Comunicação Sem Fio

A comunicação sem fio será realizada através de um módulo ESP8266. O ESP8266 é um microcontrolador produzido pela empresa Espressif Systems. Esse microcontrolador possui um sistema de comunicação WiFi próprio, que é o seu grande diferencial. Por esse motivo ele é largamente utilizado como módulo WiFi para outros microcontroladores, como o Arduino, por exemplo, apesar de possuir um processador próprio, e de ser possível utilizar somente o ESP8266 para criar sistemas embarcados. Uma vantagem do ESP8266 é o seu baixo custo, geralmente na faixa de 20 a 50 reais. O Esp8266 está no mercado desde 2014, o que faz com que ainda existam poucos artigos e trabalhos sobre ele. A principal publicação sobre o mesmo é [2], que demonstra quais são as formas de programar o ESP8266 e quais são as suas utilidades, bem como a eletrônica necessária para realizar os projetos demonstrados.

Existem diversos tipos de modelos do ESP8266, como o ESP-1, ESP-12, Esp Olimex por exemplo. Como o processador é o mesmo para todos os modelos do ESP8266, mudando apenas o número de pinos de entrada e saída (GPIO) disponíveis, memória disponível e o espaçamento entre os pinos, com isso, foi escolhido se utilizar o NODEMCU, por ele ter um número razoável de entradas e saídas para esse projeto e pela facilidade de obtê-lo.

Tabela I
TABELA GERAL DE ESPECIFICAÇÕES DO ESP8266.

| | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Voltagem | 3.3 |
| Consumo de Corrente | 10 μ A |
| Memória Flash | 16MB max (512k normal) |
| Processador | Tensilica L106 32 bit |
| Velocidade do processador | 80-160MHz |
| RAM | 32K + 80K |
| GPIOs | 17(multiplexada com outras funções) |
| Suporte 802.11 | b/g/n/d/e/i/k/r |

III. SIMULAÇÃO

Utilizando o software de simulação de circuitos eletrônicos *Proteus*, realizou-se a simulação do circuito principal de acionamento do motor, constituído pelo microcontrolador ATmega328P, pelo optoacoplador, pelo relé e por uma lâmpada alimentada por 127V, simbolizando o acionamento do motor. Foi configurada o horário inicial do relógio, um horário de acionamento e um horário de desligamento da lâmpada representando a válvula. Para a simulação, foi adicionada ao *Proteus* uma biblioteca contendo placas de Arduino, para que se pudesse utilizar o microcontrolador ATmega328P de

forma mais simplificada, como posteriormente foi feito na prática. Ao se iniciar a simulação, decorrido o tempo esperado entre o tempo inicial configurado e o tempo de acionamento, a lâmpada acendeu e, de igual forma, decorrido o tempo configurado para permanência da saída acionada, a lâmpada se apagou. Dessa forma, constatou-se a correta operação do sistema principal da unidade remota de irrigação. O digrama utilizado, explicitando o circuito, é mostrado na Fig. 3.

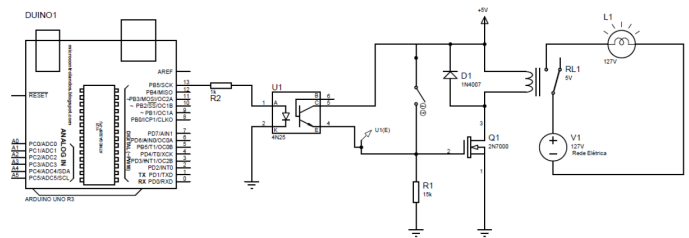


Figura 3. Diagrama utilizado no *Proteus* para a simulação.

Ademais, foi montado um protótipo para teste da comunicação entre a placa ESP8266 e o microcontrolador, também coordenando o acionamento e desligamento de um LED. A configuração da placa ESP8266 foi realizada e a conexão bem sucedida, tanto com a Internet, quanto com a placa Arduino utilizada no teste. A partir dessa conexão, podem ser alcançados os objetivos iniciais do projeto, no que diz respeito à comunicação com o usuário, tanto para recebimento de sinais de controle quanto para relatórios de status do sistema e dos sensores. Podem ser alcançados também os objetivos referentes a comunicação com o sistema principal, no que diz respeito à atualização dos valores do relógio, tanto no momento da inicialização quanto de hora em hora, para manutenção da sincronia. A Fig. 4 apresenta um esquema simplificado da conexão da placa ESP8266 com a placa Arduino Uno.

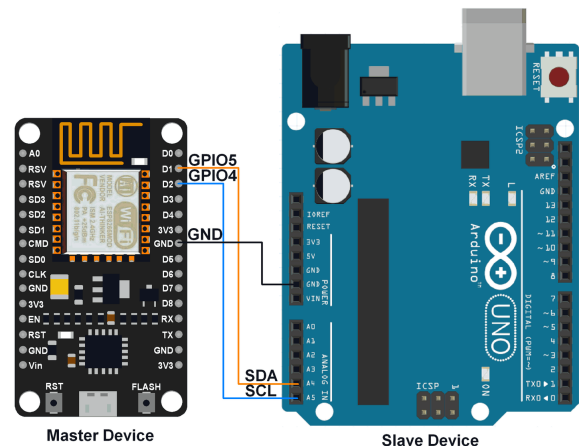


Figura 4. Conexão da ESP8266 com o Arduino Uno.

IV. CONCLUSÃO

Foi desenvolvida uma unidade de remota de irrigação, com o propósito de manter hortas e jardins independentemente

da presença do usuário, de forma confiável e autônoma. Foram desenvolvidos programas para o microcontrolador ATmega328P capazes de fazer a contagem de tempo em escala real de forma precisa, de realizar a comunicação à distância com o usuário através da Internet e de monitorar as condições de operação do sistema e do ambiente onde este se encontra instalando, de forma a condicionar a operação e, proporcionando assim, maior eficiência. Foi realizada uma simulação bem sucedida utilizando o programa *Proteus* para aferir o funcionamento do sistema principal de acionamento da válvula solenoide e construído um protótipo para teste da comunicação sem fio com a placa Arduino Uno, também bem sucedido. Os objetivos do projeto foram alcançados, embora ainda haja espaço para muito crescimento e aperfeiçoamento, podendo, com os devidos ajustes, se tornar um dispositivo viável para implementação em diversos ambientes e condições.

REFERÊNCIAS

- [1] E. Williams. Make: AVR Programming:[learning to Write Software for Hardware]. Maker Media, 2014.
- [2] N. Kolban. "Kolban's Book on ESP8266."Texas, USA (2015): 1-317.