

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**Sistema microcontrolado para monitoramento do consumo de água**

ANSELMO ALVES GATTERMAIER

São José dos Campos SP

2024

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Sistema microcontrolado para monitoramento do consumo de água**

ANSELMO ALVES GATTERMAIER

Relatório preliminar apresentado como parte das exigências da disciplina de Trabalho de Graduação I do Curso de Engenharia Elétrica à Banca Examinadora da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Camargo Aranha Schiavo

São José dos Campos

2024

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO

Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica  
da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo

TRABALHO DE GRADUAÇÃO  
Sistema microcontrolado para monitoramento do consumo de água

Aluno: Anselmo Alves Gattermaier

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Camargo Aranha Schiavo

Banca Examinadora:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Virgínia Klausner

Prof. Pesquisador Alan Prestes

Prof. Dr. Paulo Henrique Salles de Carvalho

Prof. Wagner dos Santos Clementino de Jesus

Nota do Trabalho:

São José dos Campos

2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a todos meus honrados(as) professores(as) que trilharam e se dedicaram nesse caminho acadêmico comigo, a meus colegas da Universidade que de alguma forma participaram desse processo de aprendizado, meus familiares que participaram da minha formação como estudante e do meu aperfeiçoamento como pessoa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor dos Exércitos toda honra, toda a glória e todo o louvor, que me deu o sopro de vida e me manteve com saúde física e mental para chegar até aqui.

Meu especial agradecimento à minha esposa Adriana Lira Santana Gattermaier que esteve ao meu lado durante todos esses anos me incentivando e me fortalecendo com seu amor para que esse momento fosse possível.

Meu agradecimento a meus filhos Daniel Lira Santana Gattermaier e Camila Lira Santana Gattermaier, Benedita Isabel (nora) que tiveram paciência e foram compreensivos com alguns sacrifícios que fizemos para alcançar essa graça, sempre amorosos ajudaram a cuidar de mim durante essa jornada.

Meus agradecimentos a meus pais Alexandre Frederico Gattermaier Filho e Josefa Alves Gattermaier que sempre cuidaram de mim e foram motivo de inspiração e incentivo durante toda minha vida.

Meus agradecimentos a meus irmãos e irmãs: Davi Alves Gattermaier (*in memoriam*) Eliane Alves Gattermaier, Eder Francisco Azevedo, Alexandre Frederico Gattermaier Neto, Soraia Mônica Gattermaier e Luciane Verônica Gattermaier que sempre de alguma forma me consolaram nos momentos de dúvida e aflição.

Minha sobrinha e afilhada Daniela Gattermaier Azevedo e seu marido Roberto Tonamaru que estiveram ao meu lado me apoiando e ajudando quando estive com pouco recursos.

Meus agradecimentos a meus queridos(as) amigos(as): Lázaro Souza, Márcio Soares de Oliveira, Vinícius Custódio de Matos, Carlos Roberto Italiano, Marcelo Junio, Luis Henrique Pinheiro, Lucas Valentim, Wanderléa Saraiva Rodrigues, Gilson da Costa Barbosa, Carlos Amorim Dutra, Pastor Emilson Fernandes Rodrigues (irmãos e irmãs da Igreja Batista Vida Nova – Campos de São José), que me ajudaram em atitudes, orações e palavras de motivação que corroboraram para que eu não desistisse.

*[1] “É uma condição universal do agradável que a mente deve acreditar na existência de uma lei, e ainda assim ter um mistério para se mover”*

**James Clerk Maxwell**

## RESUMO

Os vazamento e descuidos por falta de instalações melhor elaboradas podem levar a um desperdício muito grande de recursos hídricos que são preciosíssimos especialmente nos dias de hoje, com essa tecnologia embarcada nesse projeto através da aplicação de um microcontrolador, instrumentação aplicados na telemetria e comunicação através de *Internet* das coisas (IoT), esse trabalho possibilita reduzir os danos causados pelo desperdício de água trazendo prejuízo financeiro e danos na edificação como: sancas, forros de gesso, pinturas e acabamentos em geral. Não é a tônica desse projeto mas a proposta desse trabalho torna também possível controlar o consumo do volume mensal de água caso o usuário julgue pertinente; a aplicação correta dessas tecnologias torna possível mitigar ou até eliminar esses prejuízos sendo possível também uma comunicação e consulta do *status* do processo com envio de mensagem ao usuário por aplicativo em *Smartphones* quando algo se desviar do funcionamento normal desse sistema, contribuindo assim para a preservação dos recursos hídricos e para a conseguinte preservação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** otimização no uso da água, redução de desperdícios, preservação do meio ambiente.

## ABSTRACT

Leaks and carelessness due to the lack of better designed installations can lead to a huge waste of water resources, which are extremely precious, especially nowadays, with this technology incorporated into this project through the application of a microcontroller, instrumentation applied in telemetry and communications through Internet of Things (IoT), this work makes it possible to reduce the damage caused by water waste, causing financial loss and damage to the building such as moldings, plaster ceilings, painting and finishes in general. It is not the focus of this project, but the proposal of this work also makes it possible to control the water monthly volume consumption if the user deems it relevant. The correct application of these technologies makes it possible to mitigate or even eliminate these losses, making it possible to communicate and consult the status of the process by sending a message to the user via a Smartphone application when something deviates from the normal functioning of this system, thus contributing to the preservation of water resources and the consequent preservation of the environment.

**Keywords:** water use optimization, waste reduction, environmental preservation.



## INTRODUÇÃO

A escassez de recursos hídricos é uma preocupação global, mesmo o Brasil sendo uma nação com maior manancial de água doce do planeta, devido à grande concentração de pessoas em regiões urbanas e algumas capitais litorâneas, é premente a falta muitas vezes de recursos hídricos por diversos fatores como: falta de tratamento adequado de esgoto em diversas regiões do país, ineficiência na prestação de serviços públicos de tratamento e fornecimento de água potável, crescimento desenfreado da população entre outros.

Optou-se por alavancar este estudo para tornar possível, através de aquisição de dados o controle do sistema de abastecimento evitando o desperdício desse precioso recurso, para isso é indispensável sistema microcontrolado eficiente no monitoramento de consumo e no controle dos possíveis desvios, podendo inclusive atingir metas de consumo em  $\text{m}^3/\text{mês}$  tornando o orçamento mais econômico.

Esse projeto revela-se importante na Engenharia Elétrica pois são utilizados recursos tecnológicos como: microcontroladores, instrumentação aplicada com uso de medidor tanto magnético para chave de detecção de extravazamento de água do reservatório, como sensor de vazão na entrada do reservatório por efeito *Hall*, medidor de nível com sensor ultrassônico, válvula solenóide, todos com aplicação de leis da física voltados aos fenômenos eletromagnéticos e alguns com transmissão de RF e a aplicação prática de semicondutores.

O grande objetivo desse projeto é o de conceber um sistema de controle de consumo inteligente que possibilite o monitoramento de forma remota através de comunicação do microcontrolador com *Wi-fi* e este com *Smartphone*, garantir um sistema próprio de gerenciamento com App no consumo e nos possíveis desvios com a aquisição de dados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

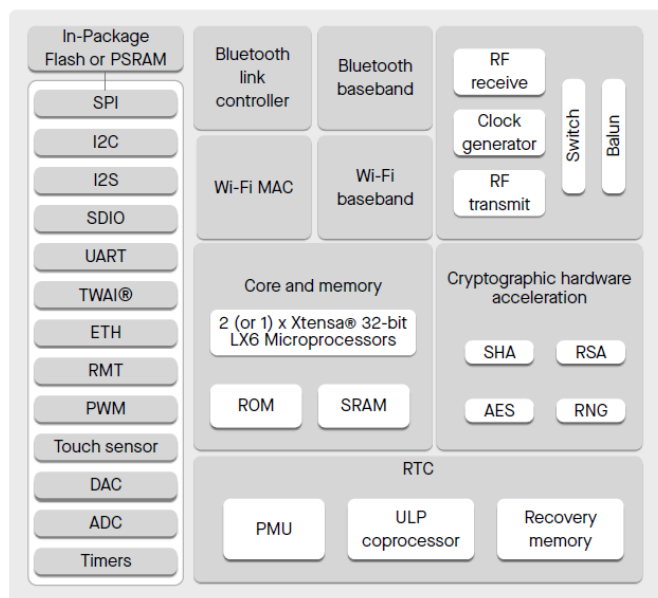
A princípio pensou-se em utilizar o microcontrolador ARDUINO UNO, porém este demonstrou ser ineficaz para esse projeto, além de apresentar custo mais elevado para alcançar os objetivos propostos, portanto foi elegido o microcontrolador ESP32 da Espressif Systems por algumas vantagens tecnológicas descritas a seguir, com base nas informações dos *data sheets* dos fabricantes, o microcontrolador ARDUINO UNO [2] não tem comunicação Wi-fi e nem Bluetooth, já o ESP32 (Espressif Systems) [3] oferece em todos os modelos essa facilidade de comunicação através de comunicação por rádio frequência (RF).

### DIAGRAMAS DE BLOCOS DOS MICROCONTROLADORES

#### ARDUINO UNO

#### ESP32 (Espressif Systems)

(Não disponibilizado pelo fabricante)



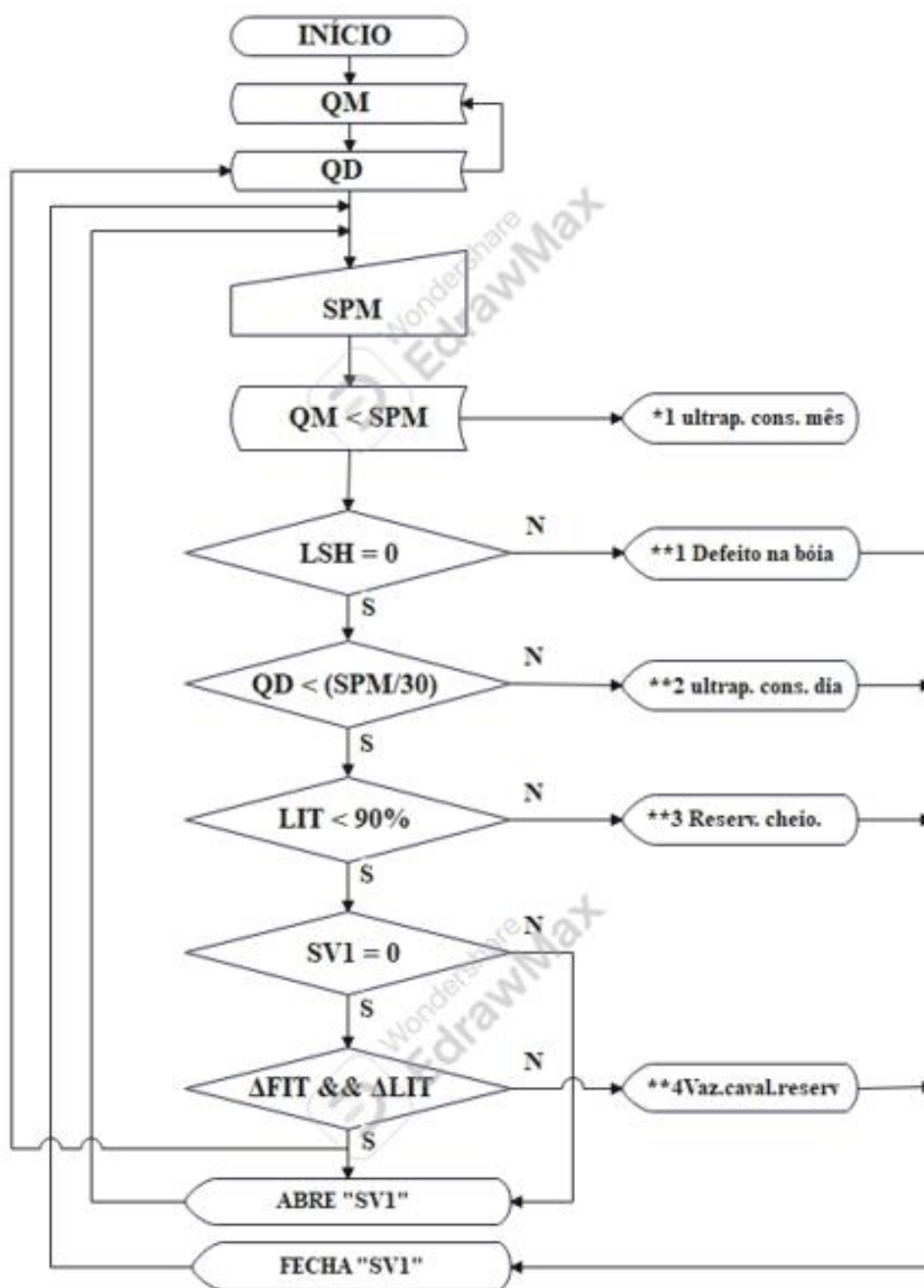
## TABELA DE COMPARAÇÃO ENTRE ARDUINO UNO E ESP32 – PARTE 1

	ARDUINO UNO	ESP32 (Espressif Systems)
	5,5 V	3,3 V
CPU	AVR CPU at up to 16 MHz 32KB Flash 1KB EEPROM 2KB SRAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Xtensa® single-/dual-core 32-bit LX6 microprocessor(s)</li> <li>• CoreMark® score: <ul style="list-style-type: none"> <li>– 1 core at 240 MHz: 504.85 CoreMark; 2.10 CoreMark/MHz</li> </ul> </li> <li>448 KB ROM</li> <li>• 520 KB SRAM</li> <li>• 16 KB SRAM in RTC</li> <li>• QSPI supports multiple flash/SRAM chips</li> </ul>
Wi-Fi	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11b/g/n</li> <li>• 802.11n (2.4 GHz), up to 150 Mbps</li> <li>• WMM</li> <li>• TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU</li> <li>• Immediate Block ACK</li> <li>• Defragmentation</li> <li>• Automatic Beacon monitoring (hardware TSF)</li> <li>• 4 × virtual Wi-Fi interfaces</li> <li>• Simultaneous support for Infrastructure Station, SoftAP, and Promiscuous modes</li> </ul> <p>Note when ESP32 is in Station mode, performing a scan, the SoftAP channel will be changed.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenna diversity</li> </ul>
Bluetooth®	N / A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compliant with Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specifications</li> <li>• Class-1, class-2 and class-3 transmitter without external power amplifier</li> <li>• Enhanced Power Control</li> <li>• +9 dBm transmitting power</li> <li>• NZIF receiver with –94 dBm Bluetooth LE sensitivity</li> <li>• Adaptive Frequency Hopping (AFH)</li> <li>• Standard HCI based on SDIO/SPI/UART</li> <li>• High-speed UART HCI, up to 4 Mbps</li> <li>• Bluetooth 4.2 BR/EDR and Bluetooth LE dual mode controller</li> <li>• Synchronous Connection-Oriented/Extended (SCO/eSCO)</li> <li>• CVSD and SBC for audio codec</li> <li>• Bluetooth Piconet and Scatternet</li> <li>• Multi-connections in Classic Bluetooth and Bluetooth LE</li> <li>• Simultaneous advertising and scanning</li> </ul>
Clocks & Timers	<p>2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels</p> <p>1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels</p> <p>Watchdog Timer with separate on-chip oscillator</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internal 8 MHz oscillator with calibration</li> <li>• Internal RC oscillator with calibration</li> <li>• External 2 MHz ~ 60 MHz crystal oscillator (40 MHz only for Wi-Fi/Bluetooth functionality)</li> <li>• External 32 kHz crystal oscillator for RTC with calibration</li> <li>• Two timer groups, including 2 × 64-bit timers and 1 × main watchdog in each group</li> <li>• One RTC timer</li> <li>• RTC watchdog</li> </ul>

## TABELA DE COMPARAÇÃO ENTRE ARDUINO UNO E ESP32 – PARTE 2

	ARDUINO UNO	ESP32 (Espressif Systems)
Peripheral	2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI) 1x Dual mode controller/peripheral I2C 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input Watchdog Timer with separate on-chip oscillator Six PWM channels Interrupt and wake-up on pin change	34 × programmable GPIOs  – 5 strapping GPIOs  – 6 input-only GPIOs  – 6 GPIOs needed for in-package flash/PSRAM (ESP32-D0WDR2-V3, ESP32-U4WDH) • 12-bit SAR ADC up to 18 channels  • 2 × 8-bit DAC  • 10 × touch sensors • 4 × SPI • 2 × I2S • 2 × I2C • 3 × UART • 1 host (SD/eMMC/SDIO) • 1 slave (SDIO/SPI) • Ethernet MAC interface with dedicated DMA and IEEE 1588 support • TWAI®, compatible with ISO 11898-1 (CAN Specification 2.0) • RMT (TX/RX) • Motor PWM • LED PWM up to 16 channels
Power Management	N/A	• Fine-resolution power control through a selection of clock frequency, duty cycle, Wi-Fi operating modes, and individual power control of internal components  • Five power modes designed for typical scenarios: Active, Modem-sleep, Light-sleep, Deep-sleep, Hibernation  • Power consumption in Deep-sleep mode is 10 µA  • Ultra-Low-Power (ULP) coprocessors  • RTC memory remains powered on in Deep-sleep mode
Security	Power On Reset (POR) Brown Out Detection (BOD)	• Secure boot • Flash encryption • 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers • Cryptographic hardware acceleration: – AES – Hash (SHA-2) – RSA – ECC – Random Number Generator (RNG)

## FLUXOGRAMA INICIAL DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA



## REFERÊNCIAS

[1] Harman, Peter M., **The Natural Philosophy of James Clerk Maxwell**. First Published 1998, First paperback edition 2001. CAMBRIDGE University Press, 40 West 20<sup>th</sup>, New York, NY 10011-4211, USA Street Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 731 p.

[2] Arduino® UNO R3, data sheet  
<https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>

[3] ESP32 (Espressif Systems)  
[https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)