

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL VIA MICROCONTROLADORES¹

José Eduardo Henriques da Silva²

Afonso Daniel Oliveira Calixto³

Paulo Henrique Paxiega Ribeiro⁴

RESUMO

Circuitos digitais estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, sejam estes em dispositivos pessoais e portáteis como celulares e *tablets* ou até mesmo eletrodomésticos como geladeiras e máquinas de lavar. O crescimento da presença desses dispositivos é uma tendência natural da quarta revolução industrial e do advento da internet das coisas (IoT - do inglês *Internet of Things*). Todos os dispositivos eletrônicos são compostos por circuitos digitais. Estes circuitos, por sua vez, necessitam adequar-se a condições de projeto cada vez mais específicas tais como tamanho, tempo de propagação de sinal, consumo de potência, tolerância a falha, entre outros. Além disso, ainda que existam circuitos especializados, para tarefas onde requer-se personalização e adequação a atividades específicas, faz-se necessário o uso de microcontroladores. Tais dispositivos são dimensionados de acordo com as necessidades do projeto e permitem o controle e automação de diversos sistemas, estando principalmente inseridos em sistemas embarcados. Com isso, o presente projeto de iniciação científica teve como objetivo auxiliar na formação de profissionais capacitados para lidar com requisitos de projeto de circuitos digitais, com foco em circuitos lógicos combinacionais e sistemas microcontrolados, cada vez mais complexos, a fim de resolver situações práticas. O caráter da proposta de projeto de iniciação científica é de natureza multidisciplinar, essencial para a formação de profissionais enquanto especialistas de domínio com senso crítico e capacidade de resolução de problemas.

Palavras-chave: Circuitos digitais. Microcontroladores. Sistemas embarcados. Internet das Coisas (IoT). Projeto multidisciplinar.

1 INTRODUÇÃO

Dispositivos eletrônicos estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. Sejam estes dispositivos pessoais, tais como celulares e *tablets* ou até

¹ Este trabalho é produto do Programa de Iniciação Científica (PIC) do Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni/MG (UniDoctum).

² Professor da Rede de Ensino Doctum. Orientador deste trabalho.

³ Aluno da Rede de Ensino Doctum e orientando deste projeto de iniciação científica (PIC).

⁴ Aluno da Rede de Ensino Doctum e orientando deste projeto de iniciação científica (PIC).

mesmo eletrodomésticos como geladeiras e máquinas de lavar. A denominada quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0, em conjunto com a popularização da internet das coisas (IoT - *Internet of Things*) contribuíram de maneira significativa para o aumento e acesso aos dispositivos digitais inteligentes. Tais dispositivos são comumente encontrados em projetos de automação residencial. A automação residencial é a chave para o desenvolvimento das chamadas *smart houses*, cujo termo descreve a integração de tecnologia para maximizar o bem estar e funcionalidade no ambiente doméstico. Por bem estar, entende-se como não só a facilidade do usuário em interagir com as casas mas também os aspectos relacionados à mobilidade, principalmente no caso de doenças (SIMONET; NOYCE, 2021).

Subjacente a todos esses dispositivos, a eletrônica e, em especial a digital, permeia a natureza de seu funcionamento. Circuitos lógicos são modelados como expressões lógicas através da álgebra de Boole. Na prática, conjuntos de componentes eletrônicos tais como capacitores, resistores, indutores e principalmente transistores, são encapsulados na forma de circuitos integrados a fim de constituírem portas lógicas, responsáveis por implementar as operações lógicas presentes na álgebra de Boole.

Contudo, esses circuitos são especializados. Por esse motivo, microcontroladores surgem da necessidade no campo de eletrônica digital para a realização de tarefas programáveis.

Microcontroladores podem ser entendidos como computadores de *chip* único, programáveis através do controle dos níveis lógicos de seus registradores (TOCCI *et al.*, 2003). Desta forma, torna-se possível o seu uso em aplicações nas quais um processamento, ainda que de pequeno porte, é requerido. Isso se torna especialmente importante no contexto de automação residencial, uma vez que a maioria das aplicações de microcontroladores faz-se necessária para o controle e comando de dispositivos de baixa potência, tais como sensores de presença ou de nível, iluminação e acionamento de motores.

Sendo assim, o estudo e compreensão das maneiras pelas quais circuitos lógicos devem ser projetados, otimizados e interligados com sistemas microcontrolados constitui tarefa complexa e fundamental não só para o

desenvolvimento de sistemas de automação residencial energeticamente eficientes e funcionais mas também na formação de engenheiros eletricitas tendo em vista, ainda, sua natureza multidisciplinar.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é desenvolver um protótipo simulado de um sistema de automação residencial via microcontroladores.

2.2 Objetivos Específicos

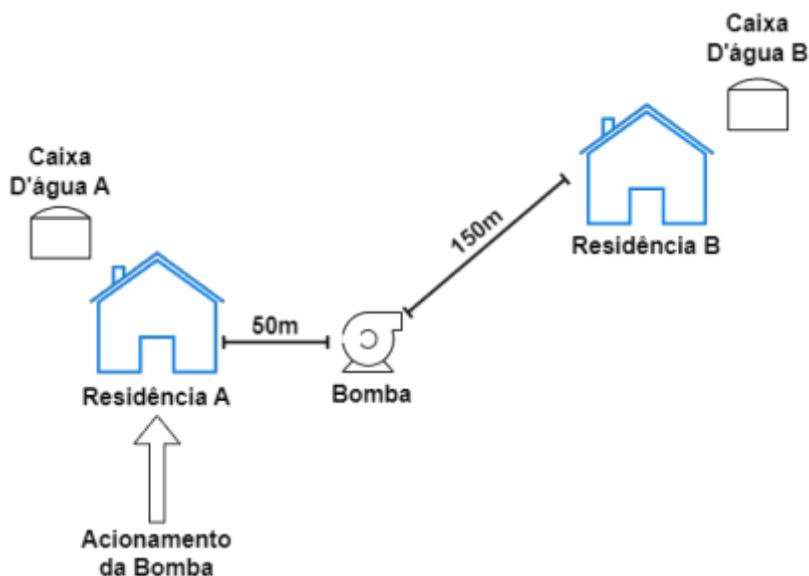
Para alcançar esse objetivo geral, os seguintes objetivos secundários também são almejados:

- Apresentar um estudo e investigar as dificuldades associadas ao projeto e implementação de sistemas microcontrolados no âmbito da automação residencial;
- Desenvolver o código do microcontrolador para a automação e controle dos dispositivos selecionados;

3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O cenário consiste em duas casas distintas, nomeadas aqui como residência A e B, respectivamente, que utilizam uma bomba d'água compartilhada para o enchimento das caixas d'água individuais para cada residência. A bomba, responsável por bombear água de um poço semi-artesiano compartilhado, é localizada a 50m e 150m das residências A e B, respectivamente, conforme apresentado na Figura 1. O acionamento da bomba é realizado através de um disjuntor localizado na varanda da residência A.

FIGURA 1 – SITUAÇÃO PROBLEMA



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O direcionamento do fluxo d'água da bomba é realizado manualmente através da abertura e fechamento de registros. Tal situação é apresentada na Figura 2. Posto isso, faz-se necessária uma série de etapas para que o sistema funcione, e pode ser resumida nos seguintes passos:

1. Deslocamento até a bomba d'água
2. Seleção e abertura do registro específico
3. Deslocamento ao local de acionamento da bomba d'água
4. Acionamento da bomba d'água

FIGURA 2 – BOMBA D'ÁGUA



Fonte: Acervo pessoal (2024)

É importante ressaltar que a moradora da residência A é uma senhora idosa, tornando a situação perigosa, especialmente em dias chuvosos, por conta da necessidade de deslocamento. Já foi relatado, inclusive, situações de queda dessa moradora. Além disso, não existe sistema de controle de nível das caixas d'água. Tal fato gera transbordamento e desperdício de água quando a bomba permanece ligada após o enchimento completo da caixa d'água. O desligamento da bomba d'água também é realizado de maneira manual. Ainda, por se tratar de uma bomba de alta pressão, problemas adicionais podem ocorrer, tais como o estouro da tubulação caso os dois registros estejam simultaneamente fechados e a bomba seja acionada, conforme apresentado na Figura 2.

4 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento da solução, foi utilizado o software Proteus para o projeto e simulação do circuito e o mikroC para a programação do microcontrolador, conforme cronograma apresentado na Tabela 1

TABELA 1 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

MESES	ATIVIDADES
ABRIL/24	Revisão Bibliográfica - Microcontroladores
MAIO/24	Revisão Bibliográfica - Microcontroladores
JUNHO/24	Revisão Bibliográfica - Sistemas Embarcados Desenvolvimento de código inicial e simulações
JULHO/24	Revisão Bibliográfica - Sistemas Embarcados Desenvolvimento de código inicial e simulações
AGOSTO/24	Revisão Bibliográfica - Automação Residencial Desenvolvimento de código Simulações

	Desenvolvimento de Trabalho
SETEMBRO/24	Desenvolvimento de código e simulações
OUTUBRO/24	Desenvolvimento de código e simulações e início da prototipagem
DEZEMBRO/24	Desenvolvimento de código e simulações Prototipagem Desenvolvimento de Trabalho

O código fonte do microcontrolador, o projeto de simulação e materiais adicionais estão disponíveis publicamente⁵. O microcontrolador escolhido foi o PIC18F4520 por conta de sua maior memória de programas, necessária para a implementação da solução.

Os níveis das caixas d'água foram simulados utilizando-se potenciômetros de 10kΩ. O acionamento da bomba e o controle de nível máximo das caixas d'água são realizados através de relés.

Além disso, todo o circuito conta com reguladores de tensão a fim de garantir a integridade e segurança elétrica dos demais dispositivos. Um circuito de *clock* externo com cristal oscilador é utilizado para fornecer uma frequência de 16MHz.

Toda a interação homem-máquina é realizada através de três botões, para navegar entre os menus do programa e aumentar ou diminuir os limiares de acionamento e desligamento da bomba, visíveis através de um *display* LCD 20x4.

Ainda, o circuito apresenta 4 LEDs indicativos, sendo 3 para indicar os estados de cada um dos relés e 1 que indica se o sistema está no modo automático ou manual. Por fim, o circuito conta com um botão de *reset* para permitir o reinício do dispositivo em caso de alguma anormalidade. A lista de componentes utilizados é apresentada na Tabela 2, contendo a categoria e quantidade do componente, as referências utilizadas na simulação e os seus respectivos valores.

⁵ github.com/jeduardo/pic2024

TABELA 2 – LISTA DE COMPONENTES

Categoria	Quantidade	Referências	Valor
Capacitor	3	C1-C3	1 μ F
Capacitor	2	C4-C5	22pF
Capacitor	4	C8-C11	100nF
Resistor	4	R1-R3, R9	220R
Resistor	4	R4, R15-17	1K Ω
Resistor	4	R5-R8	10K Ω
Circuito Integrado	1	U1	PIC18F4520
Transistor	3	Q1-Q3	BC548
Diodo	4	D1-D3, D7	LED-GREEN
Diodo	3	D4-D6	1N4004
Cristal Oscilador	1	CRYSTAL	16MHz
Botãoeira	4	BOT1-BOT4	-
Conector	5	J1-J3, J5-J6	TBLOCK-I3
Conector	1	J4	TBLOCK-M2
Conector	1	J7	TBLOCK-I12
Display	1	LCD1	LM044L
Relé	3	RL1-RL3	G2R-14-DC5
Regulador de Tensão	2	RV3-RV4	10K

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O esquema do circuito final é apresentado na Figura 3. Ao iniciar o programa, o usuário recebe é apresentado ao menu principal no *display* LCD, onde é possível navegar entre os menus através dos botões (+) 1, (-) 2 e OK, conforme apresentado na Figura 4. Nesta tela é possível visualizar no canto inferior esquerdo o menu atualmente selecionado e os demais menus disponíveis.

FIGURA 3 – ESQUEMA DO CIRCUITO FINAL

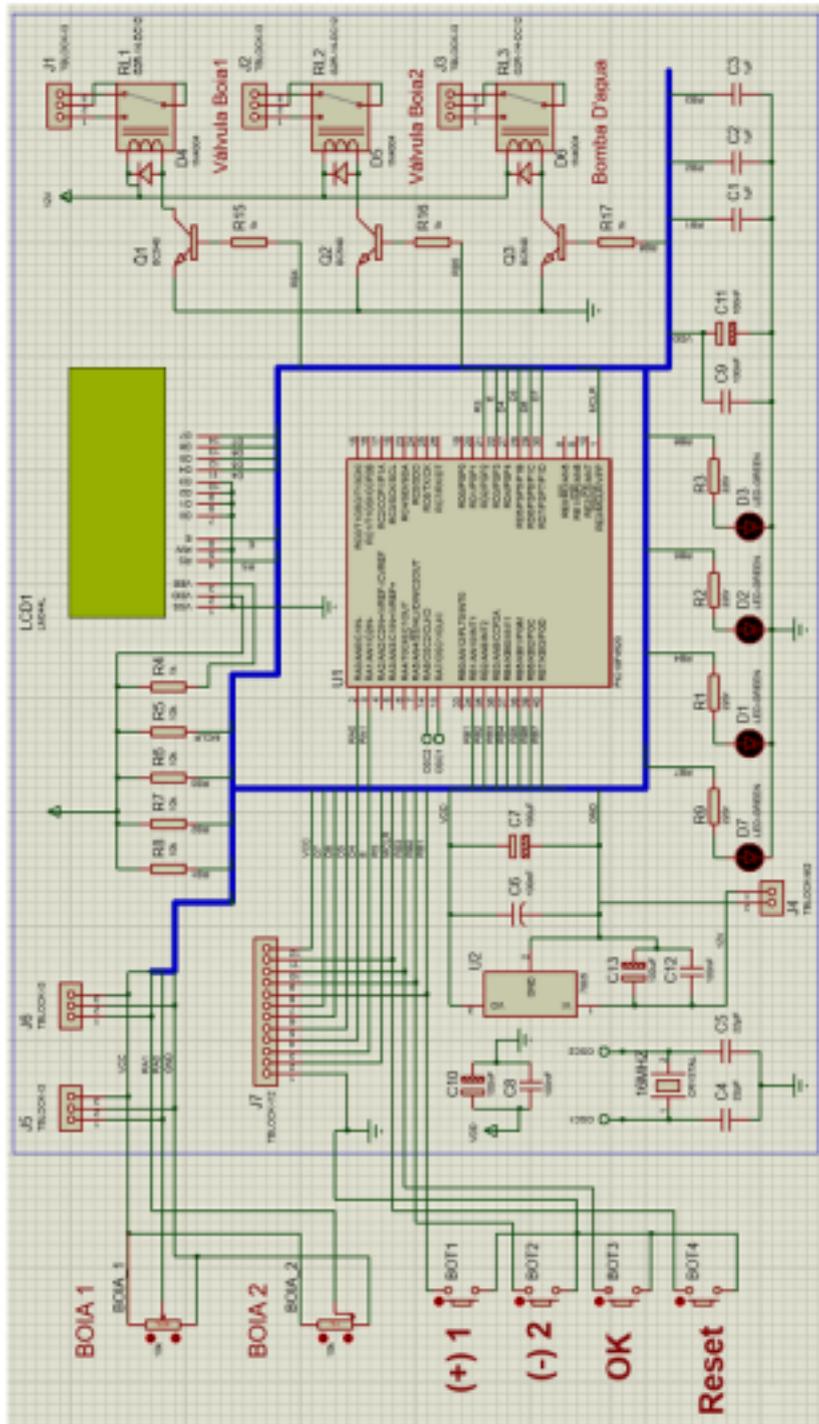
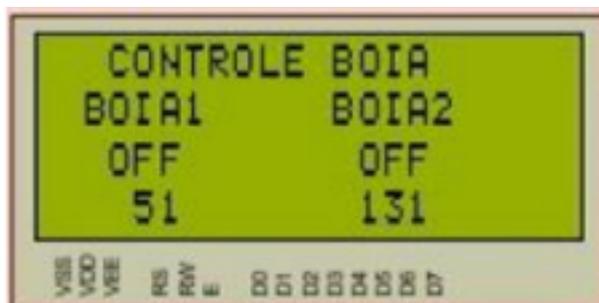


FIGURA 4 – MENU PRINCIPAL



O menu 1, denominado Leitura, apresenta a leitura dos valores das boias que representam o nível real das boias. Além disso, apresenta-se a informação se está em funcionamento ou não (ON/OFF), apresentado na Figura 5.

FIGURA 5 – MENU LEITURA



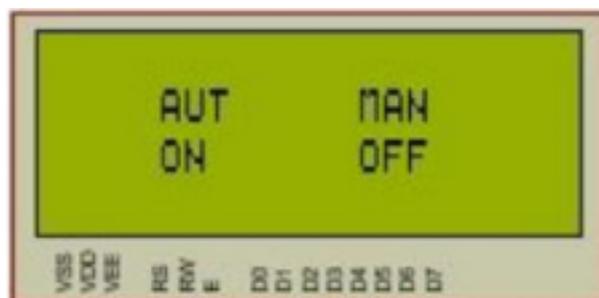
O menu 2, denominado Bomba e apresentado na Figura 6, exibe o estado atual da bomba (ON/OFF) e a corrente elétrica média da bomba.

Figura 6 – Menu Bomba



O menu 3, denominado A/M, permite a seleção entre os modos automático e manual, conforme Figura 7. O modo automático atua considerando os níveis selecionados pelos usuários no menu 4 e, uma vez atingido os valores programados, a bomba automaticamente é desligada. Já no modo manual, o usuário pode acionar e desligar a bomba quando quiser.

FIGURA 7 – MENU AUTOMÁTICO/MANUAL

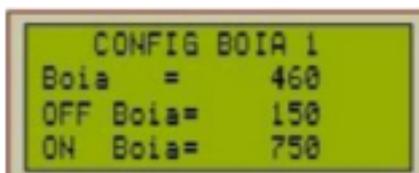


Por fim, o menu 4, denominado Config e apresentado na Figura 8, permite configurar as boias independentemente. A seleção é realizada através de uma tela especial. Ao abrir o controle de uma das boias, duas configurações podem ser modificadas. A primeira, apresentada na Figura 9a, é para verificar o valor instantâneo da leitura (Boia) e ajustar os valores mínimo (MinBoia) e máximo (MaxBoia). Tal fato é importante pois, como o microcontrolador PIC18F4520 possui um módulo de conversão analógico-digital de 10-bits, isso significa que as leituras dos sensores sempre retornarão um valor entre 0 e 1023. Contudo o sensor pode apresentar algum erro natural em sua escala, fazendo com que os valores reais de operação nunca alcancem as extremidades. Dessa forma, é possível ajustar os valores mínimo e máximo possíveis de serem lidos nesta tela. Já a segunda tela, conforme Figura 9b, apresenta as configurações para os limiares de acionamento e desligamento das bombas. Nesse caso, considerando que o sistema esteja operando de modo automático, a bomba é ligada automaticamente toda vez que a boia apresentar valor menor ou igual ao valor de MinBoia e desligada quando o nível atinge o valor de MaxBoia.

FIGURA 8 – MENU CONFIG



FIGURA 9 – SUBMENUS DE CONFIGURAÇÃO



(a) Configuração do Sensor



(b) Configuração do Nível

O esquemático apresentado na Figura 3 foi convertido em um modelo de placa de circuito impresso (PCB, do inglês *printed circuit board*) através do *software* Proteus onde foi utilizada a ferramenta de otimização das conexões elétricas

considerando duas camadas.

O resultado é apresentado na Figura 10, onde é possível visualizar o esquema da PCB e na Figura 11, contendo a visualização 3D da placa.

FIGURA 10 – ESQUEMA DA PCB

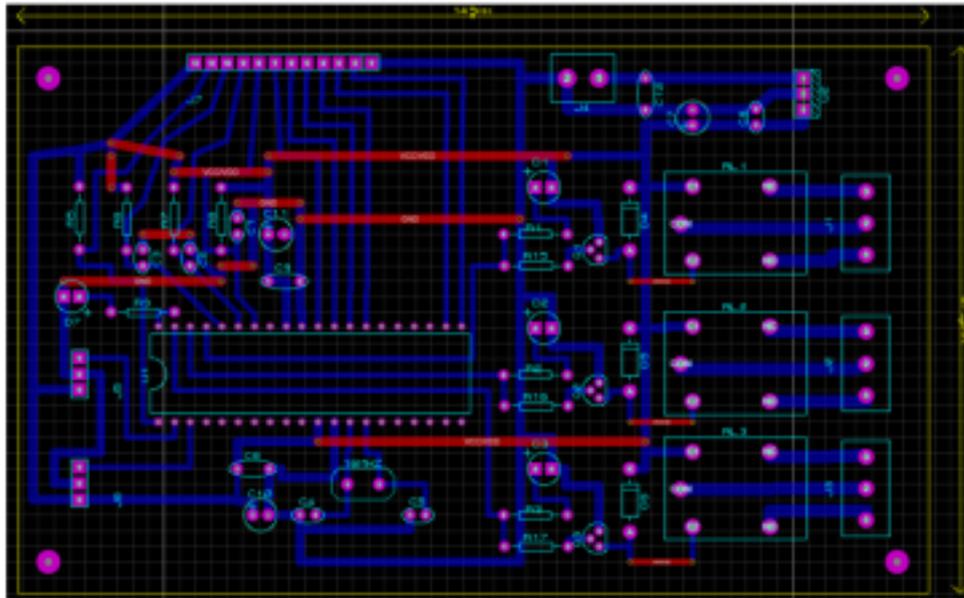
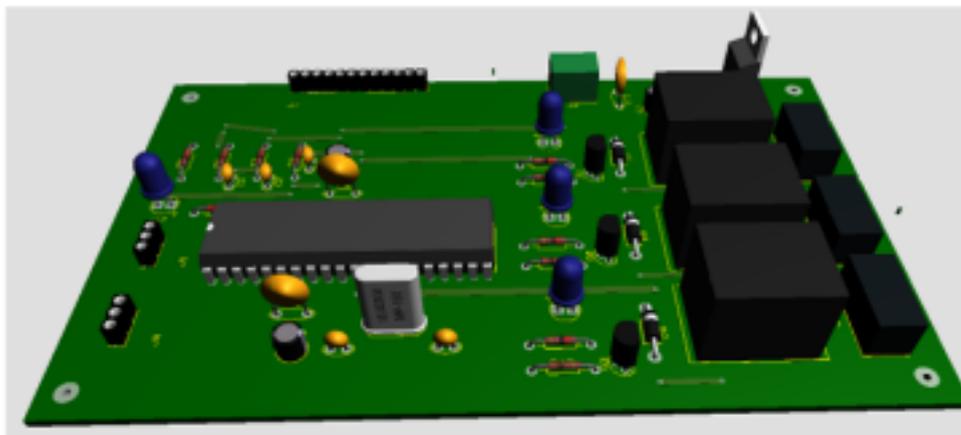


FIGURA 11 – MODELO 3D



Por fim, é importante ressaltar que esses resultados obtidos no projeto de iniciação científica do ano de 2024 foram submetidos ao periódico internacional *International Journal of Electrical Engineering & Education (IJEED)* e está em fase de revisão.

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A automação residencial é uma ferramenta valiosa para melhorar o conforto e bem-estar do ser humano e funciona como elemento que pode maximizar a segurança de sistemas residenciais. O presente projeto de iniciação científica resultou em um produto que consiste em uma solução técnica de controle e automação residencial para um problema real de gerenciamento de recursos hídricos para duas residências. O desenvolvimento deste trabalho contribui não só para o amadurecimento de conceitos abordados durante o curso de Engenharia Elétrica, mas também para o desenvolvimento de novas competências profissionais, dada a necessidade do estudo de microcontroladores, programação e projeto de placas de circuito impresso.

Como trabalhos futuros destacam-se: (i) a fase atual que está em execução e consiste na montagem da placa de circuito impresso propriamente dita e a implementação do sistema funcional, e (ii) o aprimoramento do sistema para suportar comunicação Wi-Fi através de aplicativos para dispositivos móveis.

REFERÊNCIAS

SIMONET, C.; NOYCE, A. J. Domotics, smart homes, and parkinson's disease. **Journal of Parkinson's disease**, IOS Press, v. 11, n. s1, p. S55–S63, 2021.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**, 2003.