



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FERNANDO HIROSHI MURUSAKI

IGOR DOS REIS GOMES

RELATÓRIO DE RELÓGIO DIGITAL VIA HARDWARE

Bauru/SP

2024

FERNANDO HIROSHI MURUSAKI

IGOR DOS REIS GOMES

RELATÓRIO DE RELÓGIO DIGITAL VIA HARDWARE

Trabalho teórico-prático apresentado como requisito para a segunda avaliação semestral de Laboratório de Circuitos Digitais – Prof. Me. Dr. Marco Aurelio Rocha.

Bauru/SP

2024

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo projetar e implementar um relógio digital utilizando componentes de hardware no software de simulação Proteus. O desenvolvimento teve início em 8 de novembro de 2024, com uma introdução ao tema e à ferramenta de simulação utilizada. Durante as semanas subsequentes, foi realizada uma pesquisa detalhada e aplicação prática do conhecimento adquirido, com base nas aulas ministradas pelo Prof. Me. Dr. Marco Aurélio Rocha. A partir dessas etapas, foi possível projetar um circuito funcional que exemplifica o funcionamento de um relógio digital simples, integrando conceitos de osciladores, divisores de frequência, contadores e decodificadores. O trabalho enfatiza a importância do aprendizado prático para consolidar os fundamentos da eletrônica digital.

Palavras-chave: relógio digital. eletrônica digital. Proteus. osciladores. divisores de frequência. contadores. decodificadores.

ABSTRACT

This work aimed to design and implement a digital clock using hardware components in the Proteus simulation software. The development began on November 8, 2024, with an introduction to the topic and the simulation tool. In the following weeks, detailed research and practical application of the knowledge acquired in classes taught by Prof. Me. Dr. Marco Aurélio Rocha were carried out. Based on these steps, it was possible to design a functional circuit that exemplifies the operation of a simple digital clock, integrating concepts of oscillators, frequency dividers, counters, and decoders. This work highlights the importance of practical learning in consolidating the fundamentals of digital electronics.

Keywords: digital clock. digital electronics. Proteus. oscillators. frequency dividers. counters. decoders.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Display de sete segmentos de ânodo	8
Figura 2 – Clock com tempo de 1s.....	12
Figura 3 – Contadores do circuito do relógio digital.....	13
Figura 4 – Decodificadores do circuito do relógio digital.....	13
Figura 5 – Displays do circuito do relógio digital.....	13
Figura 6 – Circuito do Relógio Digital	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 RELÓGIO DIGITAL VIA HARDWARE	7
2.2 OSCILADOR DE CLOCK	7
2.3 CONTADOR BINÁRIO	7
2.4 DISPLAY DE SETE SEGMENTOS	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS	9
3.2 MÉTODOS REALIZADOS.....	10
3.2.1 Configuração do Clock.....	10
3.2.2 Implementação dos Contadores	12
3.2.3 Codificação do Sinal	13
3.2.4 Exibição nos Displays	13
3.2.5 Sincronização do Circuito	14
3.2.6 Implementação dos botões.....	14
3.2.7 Validação e dificuldades.....	14
3.2.8 Circuito Final.....	15
4 RESULTADOS.....	16
5 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

Relógios digitais são dispositivos que tem um papel fundamental na história de medição do tempo. Ao contrário dos relógios analógicos executados em mecanismos mecânicos, os relógios digitais utilizam circuitos eletrônicos para realizar a contagem e exibição do tempo. Sua história está intimamente ligada ao desenvolvimento da eletrônica digital, especialmente com a popularização dos semicondutores na década de 1960, que possibilitou a criação de circuitos integrados compactos e eficientes. Contadores binários, divisores de frequência e displays de sete segmentos são elementos essenciais que deram origem ao avanço desses dispositivos([BRAGA, 2024](#)).

Além de sua precisão e durabilidade, os relógios digitais marcaram uma nova era na acessibilidade à tecnologia, tornando-se amplamente utilizados em aplicações como relógios de pulso, painéis de instrumentos, eletrodomésticos e sistemas industriais. A importância histórica dos relógios digitais vai além da medição do tempo, mas também na integração entre hardware e lógica digital, que contribui para o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais eficientes e modernas([BRAGA, 2024](#)).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RELÓGIO DIGITAL VIA HARDWARE

Um relógio digital simples, construído com contadores e decodificadores via hardware, é um sistema eletrônico projetado para medir e exibir o tempo de forma precisa e confiável. Ele se baseia na contagem de pulsos regulares provenientes de um oscilador de clock e opera exclusivamente com circuitos digitais, sem necessidade de programação. Essa característica o torna uma implementação puramente eletrônica, ideal para estudos e aplicações práticas no campo da eletrônica digital.

2.2 OSCILADOR DE CLOCK

O oscilador de clock é o componente central responsável por gerar pulsos elétricos regulares, que servem como base para todo o funcionamento do relógio. Esses pulsos possuem uma frequência fixa, geralmente alta, que precisa ser ajustada pelos divisores de frequência para representar unidades de tempo utilizáveis, como segundos. Esse processo garante que o relógio opere de maneira consistente e precisa, independentemente de variações externas([GUIMARÃES, 2017](#)).

2.3 CONTADOR BINÁRIO

Os contadores binários são os elementos que acumulam e registram os pulsos provenientes dos divisores de frequência. Eles funcionam incrementando sua contagem a cada pulso recebido. Em um relógio digital, há contadores específicos para segundos, minutos e horas. Quando um contador atinge seu limite (como 59 segundos ou 23 horas), ele é reiniciado e envia um pulso ao próximo contador na sequência([ELECTRICITY-MAGNETISM, 2015](#)).

2.4 DISPLAY DE SETE SEGMENTOS

Os displays de sete segmentos são os elementos visuais do relógio digital. Cada número é formado pela ativação de segmentos específicos no display, de acordo com os sinais recebidos dos decodificadores. Esses componentes permitem que o tempo seja exibido de forma clara e precisa, com cada número representado por uma combinação de segmentos iluminados([SUNFOUNDER, S.D.](#)).

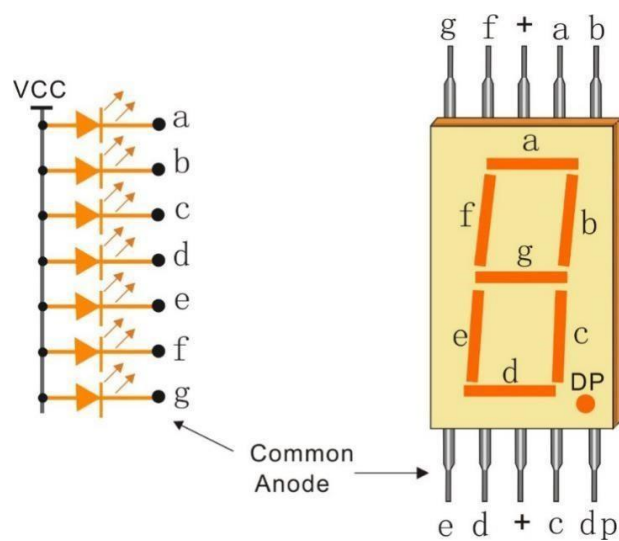


Figura 1 – Display de sete segmentos de ânodo

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a construção do circuito do relógio digital, foram utilizados diversos componentes eletrônicos e ferramentas de simulação que possibilitaram o desenvolvimento e análise do projeto. A seguir, estão descritos os principais materiais utilizados:

- **PC (Computador):** Utilizado para a execução do software de simulação e desenvolvimento do projeto de hardware virtual.
- **Software PROTEUS (Versão Estudantil):** Ferramenta de simulação amplamente utilizada para o design de circuitos eletrônicos, permitindo a criação e teste do circuito do relógio digital antes da implementação física.
- **Circuitos Integrados 7490 (Contador):** Seis circuitos integrados 7490 foram utilizados para realizar a contagem binária necessária para o relógio digital, sendo responsáveis por contar os pulsos do clock e gerar a sequência de números que representam os segundos, minutos e horas.
- **Circuitos Integrados 7447 (Decodificador):** Seis unidades do circuito integrado 7447 foram usadas para converter o código binário gerado pelos contadores em sinais adequados para os displays de 7 segmentos, permitindo a exibição dos números de maneira legível.
- **Displays de 7 Segmentos Ânodo Comum:** Seis displays de 7 segmentos foram utilizados para exibir a hora e os minutos no formato numérico. Esses displays possuem uma configuração de ânodo comum, o que significa que o terminal positivo de cada segmento é compartilhado por todos os segmentos do display(SUNFOUNDER, S.D.).
- **Push Buttons (Botões de Pressão):** Dois push buttons foram utilizados para possibilitar a interação com o circuito, como, por exemplo, ajustes de tempo ou controle de funções do relógio.
- **Circuitos integrados 7408 (AND):** um circuito integrado AND 7408 foi implementado para o funcionamento da lógica entre os minutos e horas, e outros 2 foram implementados para a lógica dos botões agirem diretamente no clock.
- **Resistência de 4,7 k Ω :** Dois resistores de 4,7 k Ω foi utilizado no circuito do oscilador, ajudando a definir a frequência do clock.

- **Circuito Integrado NE555 (Timer):** O NE555 foi utilizado para gerar o sinal de clock que comanda os contadores, com a frequência adequada para o funcionamento do relógio digital.
- **Capacitor Eletrolítico de 100 μF :** O capacitor foi usado no circuito de oscilação, contribuindo para a estabilidade do sinal de clock e o controle de carga e descarga no circuito RC.

Esses componentes foram selecionados com base nas instruções passadas pelo professor e ajustado conforme as especificações necessárias para a implementação de um relógio digital funcional, integrando as funções de contagem, decodificação e exibição do tempo. O uso do software PROTEUS permitiu realizar simulações detalhadas e testar o comportamento de cada parte do circuito antes da construção final(ROCHA, 2024).

3.2 MÉTODOS REALIZADOS

A construção do relógio digital no Proteus foi feita em etapas sequenciais, utilizando um clock, 6 contadores, 6 decodificadores e 6 displays de 7 segmentos. Abaixo estão detalhados os métodos adotados:

3.2.1 Configuração do Clock

O clock foi configurado para gerar pulsos regulares, com uma frequência ajustada para 1 Hz, representando o intervalo de um segundo. Esse sinal foi usado como entrada para o primeiro contador, responsável pela contagem dos segundos. Para isso, utilizamos a fórmula que define o período total do clock:

$$T = T_{\text{high}} + T_{\text{low}} \quad (3.1)$$

$$T_{\text{high}} = 0.693 \cdot (R_7 + R_8) \cdot C_1 \quad (3.2)$$

$$T_{\text{low}} = 0.693 \cdot R_8 \cdot C_1 \quad (3.3)$$

$$T = 0.693 \cdot (R_7 + 2 \cdot R_8) \cdot C_1 \quad (3.4)$$

$$R_7 + 2 \cdot R_8 = \frac{T}{\frac{0.693 \cdot C_1}{1}} \quad (3.5)$$

$$R_7 + 2 \cdot R_8 = \frac{1}{0.693 \cdot 100 \times 10^{-6}} \quad (3.6)$$

$$R_7 + 2 \cdot R_8 = \frac{1}{0.0000693} \quad (3.7)$$

$$R_7 + 2 \cdot R_8 \approx 14431\Omega \quad (3.8)$$

$$R_7 = R_8 \quad (3.9)$$

$$R + 2 \cdot R = 14431 \quad (3.10)$$

$$3R = 14431 \quad (3.11)$$

$$R = \frac{14431}{3} \quad (3.12)$$

$$R \approx 4810\Omega \quad (3.13)$$

Como desejamos que o período total $T = 1$ s, foi necessário ajustar T_{high} e T_{low} de forma que a soma dos dois resultasse em 1 segundo. Para isso, utilizamos um capacitor de $100\mu\text{F}$ e dois resistores de $4.7\text{ k}\Omega$.

Assim, foi montado o clock, que pode ser visto na figura abaixo.

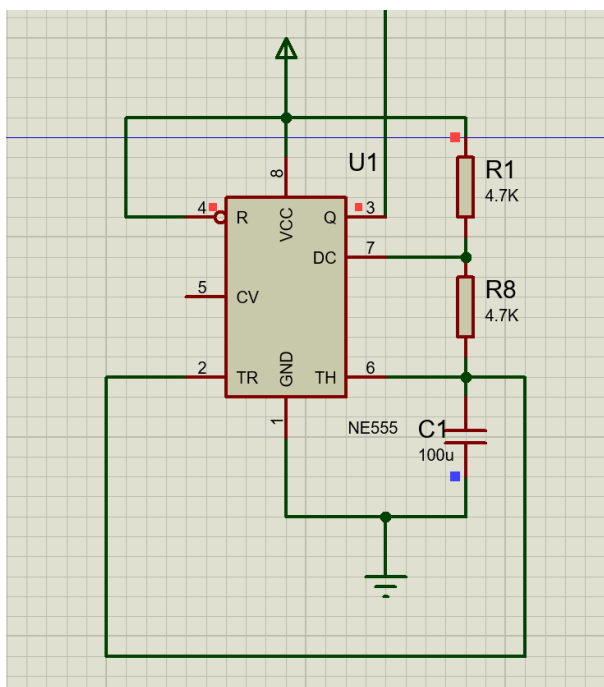


Figura 2 – Clock com tempo de 1s

3.2.2 Implementação dos Contadores

Foram utilizados seis contadores, divididos em pares para as unidades e dezenas de segundos, minutos e horas. Cada contador foi configurado para realizar a contagem dentro de um intervalo específico:

- **Unidade de Segundos:** Conta de 0 a 9.
- **Dezena de Segundos:** Incrementa após a unidade de segundos atingir 9, com limite de 5 (0 a 59 segundos).
- **Unidade de Minutos:** Conta de 0 a 9, reiniciando após a dezena de segundos alcançar 5.
- **Dezena de Minutos:** Incrementa após a unidade de minutos atingir 9, com limite de 5 (0 a 59 minutos).
- **Unidade de Horas:** Conta de 0 a 9.
- **Dezena de Horas:** Incrementa após a unidade de horas atingir 9, com limite de 2, e reinicia quando a combinação das horas alcançar 23 (0 a 23 horas).

Segue abaixo a disposição dos contadores no circuito.

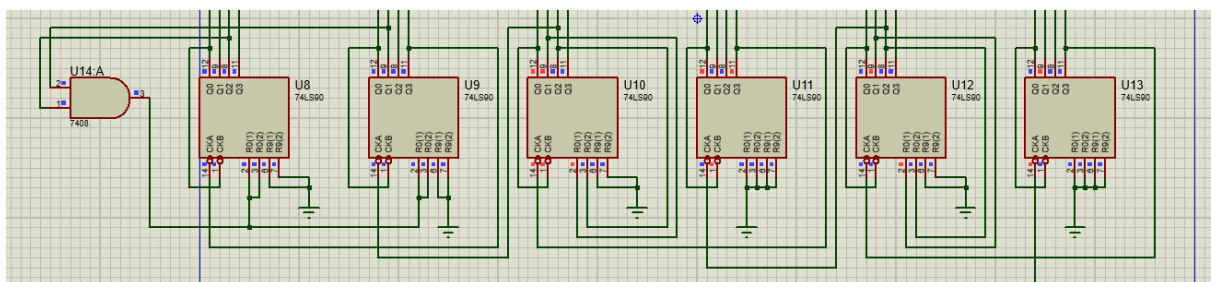


Figura 3 – Contadores do circuito do relógio digital

3.2.3 Codificação do Sinal

Para exibir os valores nos displays de 7 segmentos, foi necessário decodificar os sinais dos contadores. Cada um dos seis contadores teve suas saídas conectadas a um decodificador, que traduz os valores binários gerados pelos contadores em sinais que o display possa exibir o número.

Segue abaixo a disposição dos contadores no circuito.

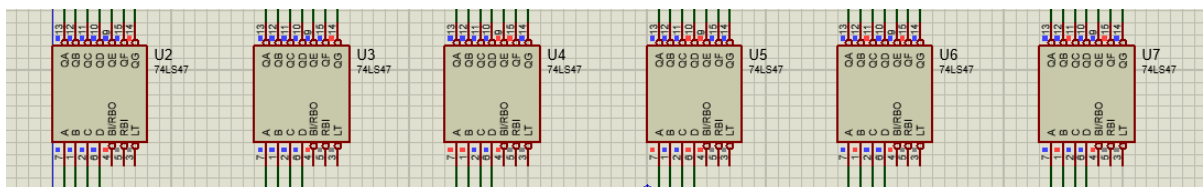


Figura 4 – Decodificadores do circuito do relógio digital

3.2.4 Exibição nos Displays

Os seis displays de 7 segmentos foram organizados em três pares, representando horas, minutos e segundos. Cada display recebeu a saída correspondente do decodificador.

Segue abaixo a disposição dos displays de sete segmentos no circuito.

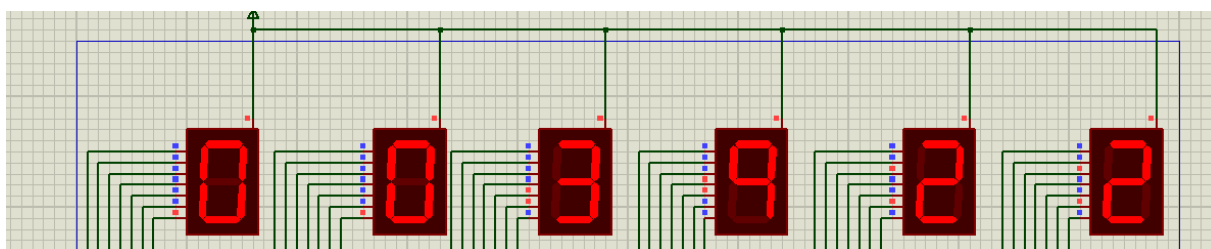


Figura 5 – Displays do circuito do relógio digital

3.2.5 Sincronização do Circuito

Para que o circuito não realize todas as operações de forma desordenada, a entrada de clock dos contadores foram colocadas a partir de cada critério de parada do seu contador anterior, exceto o primeiro, que a entrada de clock foi o clock feito a partir do CI 555, com pulso de clock a cada 1 segundo.

3.2.6 Implementação dos botões

Para a implementação dos botões no circuitoEsses critérios garantiram o funcionamento correto do relógio e permitiram a interação manual com o sistema.

O critério adotado foi o número 6 em binário no contador da dezena de minutos. Para isso, as saídas correspondentes foram conectadas a uma porta lógica AND. A saída da porta AND, que sinaliza a condição de "6 em binário", foi conectada à entrada de clock do contador da unidade de horas, sincronizando os valores de minutos e horas. Um botão foi adicionado à saída da porta AND. Assim, isso garante o funcionamento correto do relógio e permitiram a interação manual com o sistema. O mesmo princípio foi aplicado para os contadores de segundos e minutos

3.2.7 Validação e dificuldades

O circuito foi simulado no Proteus para verificar seu funcionamento. De início, foi verificado que o clock não estava preciso, logo foi necessário reavaliar o seu funcionamento. Após a verificação, percebeu-se que a conta feita para determinar cada pulso de clock em 1 segundo estava errada, assim, foi montado novamente e logo solucionado.

Além disso, foi verificado que a exibição dos valores em cada display, conforme o avanço do tempo, não estava correta. O problema foi rapidamente solucionado, foi retirado resistores que estavam junto ao display até o pino VCC. Esses resistores foram inseridos de início com o intuito de não fazer os displays queimarem, porém com eles o circuito não estava funcionando corretamente e, como foi realizado em um software de simulação, não haveria esse problema de queima de componentes.

3.2.8 Circuito Final

Por fim, o circuito final pode ser visto abaixo.

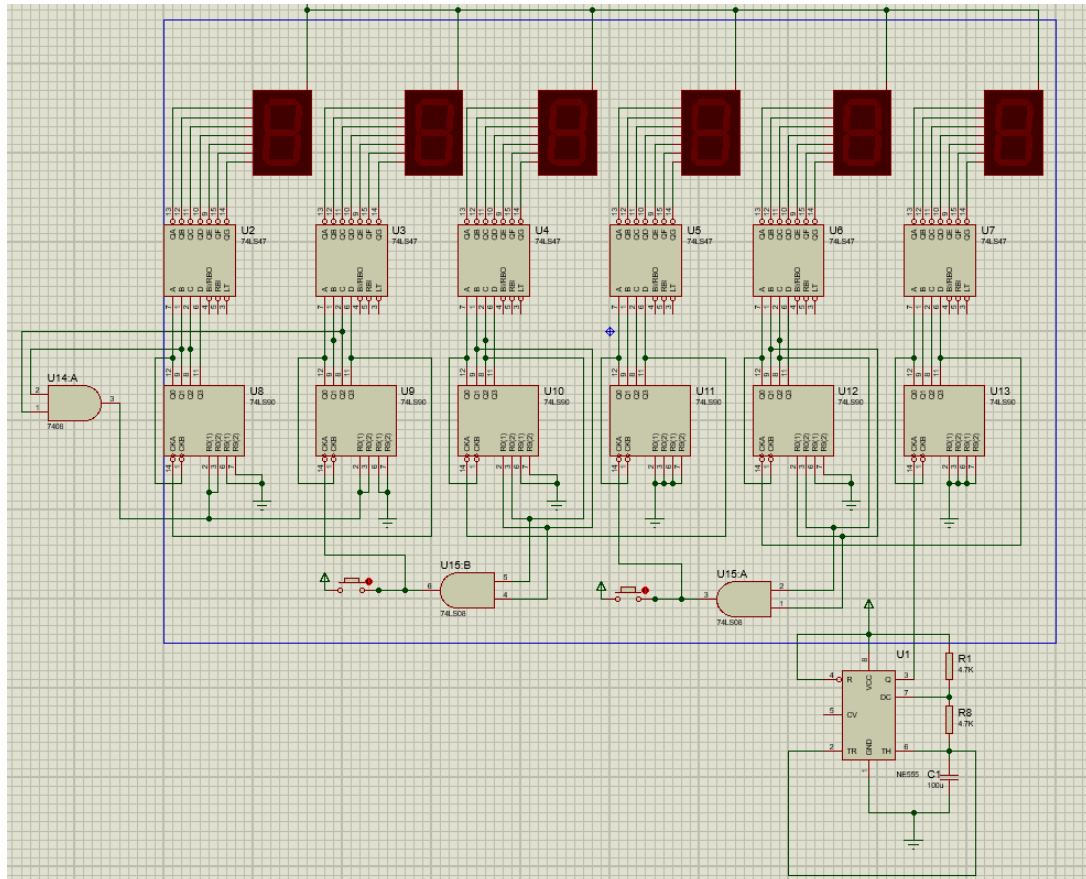


Figura 6 – Circuito do Relógio Digital

4 RESULTADOS

O circuito funcional de um relógio digital foi projetado, simulado e validado utilizando o software Proteus. O projeto contou com os seguintes componentes principais: oscilador de clock, contadores binários, decodificadores e displays de sete segmentos. Os resultados alcançados incluem:

- **Exibição correta do tempo:** Os displays de sete segmentos representaram com precisão os segundos, minutos e horas.
- **Funcionamento sincronizado:** O uso de divisores de frequência e contadores garantiu a correta transição entre os valores de tempo.
- **Resolução de problemas:** Durante a validação, foram ajustados erros no clock e resistores desnecessários, resultando na precisão do circuito final.

5 CONCLUSÃO

Ao desenvolver o relógio digital como parte da disciplina de Laboratório de Circuitos Digitais, tivemos a oportunidade de aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula. A construção do circuito, utilizando apenas componentes digitais, permitiu uma compreensão mais maior do funcionamento desses dispositivos e de suas importâncias no mundo da eletrônica.

A simulação no software Proteus foi, em um aspecto geral, bem agradável de se adaptar, tendo poucas dificuldades para operar o software, possibilitando a identificação e correção de erros de um a maneira bem fácil. A resolução de problemas, como a imprecisão do clock e o mau funcionamento dos displays do relógio, exigiu uma análise cuidadosa do circuito e a aplicação dos conceitos de eletrônica digital para solucionar os problemas.

O projeto do relógio digital não apenas atendeu aos requisitos da disciplina, mas também nos proporcionou uma visão geral dos dispositivos eletrônicos e da sua importância no mundo atual. Além disso, deixou espaço para futuras melhorias no projetos, como a criação de um protótipo físico do circuito que foi realizado e a implementação de funcionalidades adicionais, como alarmes e cronômetros.

REFERÊNCIAS

BRAGA, N. C. *Como funciona o relógio digital (ART532)*. Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.newtonbraga.com.br/como-funciona/3901-art532.html>. Acesso em: 21 nov. 2024.

ELECTRICITY-MAGNETISM. *Contadores binários*. [S.l.], 2015. Disponível em: <https://www.electricity-magnetism.org/pt-br/contadores-binarios/>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GUIMARÃES, F. *CI 555 - O que é e como funciona*. [S.l.], 2017. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/ci-555-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 21 nov. 2024.

ROCHA, M. A. *2024 PROJETO DE CONTADORES*: Segundo projeto - 2º semestre. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, nov. 2024.

SUNFOUNDER. *7-segment Display*. [S.l.], S.D. Disponível em: https://docs.sunfounder.com/projects/uno-mega-kit/en/latest/components/component_7_segment.html. Acesso em: 21 nov. 2024.