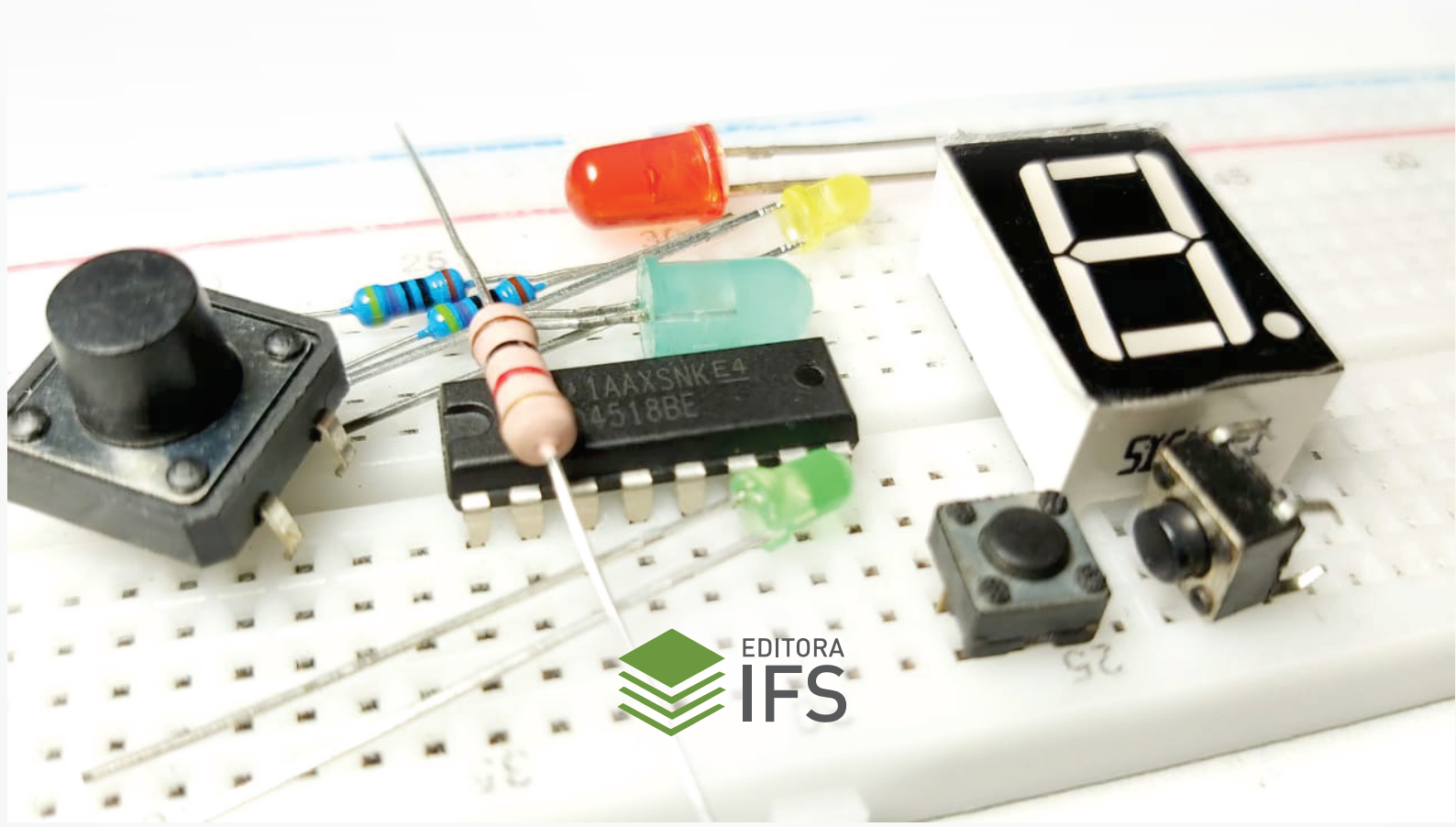


Ana Claudia de Melo Oliveira;
Ladjane Coelho dos Santos;
Jeane de Souza Costa;
Irai Tadeu Ferreira de Resende;
Gilderlan Rodrigues Oliveira;
Denilson Pereira Gonçalves;
Henrique Nunes de Santana;
Waldiney Giacomelli.

Guia de Práticas de ELETRÔNICA DIGITAL



Guia de Práticas de ELETRÔNICA DIGITAL

Aracaju
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe

Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação

Abraham Weintraub

Secretário da Educação Profissional e Tecnológica

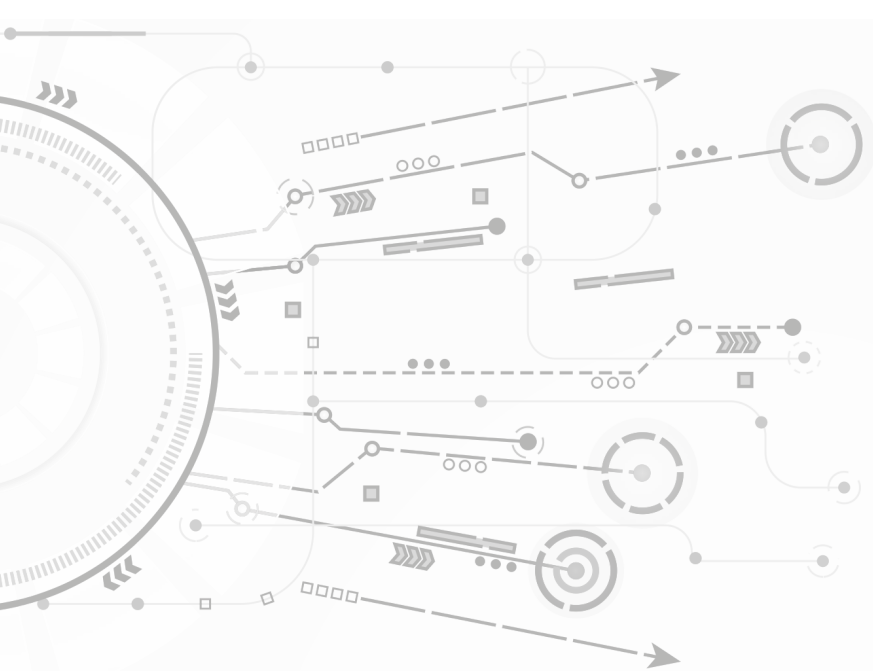
Ariosto Antunes Culau

Reitora do IFS

Ruth Sales Gama de Andrade

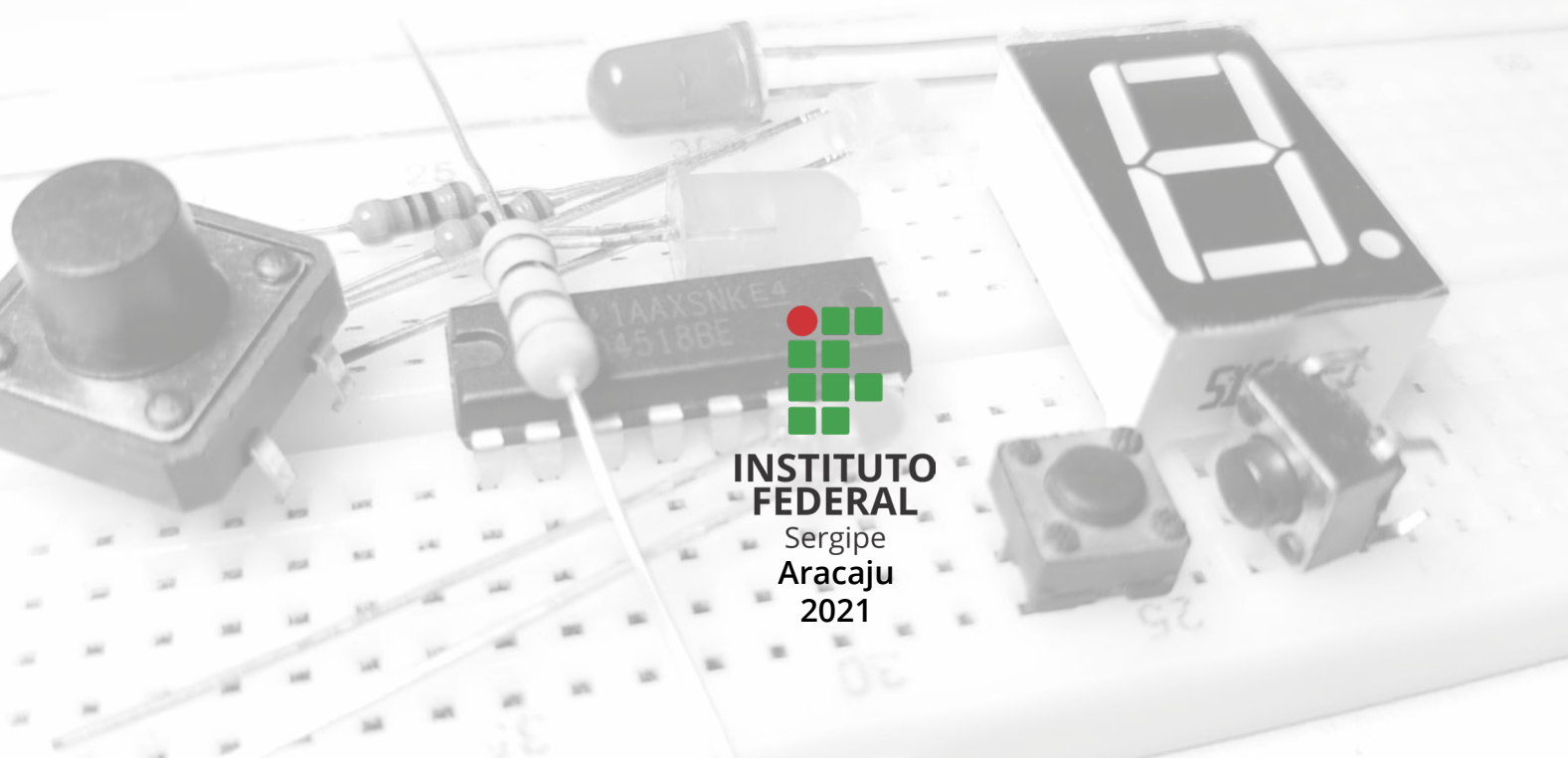
Pró-Reitora de Pesquisa e Extensão

Chirlaine Cristine Gonçalves



Ana Claudia de Melo Oliveira;
Ladjane Coelho dos Santos;
Jeane de Souza Costa;
Irai Tadeu Ferreira de Resende;
Gilderlan Rodrigues Oliveira;
Denilson Pereira Gonçalves;
Henrique Nunes de Santana;
Waldiney Giacomelli.

Guia de Práticas de ELETRÔNICA DIGITAL



**INSTITUTO
FEDERAL**
Sergipe
Aracaju
2021

Copyright© 2021 - IFS

Todos os direitos reservados para a Editora IFS. Nenhuma parte desse livro pode ser reproduzida ou transformada em nenhuma forma e por nenhum meio mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer sistema de armazenamento de informação, sem autorização expressa dos autores ou do IFS.

Editora-chefe (Coordenadora de Publicações)

Vanina Cardoso Viana Andrade

Planejamento e Coordenação Gráfica

Laryssa Mota Santos Silva

Projeto Gráfico da Capa

Laryssa Mota Santos Silva

Henrique Nunes de Santana (Fotografia)

Revisão

Danielle Silva Telles

Diagramação

Laryssa Mota Santos Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G943 Guia de práticas de eletrônica digital [recurso eletrônico]. / Ana Claudia de Melo Oliveira... [et al.]. - Aracaju: Editora IFS, 2021.
77p. : il. color

Formato: E-book

ISBN: 978-65-87114-43-9

1. Eletrônica Digital. 2. Guia Prático. 3. Circuitos Integrados. 4. Portas Lógicas.
I. Oliveira, Ana Claudia de Melo. II. Santos, Ladjane Coelho dos. III. Costa, Jeane de Souza. IV. Resende, Irai Tadeu Ferreira de. V. Oliveira, Gilderlan Rodrigues. VI. Gonçalves, Denilson Pereira. VII. Santana, Henrique Nunes de. VIII. Giacomelli, Waldiney [org].

CDU 681.5(036)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Kelly Cristina Barbosa CRB 5/1637

[2021]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS)

Avenida Jorge Amado, 1551. Loteamento Garcia, Bairro Jardins.

Aracaju/SE. CEP: 49025-330

TEL.: +55 (79) 3711-3222 / e-mail: edifs@ifs.edu.br

Impresso no Brasil

Conselho Científico

Chirlaine Cristine Gonçalves
Pró-reitora de Pesquisa e Extensão

Adeline Araújo Carneiro Farias
Área: Ciências Humanas

Jaime José da Silveira Barros Neto
Diretor de Pesquisa e Pós-graduação

Alexandre Santos de Oliveira
Área: Ciências Sociais Aplicadas

José Wellington Carvalho Vilar
Área: Ciências Exatas e da Terra

João Batista Barbosa
Área: Ciências Agrárias

Diego Lopes Coriolano
Área: Engenharias (titular)

Manoela Falcon Gallotti
Área: Linguística, Letras e Artes

Herbet Alves de Oliveira
Área: Engenharias (suplente)

Sheyla Alves Rodrigues
Área: Ciências Biológicas

Membros Externos

Flor Ernestina Martinez Espinosa -
FIOCRUZ

Eliane Maurício Furtado Martins - IF
Sudeste MG

Odélsia Leonor Sanchez de Alsina - UFCG

Zélia Soares Macedo - UFS

Mirian Sumica Carneiro Reis - UNILAB

Mario Ernesto Giroldo Valério - UFS

Claudio Cledson Novães - UEFS

Ana Aparecida Vieira de Moura - IFRR

Caique Jordan Nunes Ribeiro - UFS

Josilene de Souza - IFRN

Lucas Molina - UFS

Charles Dos Santos Estevam - UFS

Murilo Lopes Martins - IF Sudeste MG

Editoração

Kelly Cristina Barbosa - Bibliotecária

Produção Visual

Jéssika Lima Santos - Diagramador

Júlio César Nunes Ramiro - Técnico em Artes Gráficas

APRESENTAÇÃO

GUIA DE PRÁTICAS DE ELETRÔNICA DIGITAL

Ana Claudia de Melo Oliveira; Jeane de Souza Costa; Ladjane Coelho dos Santos; Iraí Tadeu Ferreira de Resende; Gilderlan Rodrigues Oliveira; Denilson Pereira Gonçalves; Henrique Nunes de Santana; Waldiney Giacomelli.

O livro Guia de práticas de Eletrônica Digital discorre sobre temas fundamentais para a compreensão de assuntos destinados às práticas em laboratório vinculadas à lógica combinacional e sequencial.

Essa obra é fruto de uma adequação de um Trabalho de Conclusão de Curso da discente Jeane de Souza Costa do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, Campus Lagarto, orientação da professora Dr^a. Ana Claudia de Melo Oliveira e co-orientação da professora Dr^a. Ladjane Coelho dos Santos. A elaboração desse guia de práticas contou também com a colaboração valiosa dos docentes do Campus Lagarto, Dr. Iraí Tadeu Ferreira de Resende, Dr. Gilderlan Rodrigues Oliveira, Me. Denilson Pereira Gonçalves, assim como também teve a colaboração de docentes de outros Campus, Me. Henrique Nunes de Santana do Campus Itabaiana e o docente Me. Waldiney Giacomelli do Campus Aracaju.

O conhecimento da eletrônica digital na teoria e na prática, é de fundamental importância para entendimento dos conceitos na área de informática, telecomunicações e atividades industriais. A elaboração do guia de práticas para a disciplina de eletrônica digital contribuirá de maneira significativa para os alunos dos Cursos Superiores de Tecnologia em Automação Industrial, Bacharelado em Engenharia Elétrica e cursos técnicos de áreas afins. Diante dessa necessidade, surgiu a ideia de realizar esse guia com atividades práticas na área, para melhorar o rendimento do aluno e propor melhor agilidade e organização no momento da separação do material para a execução da prática. Ao término de cada experimento será solicitado um relatório para cada prática, onde no final do livro (Anexo) consta um modelo de elaboração de relatório, facilitando dessa forma a confecção do mesmo e possibilitando que o aluno exponha suas dificuldades para que assim possam ser discutidas em sala de aula e posteriormente aprimorar seus conhecimentos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Identificação da pinagem dos circuitos integrados	17
Figura 1.2 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta AND.....	19
Figura 1.3 - (a) Circuito lógico (AND) e (b) Configuração do CI 74LS08 ou 4081.....	19
Figura 1.4 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta OR.....	20
Figura 1.5 - (a) Circuito lógico (OR) e (b) Configuração do CI 74LS32 ou 4071	20
Figura 1.6 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta NOT.....	21
Figura 1.7 - (a) Circuito lógico (NOT) e (b) Configuração do CI 74LS04 ou 4069.....	21
Figura 1.8 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta NAND	21
Figura 1.9 - (a) Circuito lógico (NAND) e (b) Configuração do CI 74LS00 ou 4011 ..	22
Figura 1.10 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta NOR.	22
Figura 1.11 - (a) Circuito lógico (NOR) e (b) Configuração do CI 74LS02 ou 4001 ...	23
Figura 1.12 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta XOR.....	23
Figura 1.13 - (a) Circuito lógico (XOR) e (b) Configuração do CI 74LS86 ou 4070....	24
Figura 1.14 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta XNOR	24
Figura 1.15 - (a) Circuito lógico (XNOR) e (b) Configuração do CI 74LS266 ou 4077.....	25
Figura 1.16 - Circuito lógico para teste com a porta NOR.....	26
Figura 2.1 - Circuito Pisca-Pisca com 74LS00 ou 4011	30
Figura 2.2 - Configuração do CI 74LS00 ou 4011	30
Figura 3.1 - Circuito lógico Meio Somador	34
Figura 3.2 - Circuito lógico Meio Subtrator	35
Figura 3.3 - Circuito lógico Somador completo	36
Figura 3.4 - Circuito lógico Subtrator completo	37
Figura 4.1- Configuração interna do display 7 segmentos. (a) Ânodo comum; (b) Cátodo comum	40
Figura 4.2– Decodificador CD4511 e display 7 segmentos cátodo comum	41
Figura 4.3 - Formato dos dígitos no display de 7 segmentos	42
Figura 4.4 - Pinagem do decodificador CD4511.....	42
Figura 5.1 - Simbologia do Flip-flop JK.....	46
Figura 5.2 - Configuração do contador 74LS90	47
Figura 5.3 - Diagrama Funcional em blocos do CI 74LS90	48
Figura 5.4 - Configuração da montagem do CI 74LS90 conectado ao CI CD4511 ..	50
Figura 5.5 - Gerador de clock com CI 555.....	51
Figura 5.6 - Configuração do CI 555.....	51

subida ou (b) por uma borda de descida	53
Figura 6.2 - Flip-Flop (a) JK e (b) D	54
Figura 6.3 - Configuração do Flip-Flop tipo D 7474.....	55
Figura 6.4 - Circuito com Flip-Flop tipo D 7474	55
Figura 7.1 - (a) Diagrama de pinos e (b) símbolo lógico do CI 74LS151	58
Figura 7.2 - Circuito com CI 74LS151	59
Figura 7.3 - Sequenciador de controle de 7 passos.....	61
Figura 8.1 - Diagrama de pinos do CI 74LS155	64
Figura 8.2 - Circuito com CI 74LS155	65
Figura 8.3 - Sistema de monitoração de segurança.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Tabela verdade (AND)	19
Tabela 1.2 - Tabela verdade (OU).....	20
Tabela 1.3 - Tabela verdade (NOT)	21
Tabela 1.4 - Tabela verdade (NAND).....	22
Tabela 1.5 - Tabela verdade (NOR)	23
Tabela 1.6 - Tabela verdade (XOR)	24
Tabela 1.7 - Tabela verdade (XNOR)	25
Tabela 1.8 - Tabela verdade da expressão booleana (Y).....	25
Tabela 1.9 - Tabela verdade (teste com porta NOR)	26
Tabela 2.1 – Tabela verdade do CI 74LS00.....	31
Tabela 3.1 - Circuito lógico Meio somador	34
Tabela 3.2- Circuito lógico Meio subtrator.....	35
Tabela 3.3 - Circuito lógico Somador Completo	36
Tabela 3.4 - Circuito lógico Subtrator Completo	37

Tabela 4.1 - Comportamento do decodificador CD4511	43
Tabela 5.1 - Tabela de contagem do CI 74LS90	48
Tabela 5.2 - Tabela de reset/contagem do CI 74LS90.....	49
Tabela 6.1 - Funcionamento das entradas e saídas do CI 7474	56
Tabela 7.1 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS151 (referência).....	60
Tabela 7.2 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS151 (comparativa)	60
Tabela 8.1 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS155 (referência).....	65
Tabela 8.2 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS155 (comparativa)	66

LISTA DE SIGLAS

TTL: Lógica de Transistores e Transistores

CMOS: Metal-óxido Semicondutor Complementar

AND: E

OR: Ou

NOT: Não

NAND: Não E

NOR: Não Ou

MUX: Multiplexador

DEMUX: Demultiplexador

CI: Circuito integrado

LED: Diodo emissor de luz

DC: Corrente contínua

ULA: Unidade Lógica Aritmética

BCD: Decimal codificado em binário

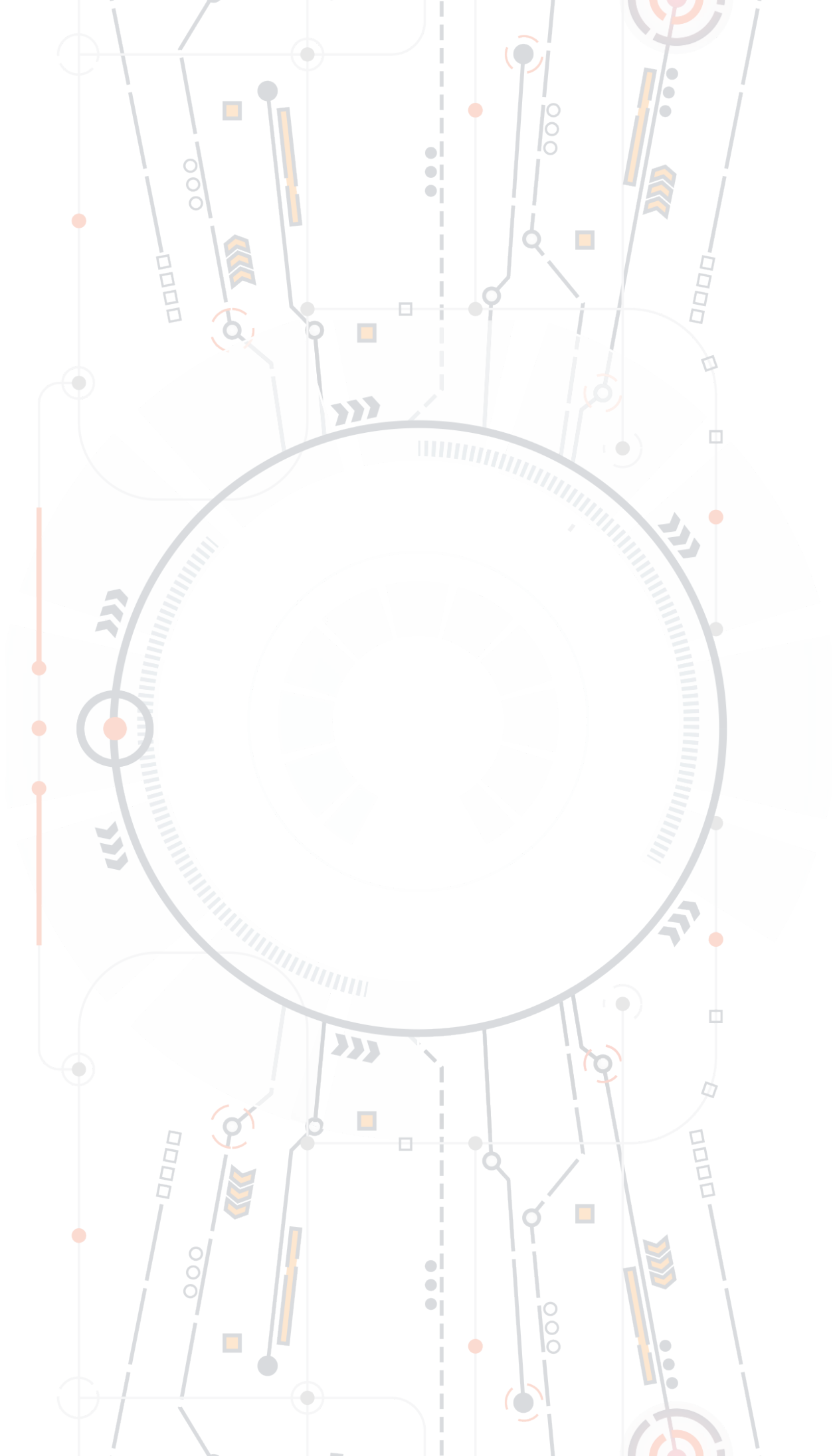
FF: Flip-Flop

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
EXPERIMENTO Nº1 – PORTAS LÓGICAS.....	16
OBJETIVOS	17
MATERIAL EXPERIMENTAL	17
PROCEDIMENTO	18
EXPERIMENTO Nº2 – PISCA-PISCA 7400 (Aplicação).....	28
OBJETIVOS	29
MATERIAL EXPERIMENTAL	29
PROCEDIMENTO	29
EXPERIMENTO Nº3 – CIRCUITOS ARITMÉTICOS.....	32
OBJETIVO.....	33
MATERIAL EXPERIMENTAL	33
PROCEDIMENTO	34
Circuito Lógico (Meio Somador).....	34
Circuito Lógico (Meio Subtrator)	35
Circuito Lógico (Somador Completo)	36
Circuito Lógico (Subtrator Completo)	37
EXPERIMENTO Nº4 – DECODIFICADORES.....	39
OBJETIVOS	40
MATERIAL EXPERIMENTAL	41
PROCEDIMENTO	41



EXPERIMENTO N°5 – CONTADORES	45
OBJETIVOS	47
MATERIAL EXPERIMENTAL	47
PROCEDIMENTO	47
Montagem.....	49
 EXPERIMENTO N°6 – FLIP-FLOP TIPO D.....	52
OBJETIVO.....	54
MATERIAL EXPERIMENTAL	54
PROCEDIMENTO	54
 EXPERIMENTO N°7 – MULTIPLEXADORES.....	57
OBJETIVO.....	58
MATERIAL EXPERIMENTAL	58
PROCEDIMENTO	58
Curiosidade: Aplicação de multiplexadores na indústria.....	61
 EXPERIMENTO N°8 – DEMULTIPLEXADORES.....	63
OBJETIVO.....	64
MATERIAL EXPERIMENTAL	64
PROCEDIMENTO	64
Curiosidade: Aplicação de demultiplexadores na indústria	66
 EXPERIMENTO N°9 – PROJETO FINAL DA DISCIPLINA (INSTRUÇÕES)...	68



INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia está presente diretamente nas atividades diárias do ser humano, os processos industriais estão presentes desde alimentação ao entretenimento. A digitalização das informações, a ampliação da capacidade de armazenamento de informações, o aumento da velocidade de processamento dos computadores, a miniaturização dos componentes são alguns exemplos dos desafios a serem vencidos na tecnologia (GARCIA e MARTINI, 2018).

Nesse trabalho, o termo “Guia de Práticas” tem um sentido amplo, incluindo atividades laboratoriais, definição de componentes eletrônicos, assim como assuntos abordados na disciplina de eletrônica digital, beneficiando tanto os professores como os alunos dos cursos Superiores de Engenharia Elétrica e Tecnologia em Automação Industrial como também dos cursos técnicos de áreas afins.

Esse guia tem como objetivo promover ao aluno a habilidade de desenvolver práticas experimentais de maneira eficiente, garantindo e consolidando o aprendizado do aluno.

Trata-se de um guia formado por 8 experiências com estrutura prática, constituídas das seguintes etapas: breve introdução teórica sobre cada tema, objetivos, material experimental utilizado e o procedimento da experiência.

Dentre os assuntos abordados, o presente trabalho dar-se início com as portas-lógicas, as quais têm informações básicas sobre os princípios da eletrônica digital. As famílias lógicas utilizadas estão divididas em dois grandes grupos: Lógica de Transistores e Transistores (TTL) e Transistores de efeito de Campo MOS canal N e canal P (CMOS); logo a família TTL funciona com tensão de alimentação padronizada em 5V e são disponibilizadas em duas versões: a comercial, cuja nomenclatura da série inicia-se com 74XX e a versão militar com a série 54XX. A família CMOS, possui como principal característica a flexibilidade de operar com tensões que se estende de 3 à 15V e mantém a mesma pinagem dos circuitos integrados da família TTL (CARVALHO e SILVA, 2015).

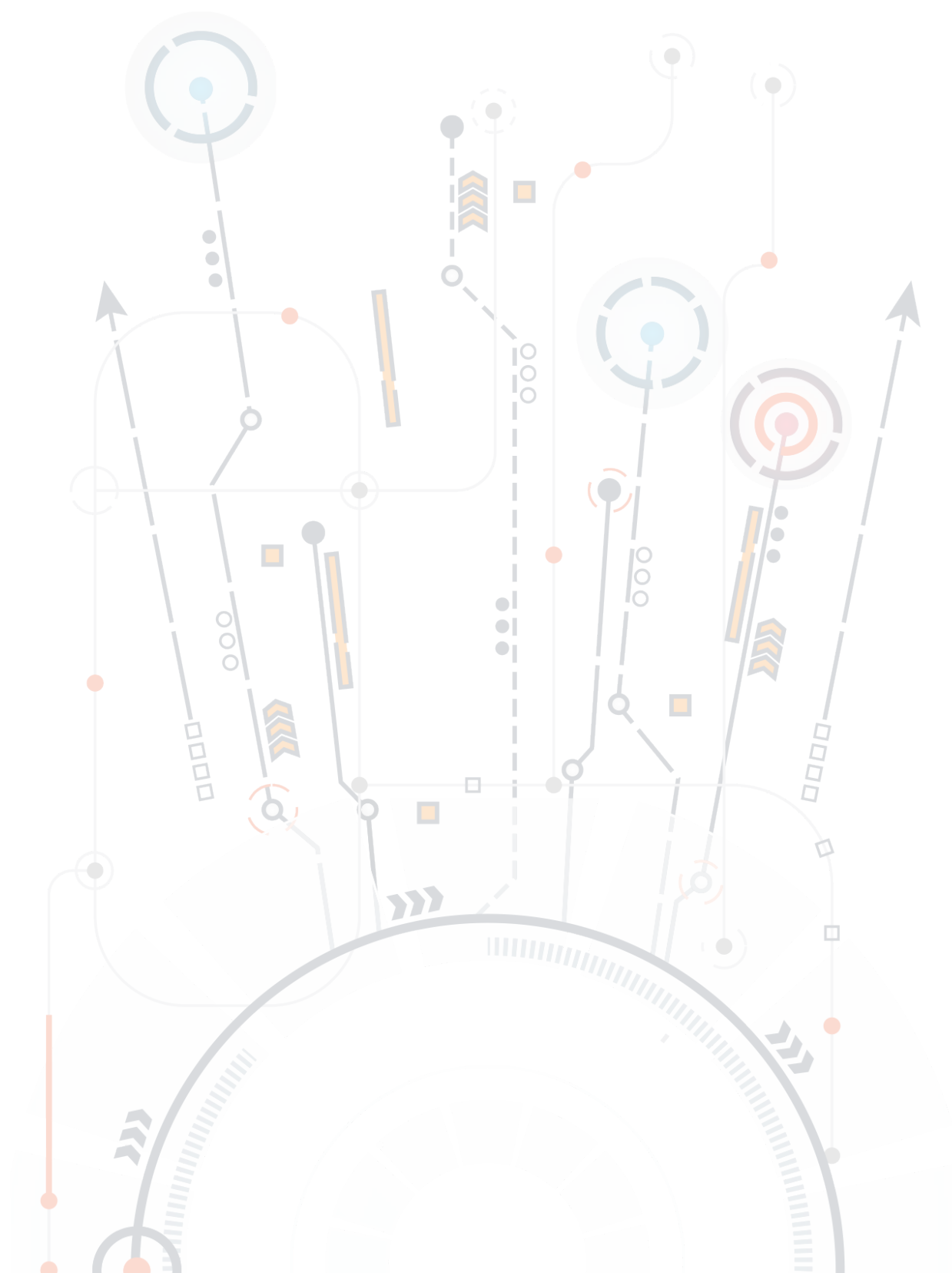
Na configuração de um circuito digital, o sinal aparece na forma de um pulso elétrico, ou seja, somente existem dois níveis de tensão: nível alto (presença do pulso) e nível baixo (ausência do pulso). Logo, o nível alto é chamado de “1”, e o baixo, de “0”. A menor unidade correspondente à informação que pode ser armazenada ou transmitida é chamada de bit (SZAJNBERG e MORDKA, 2014).

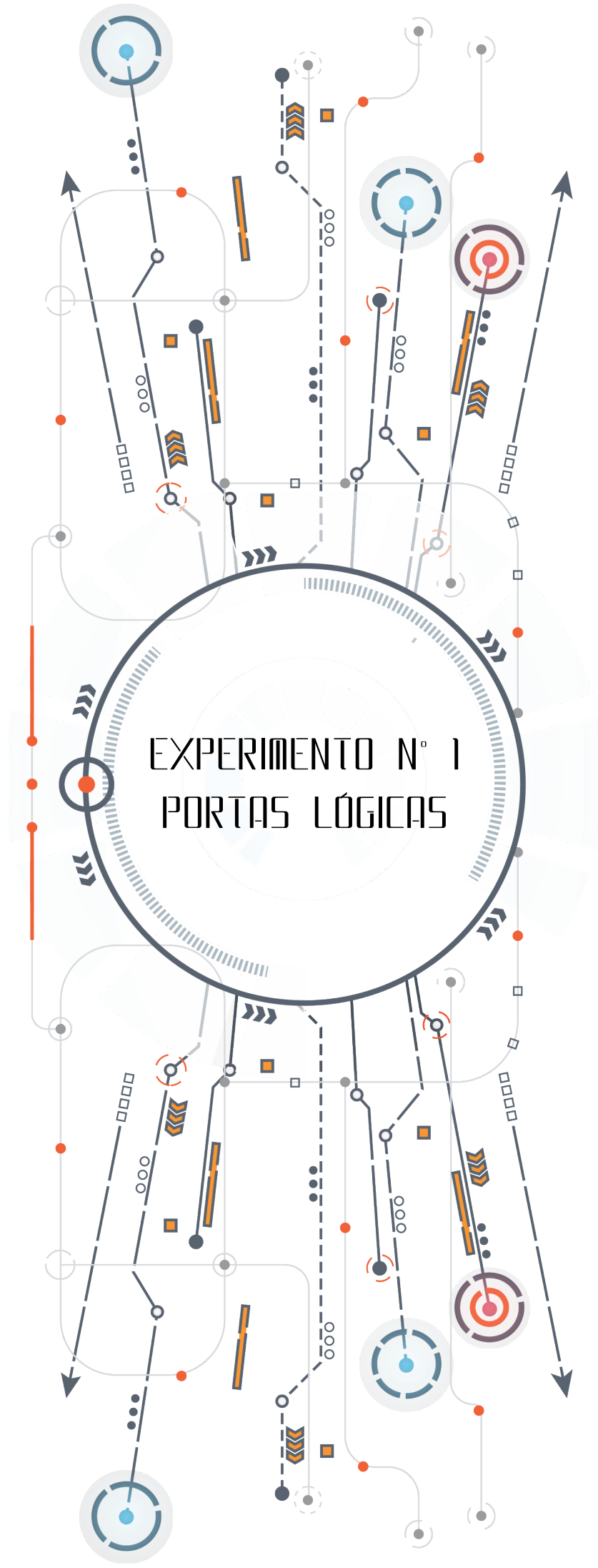
O guia também relata os circuitos aritméticos, que demonstram atividades com operações lógicas elementares, trabalhando com números binários, efetuando adição e subtração dos mesmos. Também são demonstradas experiências com o uso de decodificadores, contadores e flip-flops, que estão normalmente interligados nas suas

aplicações. Os flip-flops armazenam resultados temporários e suas principais aplicações são os registradores e contadores. Os decodificadores são capazes de transformar sinais binários em sinais decimais, já os contadores, por sua vez, possuem estruturas sequenciais, realizando transições de forma sincronizada ou não.

Por último, os multiplexadores (MUX) e demultiplexadores (DEMUX), que são circuitos que funcionam realizando operações combinacionais, muito utilizadas nos computadores, comunicações e sistemas digitais. O multiplexador é um dispositivo que seleciona uma das entradas de dados para a saída em função das entradas de endereçamento, já o demultiplexador endereça apenas uma única entrada de dados para uma das saídas.

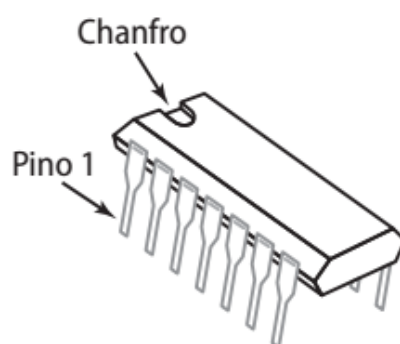
Enfim, conclui-se que o guia atende as necessidades do professor e do aluno, no sentido de priorizar sua interação com o laboratório, desde que se adquira o embasamento teórico necessário para a realização da parte experimental.





Sabe-se que todos os circuitos digitais, por mais complexos que sejam, são obtidos através de portas lógicas. As portas lógicas, por sua vez, não são encontradas comercialmente de uma forma discreta (como os resistores) e sim encapsuladas em circuitos Integrados – CI’s. Todo circuito integrado possui um conjunto de contatos externos, denominados “pinos” (pins ou ainda terminais), cada qual com sua função específica. Os pinos são numerados a partir do chanfro ou rebaixo que fica na parte externa do componente, a partir do número “1” no sentido anti-horário, conforme apresentado na Figura 1.1 (NETO e OLIVEIRA, 2020). Todo circuito integrado possui um manual (folha de dados) no qual a função de cada um de seus pinos está descrita no mesmo. Os CI’s que implementam funções lógicas podem possuir uma ou mais portas, geralmente todas de uma mesma função.

Figura 1.1 - Identificação da pinagem dos circuitos integrados



Fonte: TOKHEIM, 2013

OBJETIVOS

- Familiarizar-se com o uso de circuitos integrados no que se refere a sua identificação e pinagens;
- Utilizar circuitos integrados na construção de funções lógicas;
- Utilizar o LED como verificador de estado lógico;
- Realizar montagem e testar o funcionamento do circuito.

MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC (TTL: 5V);
- Resistor: 470Ω;

- LED's;
- Circuitos integrados TTL (74LSXX) ou CMOS referentes à cada porta lógica;
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital.

PROCEDIMENTO

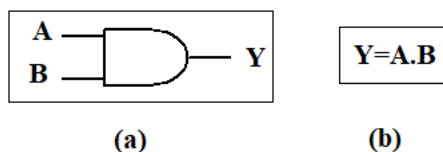
► Teste o funcionamento das portas lógicas abaixo, seguindo os seguintes procedimentos:

- Preencha a tabela verdade para auxílio na verificação prática;
- Inserir nível alto (1) ou baixo (0) em uma das entradas do circuito integrado de acordo com as condições da tabela verdade;
- A alimentação do circuito deverá ser em 5V (TTL) corrente contínua, caso possua CI da família CMOS pode usar também, pois a pinagem é a mesma da família TTL;
- Verifique o nível lógico na saída de cada porta lógica de acordo com as condições da tabela verdade;
- IMPORTANTE:** Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.
- Fotografe todos os resultados, e os inclua no relatório final.

• Porta AND (E)

No funcionamento da porta AND, a saída é igual a “1” se todas as entradas estiverem em nível alto “1”. A saída é igual a “0” se ao menos uma entrada for “0”, se todas as entradas não forem “1” (CAPUANO e IDOETA, 2012). O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS08 e na família CMOS é o 4081 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e funcionamento da porta AND conforme apresentados na Figura 1.2, Tabela 1.1 e na Figura 1.3 respectivamente.

Figura 1.2 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta AND



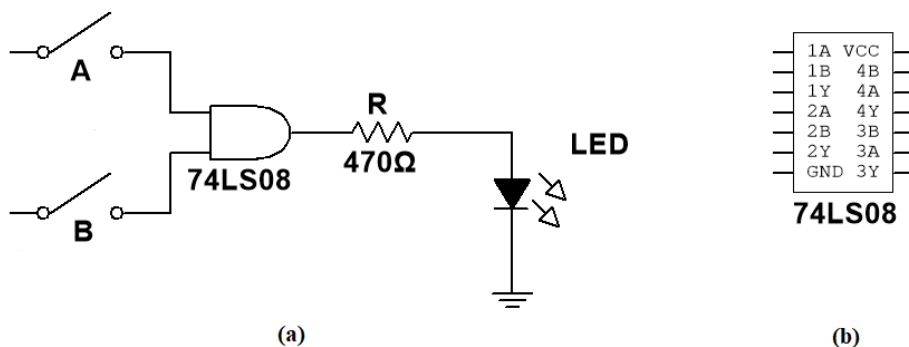
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.1 - Tabela verdade (AND)

Condição	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020

Figura 1.3 - (a) Circuito lógico (AND) e (b) Configuração do CI 74LS08 ou 4081

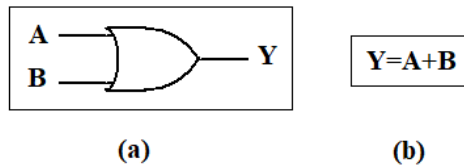


Fonte: Autores, 2020

• Porta OR (OU)

No funcionamento da porta OR, a saída é igual a “1” se pelo menos uma das entradas estiver em nível alto “1”. A saída é igual a “0” se nenhuma entrada for “1”, todas forem “0” (CAPUANO e IDOETA, 2012). O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS32 e na família CMOS é o 4071 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e funcionamento da porta OR conforme apresentados na Figura 1.4, Tabela 1.2 e na Figura 1.5 respectivamente.

Figura 1.4 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta OR



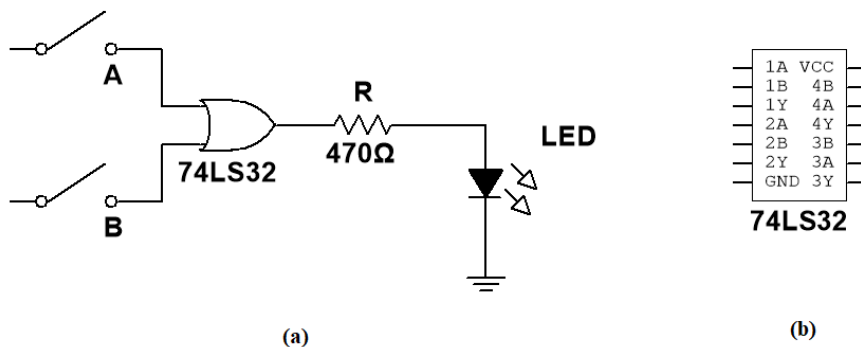
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.2 - Tabela verdade (OU)

Condição	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020

Figura 1.5 - (a) Circuito lógico (OR) e (b) Configuração do CI 74LS32 ou 4071

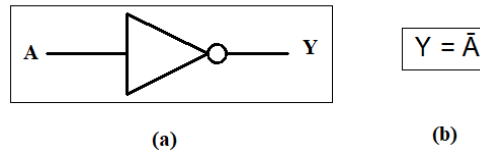


Fonte: Autores, 2020

• Porta NOT (NÃO)

No funcionamento da porta NOT, para um determinado valor na entrada, a saída possui um valor contrário ao da entrada. Se a entrada estiver em nível alto “1”, a saída será “0”. Se a entrada for “0”, a saída será “1”, ou seja, para um valor na entrada a saída será seu complemento, ou o inverso do valor na entrada (CAPUANO e IDOETA, 2012). O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS04 e na família CMOS é o 4069 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e o funcionamento da porta NOT conforme apresentados na Figura 1.6, Tabela 1.3 e na Figura 1.7 respectivamente.

Figura 1.6 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta NOT



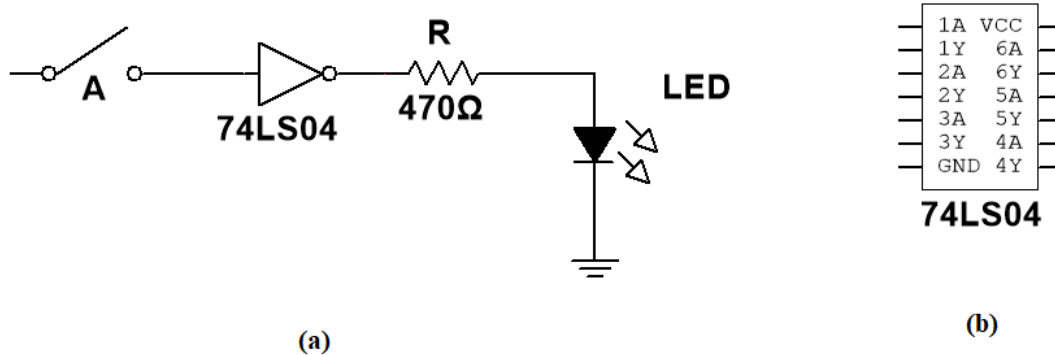
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.3 - Tabela verdade (NOT)

C o n d i ç ã o	Entrada	Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	Y	Y
0			
1			

Fonte: Autores, 2020

Figura 1.7 - (a) Circuito lógico (NOT) e (b) Configuração do CI 74LS04 ou 4069

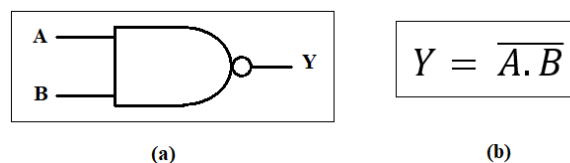


Fonte: Autores, 2020

• Porta NAND (NÃO E)

No funcionamento da porta NAND, a saída é igual a “0” se todas as entradas estiverem em nível alto “1”. A saída é igual a “1” se ao menos uma entrada for “0”, se todas as entradas não forem “1”. O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS00 e na família CMOS é o 4011 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e o funcionamento da porta NAND conforme apresentados na Figura 1.8, Tabela 1.4 e na Figura 1.9 respectivamente.

Figura 1.8 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta NAND



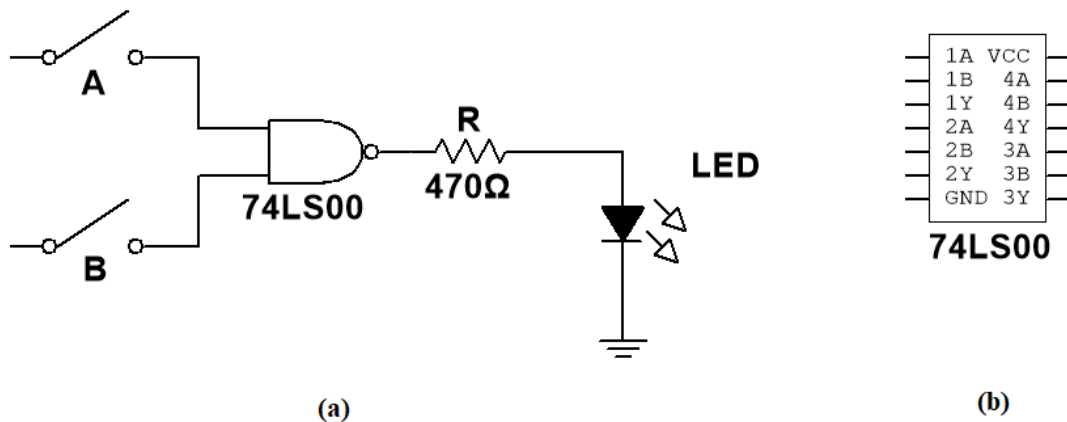
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.4 Tabela verdade (NAND)

C o n d i ç ã o	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020

Figura 1.9 - (a) Circuito lógico (NAND) e (b) Configuração do CI 74LS00 ou 4011

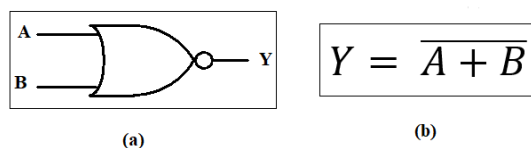


Fonte: Autores, 2020

• Porta NOR (NÃO OU)

No funcionamento da porta NOR, a saída é igual a 0 se pelo menos uma das entradas for 1. A saída é igual a 1 se nenhuma entrada for 1, todas forem zero. O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS02 e na família CMOS é o 4001 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e o funcionamento da porta NOR conforme apresentados na Figura 1.10, Tabela 1.5 e na Figura 1.11 respectivamente.

Figura 1.10 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta NOR.



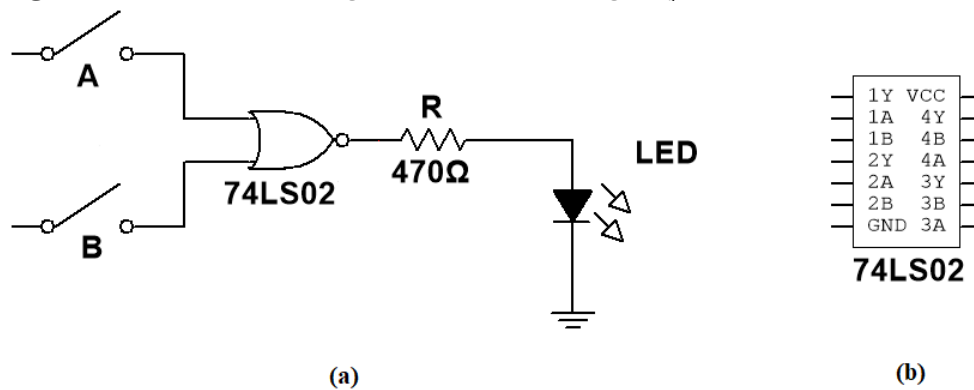
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.5 - Tabela verdade (NOR)

Condição	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020.

Figura 1.11 - (a) Circuito lógico (NOR) e (b) Configuração do CI 74LS02 ou 4001

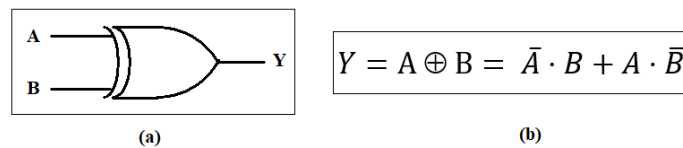


Fonte: Autores, 2020

• Porta XOR (OU Exclusivo)

No funcionamento da porta XOR, a saída é igual a 0 se todas as variáveis de entradas forem iguais. A saída é igual a 1 quando as variáveis de entrada forem distintas entre si (CAPUANO e IDOETA, 2012). O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS86 e na família CMOS é o 4070 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e o funcionamento da porta XOR conforme apresentados na Figura 1.12, Tabela 1.6 e na Figura 1.13 respectivamente.

Figura 1.12 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta XOR



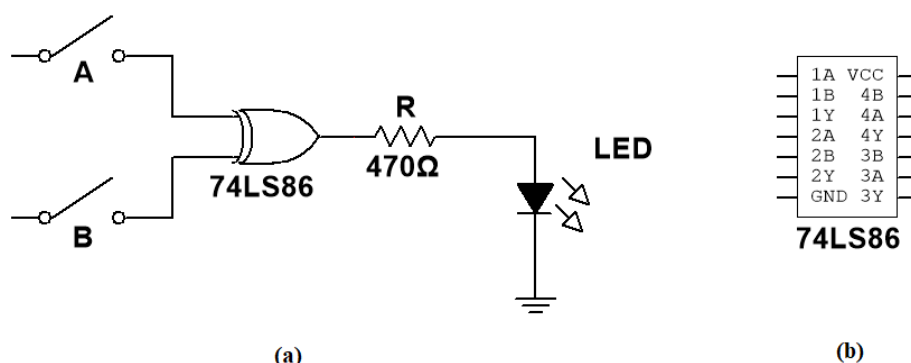
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.6 - Tabela verdade (XOR)

Condição	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020

Figura 1.13 - (a) Circuito lógico (XOR) e (b) Configuração do CI 74LS86 ou 4070

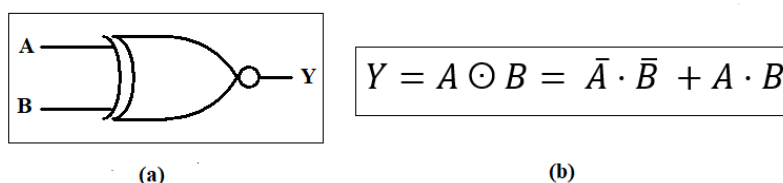


Fonte: Autores, 2020

• Porta XNOR (NÃO OU Exclusivo)

No funcionamento da porta XNOR, a saída é igual a 0 se todas as variáveis de entradas forem distintas. A saída é igual a 1 quando as variáveis de entrada forem iguais (CAPUANO e IDOETA, 2012). O circuito integrado mais comum na família TTL é o 74LS266 e na família CMOS é o 4077 (CARVALHO e SILVA, 2015). Segue a simbologia, expressão e o funcionamento da porta XNOR conforme apresentados na Figura 1.14, Tabela 1.7 e na Figura 1.15 respectivamente.

Figura 1.14 - (a) Simbologia e (b) Expressão da Porta XNOR



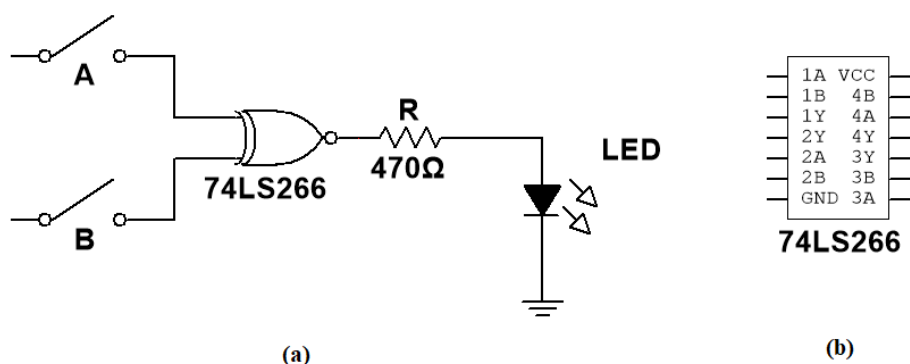
Fonte: Autores, 2020

Tabela 1.7 - Tabela verdade (XNOR)

Condição	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020

Figura 1.15 - (a) Circuito lógico (XNOR) e (b) Configuração do CI 74LS266 ou 4077



Fonte: Autores, 2020

► De acordo com a expressão booleana (Y) monte o circuito lógico a seguir através de circuitos integrados referentes a cada porta lógica e preencha a Tabela 1.8. Segue a expressão booleana (Y).

Expressão booleana	
Quantos CI's serão utilizados para realização da montagem? Cite quais.	

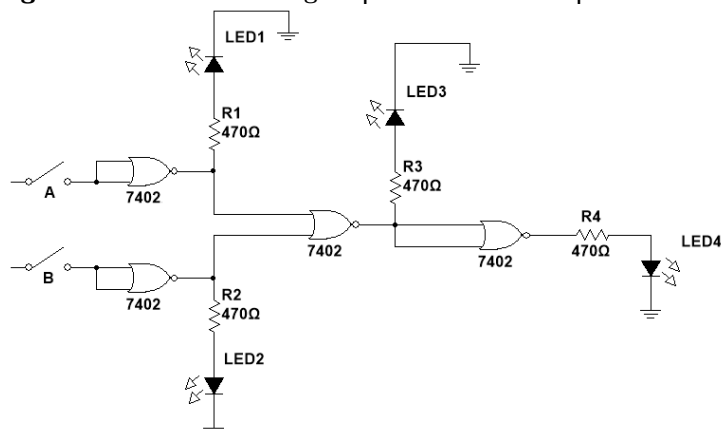
Tabela 1.8 - Tabela verdade da expressão booleana (Y)

Condição	Entradas		Saída (teórica)	Saída (prática)
	A	B	Y	Y
0				
1				
2				
3				

Fonte: Autores, 2020

► No circuito da Figura 1.16, execute os seguintes procedimentos a seguir:

Figura 1.16 - Circuito lógico para teste com a porta NOR



Fonte: Autores, 2020

- Identifique e numere as portas do CI 74HC02;
- Após esta identificação escreva os números dos pinos da porta correspondente do CI 74HC02;
- Escreva na 2ª linha abaixo de cada porta, a expressão que está saindo de cada uma delas;
- Faça as ligações indicadas na Figura 1.16;
- Opere as chaves A e B conforme indicado nas duas primeiras colunas da Tabela 1.9;
- Preencha a Tabela 1.9 com "0" e "1" para os estados dos LEDs correspondentes.

Tabela1.9 - Tabela verdade (teste com porta NOR)

Condição	Entradas		Saída Porta 1	Saída Porta 2	Saída Porta 3	Saída Porta 4
	A	B	Y	Y	Y	Y
0						
1						
2						
3						

Fonte: Autores, 2020

Logo em seguida responda:

a) Qual a relação entre o Led1 e a chave A e do Led2 com a chave B?

b) O led3 apresenta os valores corretos da função NOR?

c) Qual a relação do Led4 com o Led3?

► Anexar relatório à experiência, detalhando:

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem dos CI's;
- Tabelas preenchidas;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.



O circuito integrado (CI) 7400 é formado por tecnologia TTL (transistor-transistor-logic), ou seja, Lógica transistor-transistor. O CI 7400 é representado pela função (NÃO E), essa função executa a “multiplicação” lógica de duas ou mais entradas digitais, também chamadas de variáveis booleanas, para então obtermos o valor de sua saída, onde é considerada “falsa” se, e somente se, todas as entradas possuírem nível lógico alto “1” (HAUPT e DACHI, 2018).

OBJETIVOS

- Familiarizar-se com o uso de circuitos integrados no que se refere a sua identificação e suas pinagens;
- Utilizar Circuitos Integrados na construção de funções lógicas básicas;
- Utilizar o LED como verificador de estado lógico;
- Entender a função dos capacitores no circuito;
- Realizar montagem e testar o funcionamento do circuito.

MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC (TTL: 5V);
- Resistores: 4,7K Ω ; 100 Ω ;
- LEDs: 2;
- Capacitores eletrolíticos C_1 e C_2 (10 μ F à 220 μ F);
- Circuito integrado TTL (74LS00) ou CMOS (4011);
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital.

PROCEDIMENTO

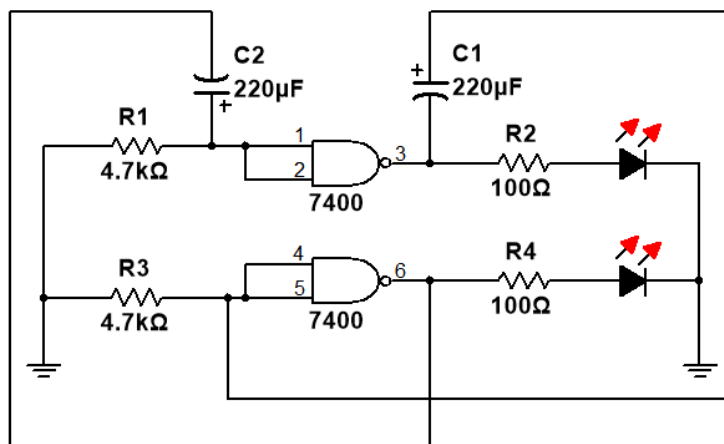
► A frequência das piscadas dos LEDs é determinada pelos capacitores eletrolíticos C_1 e C_2 cujos valores podem ficar entre 10 μ F e 220 μ F. A alimentação é direta se a tensão da fonte for de 5V. Apenas metade do circuito integrado é usado, o que significa dizer que outro

pisca-pisca semelhante pode ser “montado” entre os pinos 8 e 13.

a) Monte o circuito da Figura 2.1 e observe a frequência das piscadas conforme variação dos capacitores;

b) IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

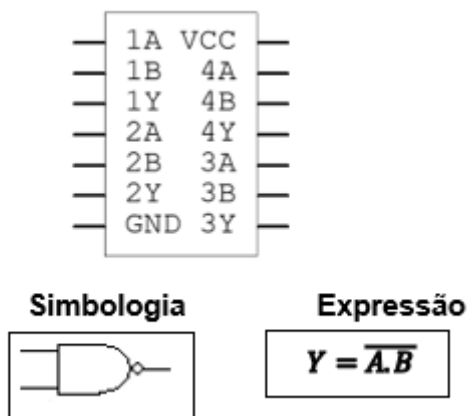
Figura 2.1 - Circuito Pisca-Pisca com 74LS00 ou 4011



Fonte: Autores, 2020

c) **ATENÇÃO:** A alimentação do circuito integrado é no pino 7 (zero = GND, nível baixo) e no pino 14 (5V) (um = Vcc, nível alto), conforme configuração do CI 74LS00 da Figura 2.2.

Figura 2.2 - Configuração do CI 74LS00 ou 4011



Fonte: Autores, 2020

Tabela 2.1 – Tabela verdade do CI 74LS00

Condição	Entradas		Saída
	A	B	Y
0	0	0	0
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	1

Fonte: Autores, 2020

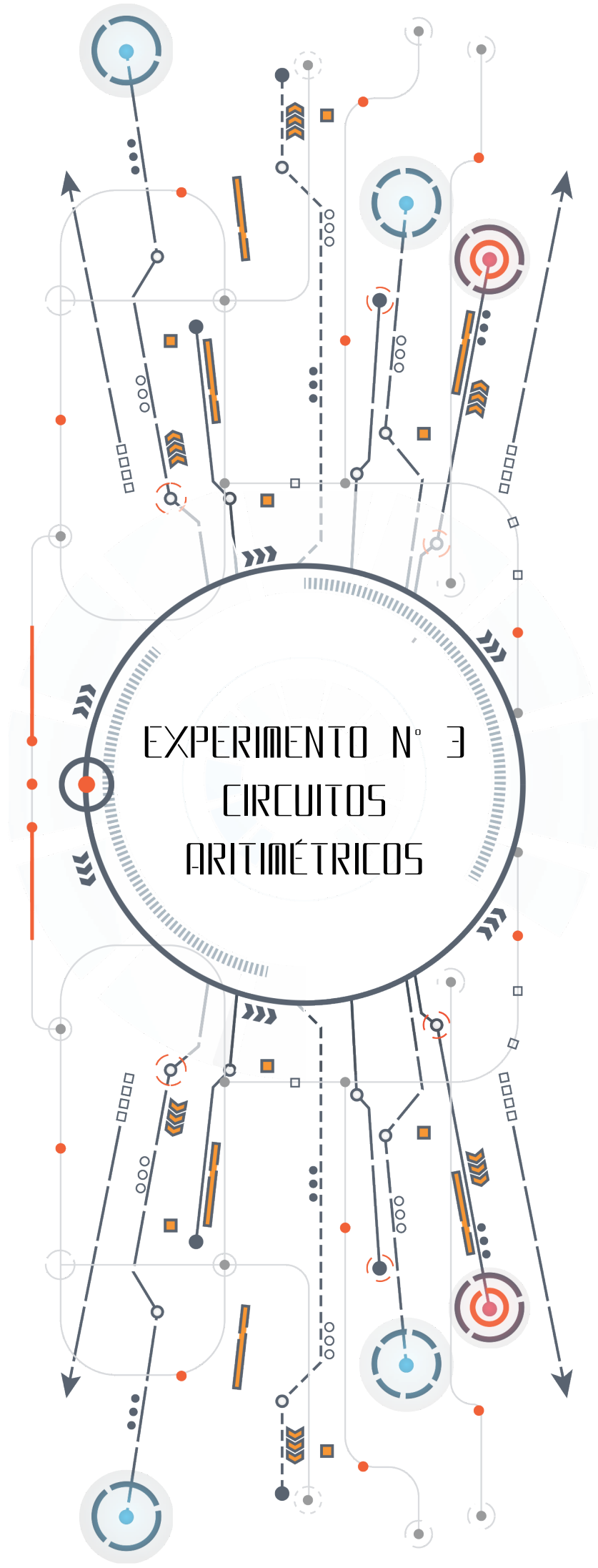
d) Quais foram os capacitores escolhidos? Ao realizar alterações de valores de capacitores explique o que ocorre no circuito.

Resp.: _____

► **Anexar relatório à experiência, detalhando:**

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem do CI;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.



São circuitos combinacionais que realizam operações aritméticas com números binários. Utilizados para construção da ULA (Unidade Lógica Aritmética) de microprocessadores e ainda também encontrados em circuitos integrados comerciais (CAPUANO e IDOETA, 2012).

A vantagem de sistemas digitais é que todas as quantidades podem ser manipuladas rapidamente usando operações numéricas. A ação conjunta da Unidade de Processamento Central (CPU) com a Unidade Lógica Aritmética (ULA) permite realizar as operações de adição, subtração, multiplicação e divisão de números binários as quais são executadas pelos circuitos aritméticos na maioria dos equipamentos digitais. Existem dispositivos mais flexíveis tais como as unidades aritméticas e lógicas “ULA” que são fornecidas na forma de CI´s, e que podem executar diversos tipos de operações, as quais são selecionadas por entradas programáveis (TOKHEIM, 2013).

Os principais circuitos são: meio somador, somador completo, meio subtrator, subtrator completo e somador/subtrator.

Somador Completo: Realiza a soma de números de mais de 1 bit.

Meio Somador: Possibilita a soma de 2 números binários de 1 bit.

Subtrator Completo: Realiza subtração de números de mais de 1 bit.

Meio Subtrator: Possibilita a subtração de 2 números binários de 1 bit.

OBJETIVO

Desenvolver a compreensão de circuitos aritméticos (meio somador e meio subtrator) a partir de portas lógicas.

MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC (TTL: 5V);
- 2 Resistores: 1K Ω ;
- LED's: 2;
- Circuitos integrados TTL 7486 (OU exclusivo), 7408 (AND) e 7404 (NOT);
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital.

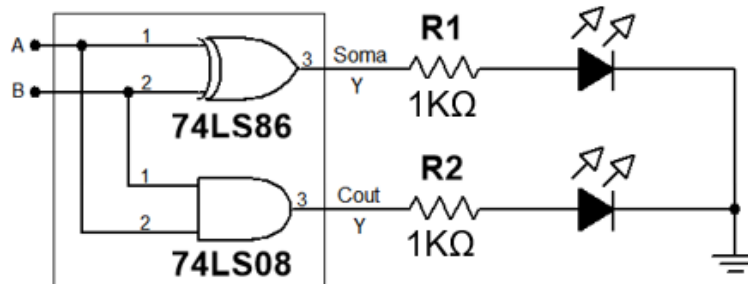
PROCEDIMENTO

► Monte o circuito lógico meio somador da Figura 3.1. Observe os níveis lógicos das saídas, e comprove os resultados obtidos na prática.

IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

Circuito Lógico (Meio Somador)

Figura 3.1 - Circuito lógico Meio Somador



Fonte: Autores, 2020

a) Lógica do Meio Somador

De acordo com a Tabela 3.1, verifique que o *carry* de saída (C_{out}) é 1 apenas quando A e B são 1, ou seja, C_{out} pode ser expresso como uma operação AND entre as variáveis de entrada ($C_{OUT} = A.B$). Já a saída soma apresenta nível lógico 1 apenas se as variáveis de entrada, A e B, não forem iguais, ou seja, pode ser expressa como a operação EX-OR entre as variáveis de entrada (). (FLOYD, 2007).

b) Após a montagem do circuito lógico meio somador, preencha a Tabela 3.1 para efeito comparativo dos valores teóricos com os valores práticos.

Tabela 3.1 - Circuito lógico Meio somador

Condição	Entradas		Soma (teoria)	C_{out} (teoria)	Soma (prática)	C_{out} (prática)
	A	B	Y	Y	Y	Y
0	0	0	0	0		
1	0	1	1	0		
2	1	0	1	0		
3	1	1	0	1		

Fonte: Adaptado de GARCIA e MARTINI, 2018

c) Represente as saídas (Soma e C_{out}) através de trem de pulsos.

Resp.:

Soma:

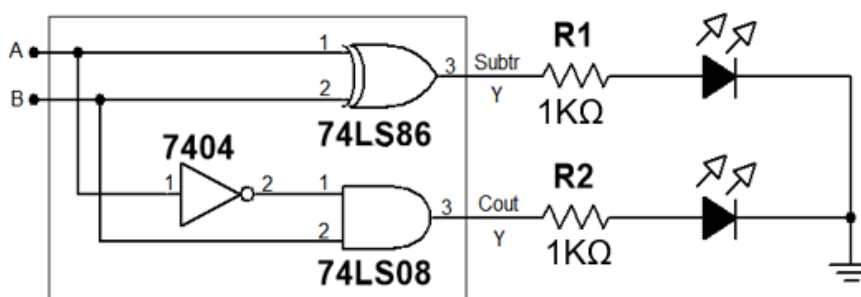
C_{out} :

► Monte o circuito lógico meio subtrator da Figura 3.2. Observe os níveis lógicos das saídas e comprove os resultados obtidos na prática.

IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

Circuito Lógico (Meio Subtrator)

Figura 3.2 - Circuito lógico Meio Subtrator



Fonte: Autores, 2020

a) Lógica do Meio Subtrator

De acordo com a Tabela 3.2, verifique que o *carry* de saída (C_{out}) pode ser expresso como uma operação AND e NOT entre as variáveis de entrada ($C_{out} = \neg A \cdot B$). Já a saída *subtr* apresenta nível lógico 1 apenas se as variáveis de entrada, A e B, não forem iguais, ou seja, pode ser expressa como a operação EX-OR entre as variáveis de entrada ($Subtr = A \oplus B$) (GARCIA e MARTINI, 2018).

b) Após a montagem do circuito lógico meio subtrator, preencha a Tabela 3.2 para efeito comparativo dos valores teóricos com os valores práticos.

Tabela 3.2- Circuito lógico Meio subtrator

Condição	Entradas		Subtr (teoria)	C_{out} (teoria)	Subtr (prática)	C_{out} (prática)
	A	B	Y	Y	Y	Y
0	0	0	0	0		
1	0	1	1	1		
2	1	0	1	0		
3	1	1	0	0		

Fonte: Adaptado de GARCIA e MARTINI, 2018

c) Represente as saídas (*Subtr* e C_{out}) através de trem de pulsos.

Resp.:

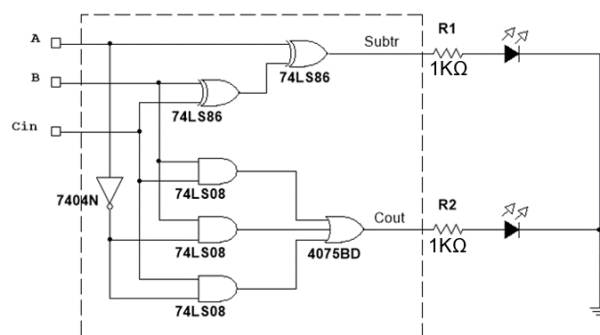
Soma:

C_{out}

Observação: Os itens 3.4.3 e 3.4.4 são complementos para os estudos, suas montagens e testes, servem como atividades complementares.

Circuito Lógico (Somador Completo)

Figura 3.3 - Circuito lógico Somador completo



Fonte: Autores, 2020

a) Lógica do Somador Completo

De acordo com a Tabela 3.3, verifique que agora temos um carry de entrada (C_{in}) e um *carry* de saída (C_{out}). O *carry* de saída (C_{out}) pode ser expresso como uma operação OR de três operações AND entre as variáveis de entrada ($C_{OUT} = (A.B) + (A.Cin) + (B.Cin)$). Já a saída soma apresenta nível lógico “1” apenas quando as variáveis de entrada, A, B e C_{in} , não forem iguais e somente em um caso onde as entradas forem todas nível alto “1”, ou seja, pode ser expressa como a operação EX-OR entre as variáveis de entrada (Soma = $A \oplus B \oplus Cin$) (GARCIA e MARTINI, 2018).

b) Após a montagem do circuito lógico somador completo, preencha a Tabela 3.3 para efeito comparativo dos valores teóricos com os valores práticos.

Tabela 3.3 - Circuito lógico Somador Completo

Condição	Entradas			Soma (teoria)	C_{out} (teoria)	Soma (prática)	C_{out} (prática)
	A	B	C_{in}	Y	Y	Y	Y
0	0	0	0	0	0		
1	0	0	1	1	0		
2	0	1	0	1	0		
3	0	1	1	0	1		
4	1	0	0	1	0		
5	1	0	1	0	1		
6	1	1	0	0	1		
7	1	1	1	1	1		

Fonte: Adaptado de GARCIA e MARTINI, 2018

c) Represente as saídas (Soma e C_{out}) através de trem de pulsos.

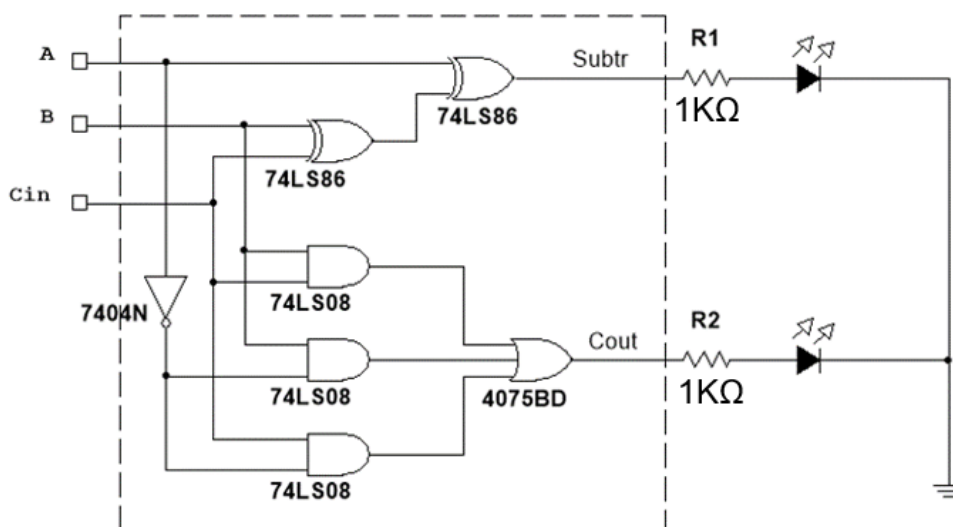
Resp.:

Soma:

C_{out} :

Circuito Lógico (Subtrator Completo)

Figura 3.4 - Circuito lógico Subtrator completo



Fonte: Autores, 2020

a) Lógica do Subtrator Completo

De acordo com a Tabela 3.4, verifique que agora temos um carry de entrada (C_{in}) e um carry de saída (C_{out}). O carry de saída (C_{out}) pode ser expresso como uma operação OR de três operações AND entre as variáveis de entrada ($C_{OUT} = (\bar{A}.B) + (\bar{A}.Cin) + (B.Cin)$). Já a saída subtrator apresenta nível lógico “1” apenas quando as variáveis de entrada, A, B e Cin, não forem iguais e somente em um caso onde as entradas forem todas nível alto “1”, ou seja, pode ser expressa como a operação EX-OR entre as variáveis de entrada (Subtrator = $A \oplus B \oplus C_{in}$) (GARCIA e MARTINI, 2018).

b) Após a montagem do circuito lógico subtrator completo, preencha a Tabela 3.4 para efeito comparativo dos valores teóricos com os valores práticos.

Tabela 3.4 - Circuito lógico Subtrator Completo

Condição	Entradas			Subtrai(teoria)	C_{out} (teoria)	Subtrai (prática)	C_{out} (prática)
	A	B	C_{in}	Y	Y	Y	Y
0	0	0	0	0	0		
1	0	0	1	1	1		
2	0	1	0	1	1		
3	0	1	1	0	1		
4	1	0	0	1	0		
5	1	0	1	0	0		
6	1	1	0	0	0		
7	1	1	1	1	1		

Fonte: Adaptado de GARCIA e MARTINI, 2018

c) Represente as saídas (*Subtr* e C_{out}) através de trem de pulsos.

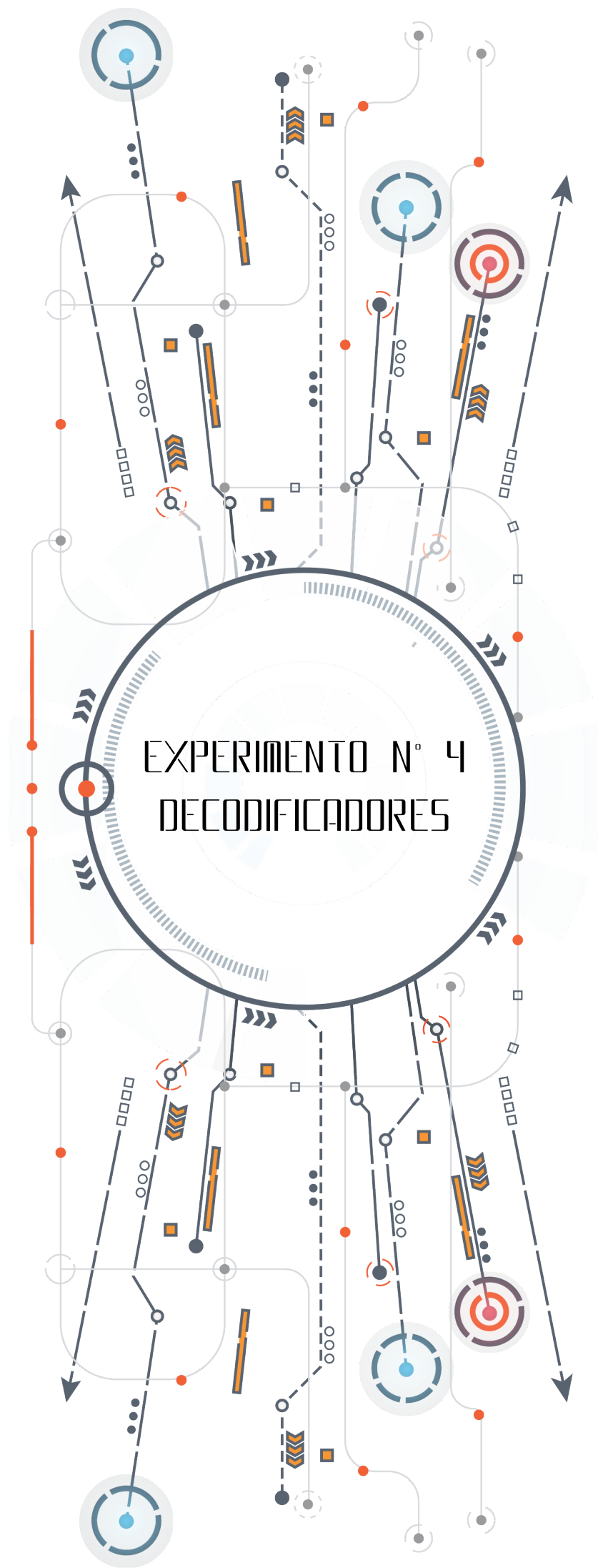
Resp.:

Subtr: C_{out} :

► **Anexar relatório à experiência, detalhando:**

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem dos CI's;
- Tabelas preenchidas;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

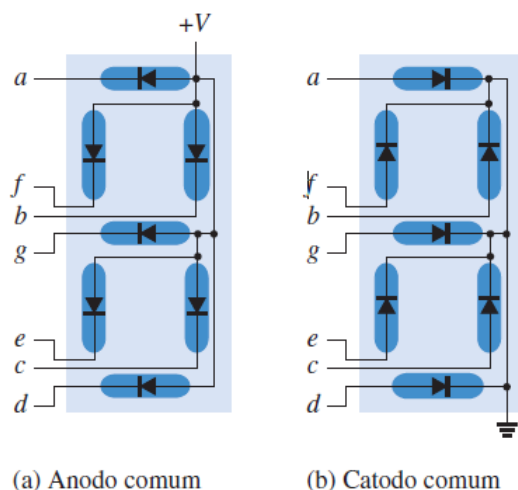
Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.



O decodificador é um circuito lógico que recebe um conjunto de entradas, representadas por um número binário, e ativa uma ou mais saídas correspondentes ao número recebido, o qual permite converter o código BCD 8421 (Código decimal codificado em binário) em um código enviado para o display de sete segmentos, onde um número decimal será exibido de acordo com a informação binária nas entradas do decodificador (TOKHEIM, 2013).

O display de 7 segmentos possui 7 LEDs, num só CI, com uma disposição geométrica padrão, em forma de matriz. Esses segmentos estão arranjados conforme mostra a Figura 4.1, e são identificados por letras que vão de a à g. Sendo cada segmento um LED, pode-se ter dependendo do tipo de montagem interna todos os cátodos conectados juntos (formando um display de configuração tipo cátodo comum) ou todos os ânodos conectados juntos (formando um display de configuração tipo ânodo comum) (TOKHEIM, 2013). A ligação interna de cada um destes displays pode ser representada conforme a Figura 4.2, de forma que cada configuração tem, portanto, sua particularidade e necessita de uma alimentação adequada.

Figura 4.1- Configuração interna do display 7 segmentos. (a) Ânodo comum; (b) Cátodo comum



Fonte: FLOYD, 2007

Um exemplo típico é o CD4511 um decodificador BCD8421 (*Binary-Coded Decimal*) para 7 segmentos, o qual aceita o código BCD nas suas entradas e os envia para saídas de forma a acionar o display de 7 segmentos para gerar uma leitura decimal de 0 a 9 (FLOYD, 2007).

OBJETIVOS

- Reconhecer o display de sete segmentos cátodo comum;
- Montar um circuito lógico que converta um sinal binário em decimal (BCD – *Binary Code Decimal*) que será capaz de mostrar os algarismos no display de sete segmentos.

MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC;
- Resistores: 7 x 470Ω;
- Circuito Integrado CMOS: CD4511 – Decodificador;
- Display de 7 segmentos: cátodo comum (C-521G ou equivalente);
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital.

Obs.: A chave simboliza um fio que deve ser ligado a 0 (zero = GND, nível baixo) e 1 (um = Vcc, nível alto).

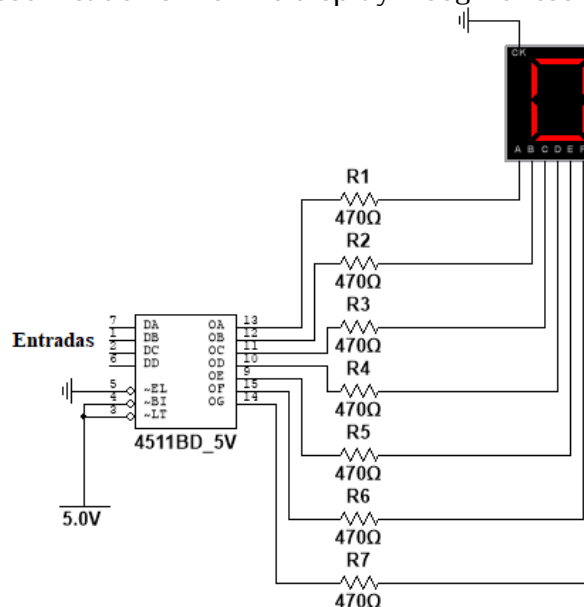
ATENÇÃO: A alimentação do circuito integrado é no pino 8 (zero = GND, nível baixo) e no pino 16 (5V) (um = Vcc, nível alto), conforme configuração do CI CD4511 da Figura 4.3.

PROCEDIMENTO

► Monte o circuito de acordo com a configuração do display na Figura 4.2, não esqueça de alimentar o circuito integrado. Utilize a fonte de alimentação DC da bancada para fornecer a tensão de 5V.

IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

Figura 4.2– Decodificador CD4511 e display 7 segmentos cátodo comum



Fonte: Autores, 2020

A Figura 4.3 apresenta o formato dos dígitos no display de 7 segmentos, conforme apresentado no circuito da Figura 4.2 que de acordo com a informação binária nas entradas DA (pino 7), DB (pino 1), DC (pino 2) e DD (pino 6), o display exibirá o algarismo correspondente em decimal.

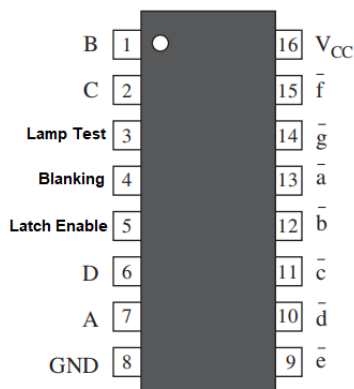
Figura 4.3 - Formato dos dígitos no display de 7 segmentos



Fonte: Adaptado de TOKHEIM, 2013

O circuito integrado CD4511 (datasheet) é um decodificador BCD (*Binary-Coded Decimal*) para 7 segmentos, o qual possui 4 pinos de entrada, são eles: pino 1 (B), pino 2 (C), pino 6 (D) e pino 7 (A) e 7 pinos de saída (pino 9 ao pino 15), conforme apresentado na Figura 4.4.

Figura 4.4 - Pinagem do decodificador CD4511



Fonte: Adaptado de FLOYD, 2007

Logo, as entradas de habilitação do decodificador CD4511 são referentes aos pinos 3 (*Lamp Test*), pino 4 (*Blanking*) e pino 5 (*Latch Enable*), segue a função de cada uma dessas em operação normal de acordo com TOKHEIM, (2013):

- **pino 3 (*Lamp Test*):** Representa o teste de lâmpada, serve para testar os segmentos do display. Essa entrada é ligada em nível lógico alto (**1**). Caso a entrada referente ao **pino 3 (*Lamp Test*)** esteja em nível baixo (**0**), todos os segmentos do display irão acender, independente dos níveis lógicos apresentados nas entradas A, B, C e D.
- **pino 4 (*Blanking*):** Serve para apagar ou ajustar a intensidade do brilho dos segmentos. Essa entrada é também ligada em nível lógico alto (**1**). Quando a entrada referente ao

pino 4 (Blanking) é ativada com um nível baixo (0), todas as saídas tornam-se BAIXAS e todos os segmentos display são apagados.

• **pino 5 (Latch Enable):** Permite armazenar o código de entrada. Essa entrada é ligada em nível lógico baixo (0). Caso a entrada referente ao **pino 5 (Latch Enable)** esteja em nível alto (1), os níveis lógicos apresentados nas entradas A, B, C e D serão armazenados e o display permanecerá sem alteração, indicando assim o dígito correspondente ao código BCD registrado.

A Tabela 4.1 apresenta o comportamento do decodificador CD4511 juntamente com o display de 7 segmentos, de acordo com os níveis lógicos nas entradas A, B, C e D, o display exibirá o algarismo correspondente em decimal.

► Após a montagem do circuito, realize os testes de acordo com as condições estabelecidas na Tabela 4.1 a seguir preenchendo a tabela com os resultados práticos a fim de comparar com os resultados teóricos.

Tabela 4.1 - Comportamento do decodificador CD4511

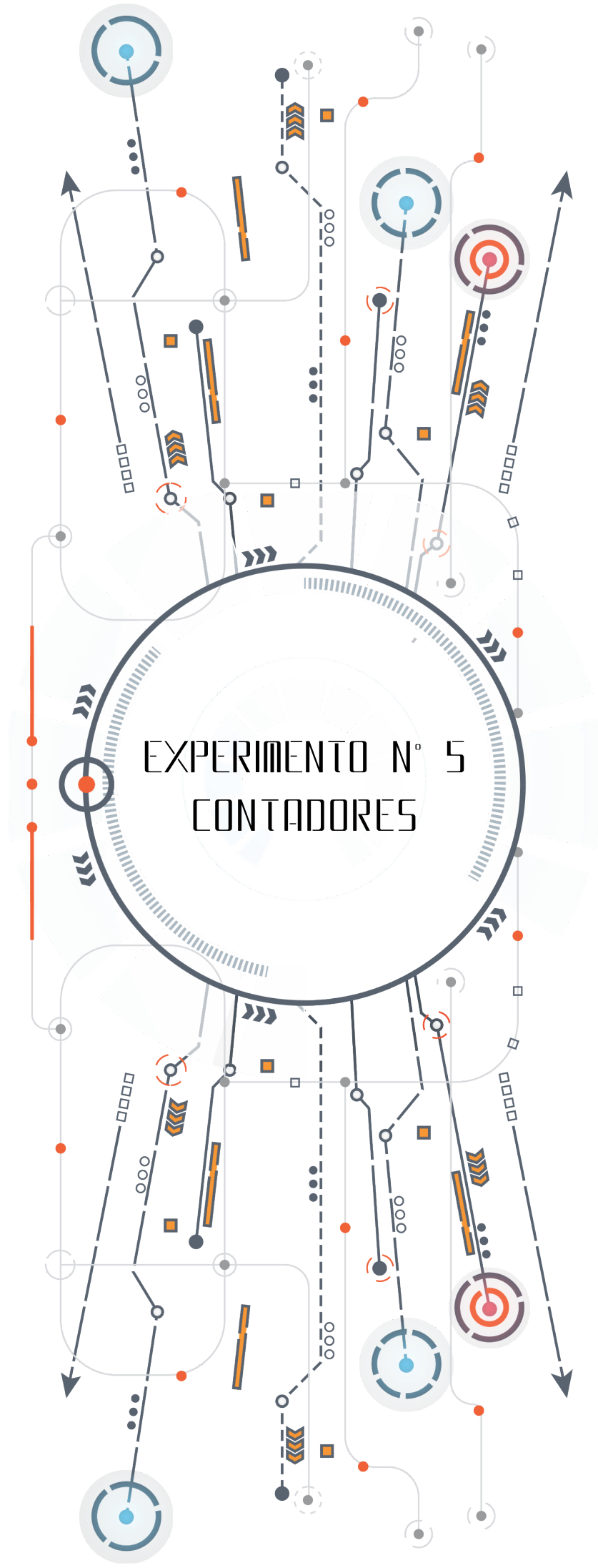
Entradas							Saídas								Prática
Pino 3	Pino 4	Pino 5	Pino 6	Pino 2	Pino 1	Pino 7	a	b	c	d	e	f	g	Display	
Lamp Test	Blanking	Latch Enable	D	C	B	A									
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2	
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3	
1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4	
1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5	
1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6	
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7	
1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8	
1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9	
1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank	
1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank	
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank	
1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank	
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank	
1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank	

Fonte: Adaptado de TOKHEIM, 2013

► **Anexar relatório à experiência, detalhando:**

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem do CI;
- Tabela preenchida;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.



Os contadores variam seus estados de saída segundo o comando do *clock* e de acordo com uma sequência pré-determinada e são projetados com o uso de flip-flops (CARVALHO e SILVA, 2015). As aplicações são designadas para contagens, medição de frequência, divisor de frequência e conversão AD. Os contadores podem ser classificados em assíncronos e síncronos (CAPUANO e IDOETA, 2012).

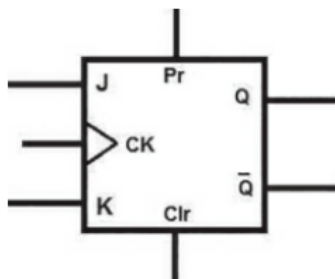
Assíncronos – São estruturas lógicas onde as transições são de forma não sincronizada (GARCIA e MARTINI, 2018). Quando existe o sinal de *clock* aplicado apenas no primeiro estágio, logo os seguintes utilizam como sinal de sincronismo a saída de cada estágio anterior.

Síncronos – São estruturas lógicas onde as transições são de forma sincronizada comandadas por um sinal de *clock* externo (GARCIA e MARTINI, 2018). As entradas dos flip-flops são usadas para determinar qual será o novo estágio após cada transição.

O flip-flop JK possui a entrada de clock, J e K entrada de dados e as saídas Q (saída de dados armazenada) e \bar{Q} (complemento de Q), assim como os pinos preferenciais de Set (Preset) e Reset (Clear). A entrada J habilita a transição da saída para nível "um" após o pulso de relógio e a entrada K habilita a transição da saída para nível "zero" após o pulso de relógio. Quando ambas as entradas J e K estão desligadas (zero), o flip-flop não muda de estado e quando ambas entradas J e K estão ligadas (um), as saídas alternam o seu estado a cada pulso de relógio (GARCIA e MARTINI, 2018).

O flip-flop JK é semelhante ao flip-flop Tipo D, esse último será apresentado de forma mais detalhada no Capítulo 6. Diferentemente do flip-flop tipo D, o qual possui uma entrada de dado, o flip-flop JK possui duas entradas J e K para essa finalidade. Ambos flip-flops apresentam uma outra semelhança que são os sinais de Set (Preset) e Reset (Clear) habilitados em nível lógico alto ("1") ou nível lógico baixo ("0"), assim como o pino de clock, o qual pode ser ativado com um pulso na borda de subida ou descida. A Figura 5.1 apresenta a simbologia de um flip-flop JK (CARVALHO e SILVA, 2015).

Figura 5.1 - Simbologia do Flip-flop JK



Fonte: CARVALHO e SILVA, 2015

A principal aplicação do flip-flop JK são nos contadores, o qual é ilustrado no diagrama funcional do CI 74LS90, construído esse à partir de quatro flip-flop JK representado na Figura 5.3.

OBJETIVOS

Montar um circuito lógico que converta um sinal binário em decimal (BCD – *Binary Code Decimal*) que será capaz de mostrar os algarismos no display de sete segmentos e a partir do contador realizar contagem de 0 a 9.

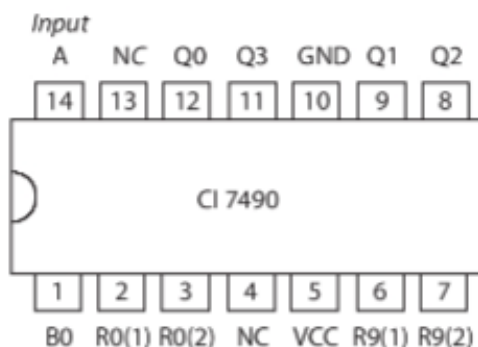
MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC;
- Resistores: 7 x 470 Ω ;
- Circuito Integrado: CD4511 – Decodificador;
- Display de 7 segmentos: catodo comum (C-521G ou equivalente);
- Circuito Integrado: 74LS90 – Contador;
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital;
- Gerador de *clock*: CI 555; 1 Led; R_1 : 8,2K Ω ; Potenciômetro: 100K Ω ; C_1 : 22 μ F; C_2 : 0,1 μ F.

PROCEDIMENTO

O 74LS90 é um contador de décadas que pode contar de 0 a 9₁₀ (dez algarismos) ciclicamente em seu modo natural, ou seja, acompanhar a sequência do código BCD 8421 (CAPUANO e IDOETA, 2012). Consiste de um flip-flop JK e um circuito que divide por 5. Ele conta os pulsos de entrada e sua saída é um número binário de 4 bits através dos pinos Q_A (pino 12), Q_B (pino 9), Q_C (pino 8) e Q_D (pino 11) conforme configuração da Figura 5.2 do contador 74LS90.

Figura 5.2 - Configuração do contador 74LS90

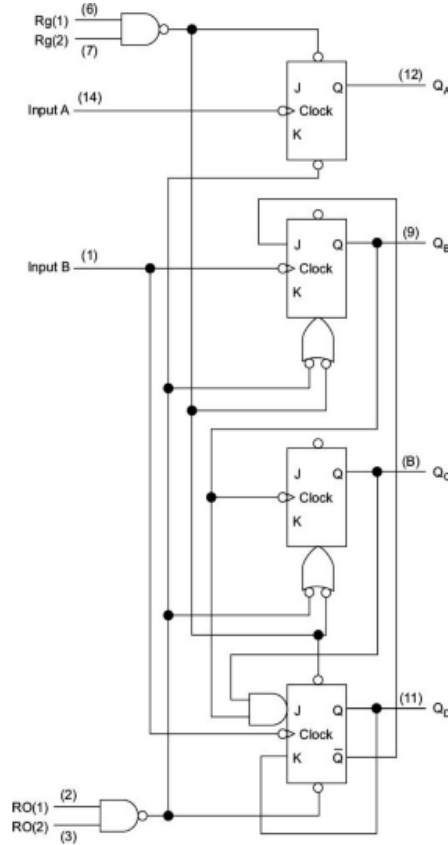


Fonte: HAUPT e DACHI, 2018

***Nota:** NC: Nada Conectado

A Figura 5.3 apresenta o Diagrama Funcional em blocos do CI 74LS90 construído a partir de quatro flip-flop JK.

Figura 5.3 - Diagrama Funcional em blocos do CI 74LS90



Fonte: NETO e OLIVEIRA, 2020

A saída é 0000 em cada décimo pulso e a contagem recomeça do 0 novamente. Um pulso é gerado no pino 9 quando a saída for 0000, seguindo a Tabela 5.1 de contagem do CI 74LS90.

Tabela 5.1 - Tabela de contagem do CI 74LS90

Contagem decimal	Saídas			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
	Pino 11	Pino 8	Pino 9	Pino 12
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Fonte: Adaptado de GARCIA e MARTINI, 2018

A Tabela 5.2 apresenta o processo de contagem/reset do CI 74LS90. A condição irrelevante (X) representa a situação de entrada em que a saída pode assumir 0 ou 1 indiferentemente, por exemplo, a utilização da condição irrelevante no mapa de Veitch-Karnaugh, onde deve-se adotar o valor (0 ou 1), a escolha do valor terá como finalidade a obtenção de um melhor agrupamento e como consequência uma maior simplificação (CAPUANO e IDOETA, 2012).

Tabela 5.2 - Tabela de reset/contagem do CI 74LS90

Saídas					Entradas Reset			
Q_D	Q_C	Q_B	Q_A	Decimal	$RO_{(1)}$	$RO_{(2)}$	$Rg_{(1)}$	$Rg_{(2)}$
Pino 11	Pino 8	Pino 9	Pino 12	Display	Pino 2	Pino 3	Pino 6	Pino 7
0	0	0	0	0	1	1	0	X
0	0	0	0	0	1	1	X	0
1	0	0	1	9	X	X	1	1
Contagem				0 a 9	X	0	X	0
Contagem				0 a 9	0	X	0	X
Contagem				0 a 9	0	X	X	0
Contagem				0 a 9	X	0	0	X

Fonte: Adaptado de GARCIA e MARTINI, 2018

***Nota:** X: condição irrelevante, pode ser 0 ou 1

De acordo com a configuração do contador 74LS90 (Figura 5.2), se o sinal de entrada é conectado à entrada A (pino 14) e a saída Q_A (pino 12) é conectada a entrada B (pino 1) obtém-se dessa forma um contador de décadas (NETO e OLIVEIRA, 2020).

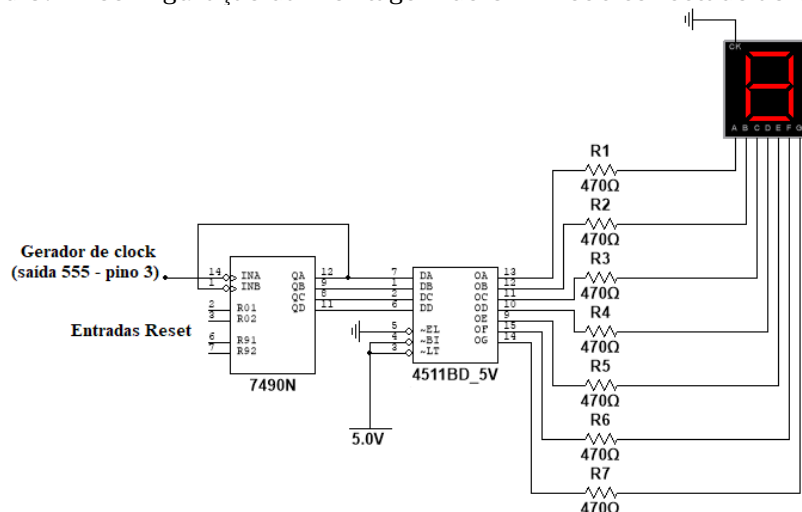
A Tabela 5.2 apresenta as seguintes condições de operação do contador 74LS90:

- As entradas $RO_{(1)}$ e $RO_{(2)}$ são entradas *clear*;
- As saídas Q_D , Q_C , Q_B e Q_A do contador 74LS90 serão todas nível baixo ("0") sempre que $RO_{(1)}$ e $RO_{(2)}$ apresentarem nível alto ("1"), desde que uma das entradas Rg apresente nível baixo ("0"), conforme apresentado na Tabela 5.2;
- O contador pode ser pré-setado para uma contagem de 9 (1001) caso $Rg_{(1)}$ e $Rg_{(2)}$ estejam em nível alto (1);
- Para que contador possa efetuar a contagem normalmente, no mínimo uma das entradas RO e uma das entradas Rg devem apresentar nível baixo ("0").

Montagem

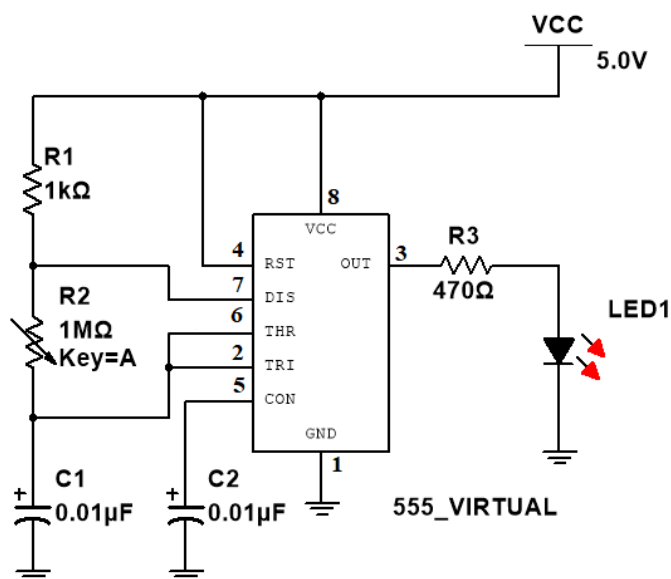
a) As entradas do decodificador CD4511 (A, B, C e D) serão conectadas às saídas do contador 74LS90 (Q_A , Q_B , Q_C e Q_D) respectivamente, logo a entrada A (pino 14) do contador 74LS90 receberá um pulso do gerador de clock construído através de um Oscilador 555 e em seguida a resposta será direcionada para o display de 7 segmentos, configuração cátodo comum, para que seja realizada a contagem de 0 à 9;

- b) As entradas de habilitação do decodificador CD4511 são representadas pelos pinos 3,4,5 (LT, BI, LE) cuja função já foi descrita na prática do Capítulo 4;
- c) As saídas do decodificador CD4511 permanecem conectadas ao display de 7 segmentos, configuração cátodo comum, conforme já apresentado no Capítulo 4;
- d) A Figura 5.4 apresenta a configuração do contador 74LS90 bem como as ligações que serão conectadas ao decodificador CD4511 cuja configuração deste último encontra-se no Capítulo 4;
- e) A Figura 5.4 mostra a montagem do circuito do gerador de *clock*, o qual será conectado à entrada do pino 14 do contador 74LS90;
- f) Monte o circuito de acordo com a configuração da Figura 5.4, não esqueça de alimentar os circuitos integrados (CD4511 e 74LS90). Utilize a fonte de alimentação DC da bancada para fornecer a tensão de 5V;
- g) Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito;
- h) Para conferência da forma de contagem desse circuito faz-se necessário consultar a Tabela 5.2.



Fonte: Autores, 2020

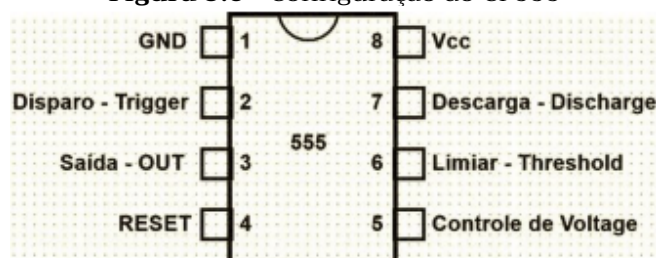
Figura 5.5 - Gerador de clock com CI 555



Fonte: Autores, 2020

A configuração do CI 555 está representada na Figura 5.6. O circuito gerador de clock (555) deve ser ajustado através do potenciômetro com a velocidade de pulso desejada. O potenciômetro e o capacitor eletrolítico são os responsáveis pela constante de tempo no qual poderá realizar a regulagem do circuito para que ocorra o pulso de clock no intervalo desejado, onde (Tempo = Capacitor \times resistência do potenciômetro) (NETO e OLIVEIRA, 2020).

Figura 5.6 - Configuração do CI 555

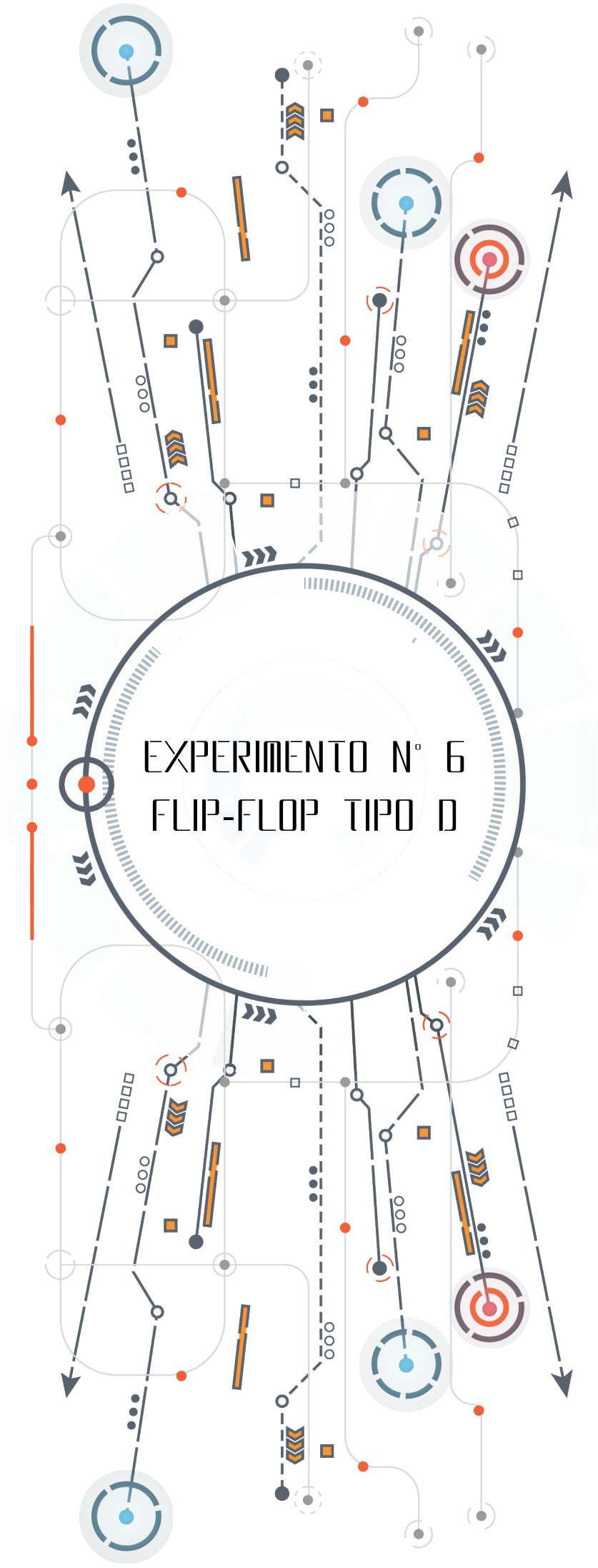


Fonte: BRAGA, 2016.

► **Anexar relatório à experiência, detalhando:**

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem do CI;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

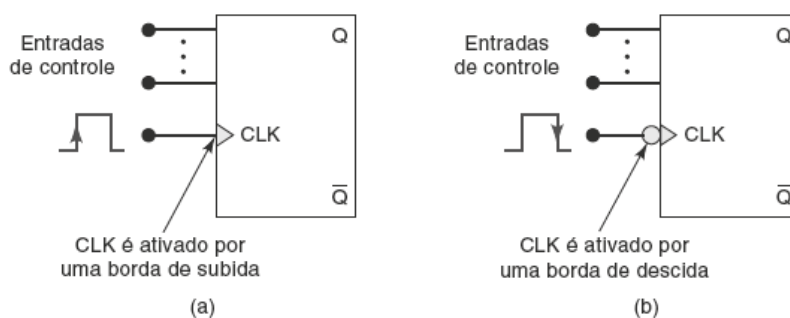
Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.



São dispositivos de memória que podem armazenar informações binárias em seu circuito interno, os mesmos são derivados dos *latches*, porém ativados pela transição do sinal de controle (borda) (OLANDOSKI, 2016). Isso faz com que um flip-flop permaneça ativado apenas durante um intervalo de tempo pequeno, após a ocorrência de uma transição do sinal de controle.

Segundo TOCCI *et. al.* (2011), os sistemas digitais podem operar tanto no modo assíncrono como também no modo síncrono. Nos sistemas assíncronos, as saídas podem alterar de estado a qualquer instante que uma ou mais entradas alterarem. Já nos sistemas síncronos as saídas podem alterar de estado mediante um sinal de *clock*. A depender da construção de um flip-flop, o mesmo pode ser disparado pela transição de subida, onde o *clock* muda de 0 para 1 ou pela transição de descida do sinal de controle quando o *clock* muda de 1 para 0 (Figura 6.1).

Figura 6.1 - Flip-flops com *clock* têm entrada de *clock* (CLK) ativada por (a) uma borda de subida ou (b) por uma borda de descida



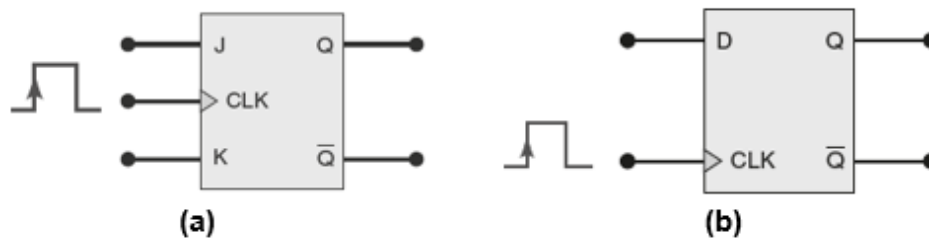
Fonte: TOCCI *et al.*, 2011

De acordo com o funcionamento de suas entradas existem diversos tipos de flip-flops, cujos mais comuns são: SR, T, D e JK.

O Flip-Flop (FF) tipo D (Data or Delay) é o flip-flop mais utilizado, pois o mesmo executa a função de armazenar o valor do bit visualizado na entrada D quando no *clock* é identificada uma transição ascendente (OLANDOSKI, 2016). Pode ser implementado a partir do Flip-Flop JK e um inversor. Para sua aplicação, pode ser usado na transferência de dados.

O FF tipo D armazena o dado de entrada, o mesmo possui um funcionamento semelhante ao FF JK nos pinos Q e CK, porém o armazenamento se comporta de forma diferente, ao invés de termos dois sinais de entrada "J" e "K", tem-se apenas um sinal "D" e o valor que estiver presente em "D", seja nível baixo "0" ou nível alto "1", esse será transferido para a memória interna na mudança de *clock*. A Figura 6.2 apresenta o FF tipo JK e o FF tipo D.

Figura 6.2 - Flip-Flop (a) JK e (b) D



Fonte: TOCCI *et al.*, 2011

Segundo TOKHEIM (2013) durante a operação síncrona, o Flip-Flop D disparado por borda transfere o bit de dado na entrada D para a saída Q no momento quando há a transição positiva (do nível BAIXO 0 para o nível ALTO 1) do pulso de *clock*. Sendo assim, o flip-flop D 7474 é disparado pela borda positiva.

OBJETIVO

- Estudar o flip-flop tipo D, analisar e verificar seu funcionamento;
- Entender a atuação das entradas *clock*, *preset* e *clear*.

MATERIAL EXPERIMENTAL

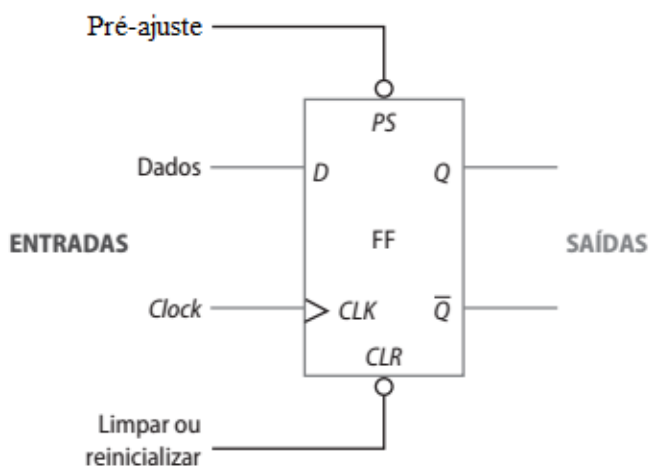
- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC;
- Resistor: 470Ω;
- LEDs: 2;
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Circuito Integrado: CI 7474 “F-F TIPO D”;
- Multímetro digital.

PROCEDIMENTO

O CI 7474 contém dois flip-flops D idênticos em um DIP de 14 pinos que são independentes um do outro. São disparados por borda positiva e têm entradas assíncronas *preset* e *clear* (FLOYD, 2007). A configuração do CI 7474 está representada na Figura 6.3.

Obs.: (A alimentação do CI: V_{cc} pino 14 e GND pino7).

Figura 6.3 - Configuração do Flip-Flop tipo D 7474



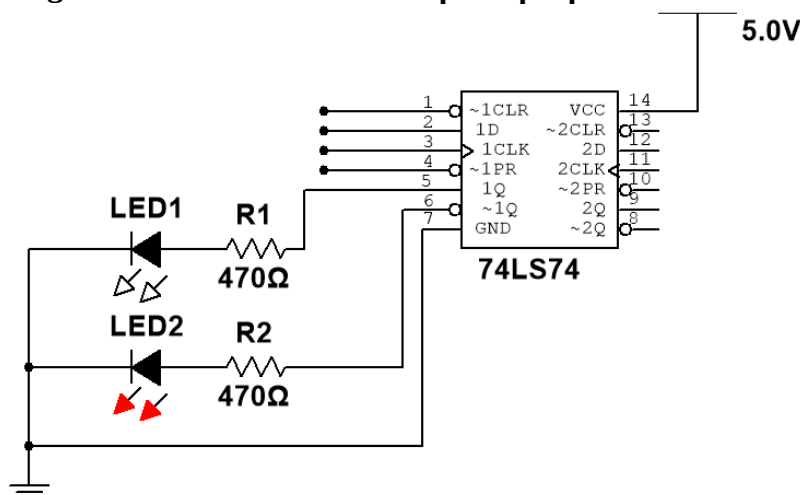
Fonte: TOKHEIM, 2013

As entradas de controle do flip-flop tipo D 7474 são denominadas *clock*, *preset* (pré-ajuste), *clear* (limpar ou reiniciar) e dados, as quais permitem um controle sobre as informações de entrada e estabelece sincronismo na operação do circuito. Desse modo, é possível sincronizar o flip-flop (ativar ou desativar) com o intuito de armazenar a informação em qualquer instante e, então, reter a informação armazenada por qualquer período de tempo desejado. As saídas são denominadas Q (1Q) e (~1Q).

► Monte o circuito da Figura 6.4 e verifique o funcionamento do Flip-Flop tipo “D” com as entradas “*preset*” e “*clear*”.

IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

Figura 6.4 - Circuito com Flip-Flop tipo D 7474



Fonte: Autores, 2020

► Preencha a Tabela 6.1 verificando o funcionamento das entradas e saídas do Flip-Flop 7474 de acordo com o comportamento descrito por TOKHEIM (2013).

Tabela 6.1 - Funcionamento das entradas e saídas do CI 7474

Modo de operação	Entradas				Saídas (Teoria)		Saídas (Prática)	
	<i>Preset</i>	<i>Clear</i>	<i>Clock</i>	D				
	Pino 4	Pino 1	Pino 3	Pino 2	Pino 5	Pino 6	Pino 5	Pino 6
	A	B	C	D	Q	\bar{Q}	Q	\bar{Q}
Inicialização assíncrona	0	1	X	X	1	0		
Reinicialização assíncrona	1	0	X	X	0	1		
Proibido	0	0	X	X	1	1		
Inicialização	1	1	↑	1	1	0		
Reinicialização	1	1	↑	0	0	1		

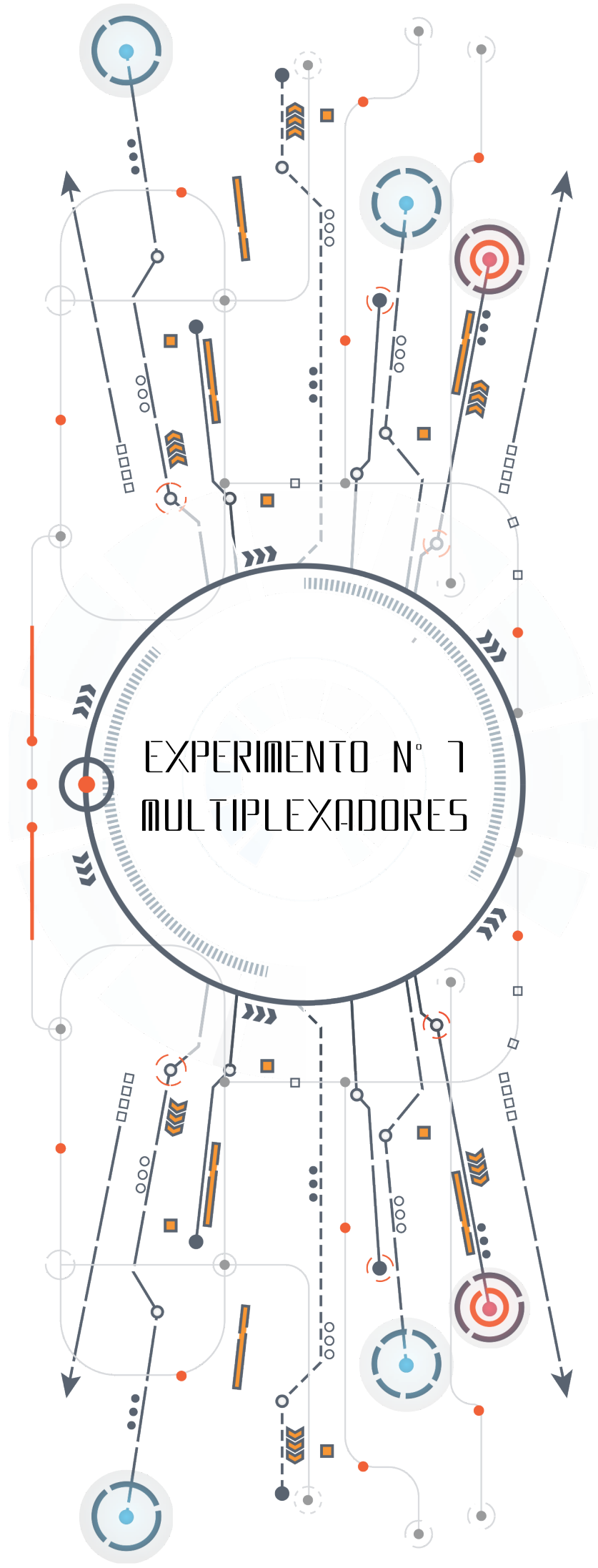
Fonte: Adaptado de TOKHEIM, 2013

- a) Nas primeiras três linhas da Tabela 6.1, as entradas assíncronas (*Preset* e *Clear*) controlam o flip-flop D. Quando o “*preset*” recebe zero, a saída de Q vai para o nível “1”, e quando o “*clear*” recebe zero, faz a saída Q ir para o nível “0”.
- b) As linhas *Preset* e *Clear* têm prioridade sobre as outras linhas de entrada. Os estados das entradas síncronas (D e CLK) são irrelevantes e representados por “X” na Tabela 6.1.
- c) A condição proibida na linha 3 deve ser evitada (atuação do *Preset* e *Clear* de forma simultânea).
- d) Quando ambas as entradas assíncronas (*Preset* e *Clear*) estão desabilitadas, o flip-flop D pode ser inicializado e reinicializado por meio das entradas D e CLK.
- e) As últimas duas linhas da Tabela 6.1 utilizam um pulso de *clock* para transferir os dados da entrada D para a saída Q do flip-flop (operação síncrona).

► **Anexar relatório à experiência, detalhando:**

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem do CI;
- Tabela preenchida;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.



Um Multiplexador ou MUX é um dispositivo eletrônico que é utilizado para selecionar um sinal de entrada para que este esteja presente na saída, conhecidos também como seletores de dados. É importante notar que o sinal aplicado à entrada pode ser analógico ou digital. GARCIA e MARTINI (2018) abordam que o multiplexador é um circuito combinatório que seleciona uma entre 2^n entradas $E_0, E_1, E_2, \dots, E_{2^n-1}$. Para que uma determinada entrada E_i seja selecionada o multiplexador possui n entradas de controle: $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}$. Portanto, para dois sinais, é necessário um sinal de seleção, para quatro sinais, é necessário dois sinais para a seleção, e assim por diante. Os multiplexadores são muito utilizados nos computadores e sistemas digitais em geral, são utilizados também em comunicações porque autorizam o envio de vários sinais por uma mesma via de dados.

OBJETIVO

Desenvolver a compreensão de circuitos MUX utilizando o circuito integrado 74151.

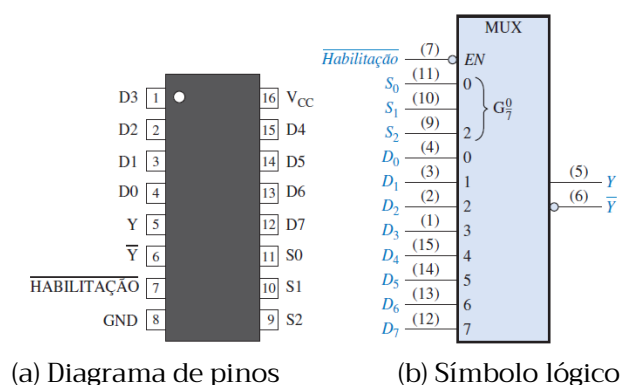
MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC 5V - TTL;
- Resistores: 2 x 1K Ω ;
- LEDs: 2;
- Circuito Integrado: 74LS151 – Multiplexador;
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital.

PROCEDIMENTO

► O CI 74LS151 é um multiplexador com 8 entradas de dados ($D_0 \dots D_7$), 3 bits de seleção S_0, S_1 e S_2 e duas saídas Y e \bar{Y} . A pinagem e o símbolo lógico estão representados na Figura 7.1.

Figura 7.1 - (a) Diagrama de pinos e (b) símbolo lógico do CI 74LS151

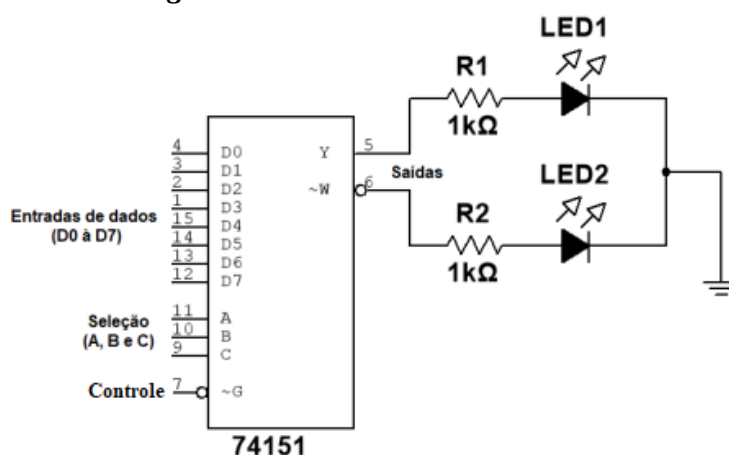


Fonte: TOCCI et. al., 2011

► Monte o circuito da Figura 7.2 para análise do comportamento do CI 74LS151 e preencha os resultados na Tabela 7.1.

IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

Figura 7.2 - Circuito com CI 74LS151



Fonte: Autores, 2020

- a) A alimentação do CI é feita nos pinos 16 (Vcc) e 8 (GND).
- b) Os pinos D0 à D7 correspondem às entradas de informações onde D0 é o canal zero e assim sucessivamente.
- c) As variáveis de seleção de endereço são A, B, C onde C é o bit mais significativo.
- d) As saídas Y e ~W (pinos 5 e 6, respectivamente) correspondem às saídas de informação mutuamente complementares.
- e) O pino 7, ~G habilita ou desabilita o CI, funciona em lógica invertida. Quando ~G=0, o CI é habilitado e funciona normalmente como um MUX de 8 canais, é usado para bloquear a operação do circuito quando assume o nível lógico “1”, a saída no Mux vai para nível lógico “0” independentemente das entradas. Quando assume nível lógico “0” o Mux fica liberado para a seleção (Pino-7).
- f) Quando ~G estiver em nível baixo “0”, as entradas de seleção A, B e C selecionarão uma entrada de dados (D0 até D7) que será transmitida para a saída Y.
- g) Quando ~G estiver em nível alto “1”, o multiplexador estará desabilitado, então a saída Y será BAIXA ou ficará em Alta impedância (*Tri-State*), conforme o tipo de CI.

A Tabela 7.1 e a Tabela 7.2 apresentam o funcionamento do CI 74LS151 (referência e comparativa). Preencha as respectivas saídas da Tabela 7.2 de acordo com as condições estabelecidas na mesma, utilizar como referência a Tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS151 (referência)

Entradas				Saídas	
$\sim G$	C	B	A	Y	$\sim W$
1	X	X	X	0	1
0	0	0	0	D0	$\overline{D0}$
0	0	0	1	D1	$\overline{D1}$
0	0	1	0	D2	$\overline{D2}$
0	0	1	1	D3	$\overline{D3}$
0	1	0	0	D4	$\overline{D4}$
0	1	0	1	D5	$\overline{D5}$
0	1	1	0	D6	$\overline{D6}$
0	1	1	1	D7	$\overline{D7}$

Fonte: Adaptado de MAINI, 2007

Tabela 7.2 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS151 (comparativa)

Seleção			Entradas de dados	Controle	Saídas	
C	B	A	D0 - D7	$\sim G$	Y	$\sim W$
Pino 9	Pino 10	Pino 11	Fig. 7.1	Pino 7	Pino 5	Pino 6
X	X	X	X	1		
0	0	0	D0 = 1 D0 = 0	0		
0	0	1	D1 = 1 D1 = 0	0		
0	1	0	D2 = 1 D2 = 0	0		
0	1	1	D3 = 1 D3 = 0	0		
1	0	0	D4 = 1 D4 = 0	0		
1	0	1	D5 = 1 D5 = 0	0		
1	1	0	D6 = 1 D6 = 0	0		
1	1	1	D7 = 1 D7 = 0	0		

Fonte: Adaptado de MAINI, 2007

► **Anexar relatório à experiência, detalhando:**

- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem;
- Tabela preenchida;

- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.

Curiosidade: Aplicação de multiplexadores na indústria

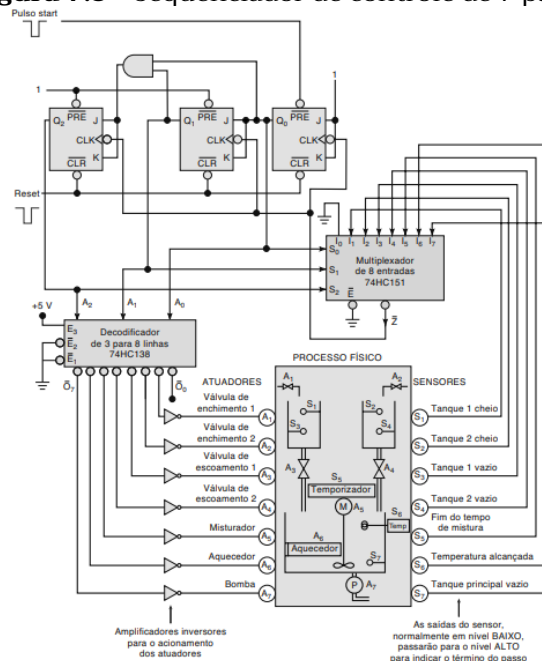
Pode-se controlar um processo industrial por meio de um sequenciamento de operações realizando a combinação com outros circuitos digitais. Os multiplexadores podem ser interligados para aumentar a capacidade do número de entradas de dados que podem ser transferidas para uma única saída. Observe o circuito da Figura 7.3, trata-se de um Multiplexador de 8 entradas, fazendo parte de um sequenciador de sete passos, no qual cada passo atua em uma parte do processo físico controlado. O circuito também usa um decodificador de 3 para 8 linhas e um contador binário de módulo 8 (TOCCI *et al.*, 2011).

► Descrição dos passos de operação do circuito da Figura 7.3:

1) Início da operação

- Contador = 000;
- As saídas do contador são direcionadas às entradas do multiplexador e do decodificador;
- A saída do decodificador = 0, e todas as outras são iguais a 1;
- As entradas dos atuadores do processo estão em nível baixo;
- As saídas dos sensores do processo iniciam em nível baixo;
- A saída do multiplexador, e suas entradas S = 000.

Figura 7.3 - Sequenciador de controle de 7 passos



Fonte: TOCCI *et al.*, 2011

2) Início do sequenciamento de operações (1º Passo do Processo)

- Pulso START – inicia o atuador;
- Flip-Flop Q_0 em nível alto;
- Contador = 001;
- Saída do decodificador 1 em nível baixo, ativando o atuador 1 (abrir válvula de enchimento 1).

3) Após enchimento do Tanque 1

- Saída do Sensor 1 em nível alto, presente na entrada I_1 do multiplexador;
- I_1 é invertido e alcança a saída ;
- Contador = 001;
- A saída em nível baixo é enviada para a entrada CLK do Flip-Flop Q_0 ;
- Contador = 010.

4) Abertura da válvula de enchimento 2 (2º Passo do Processo)

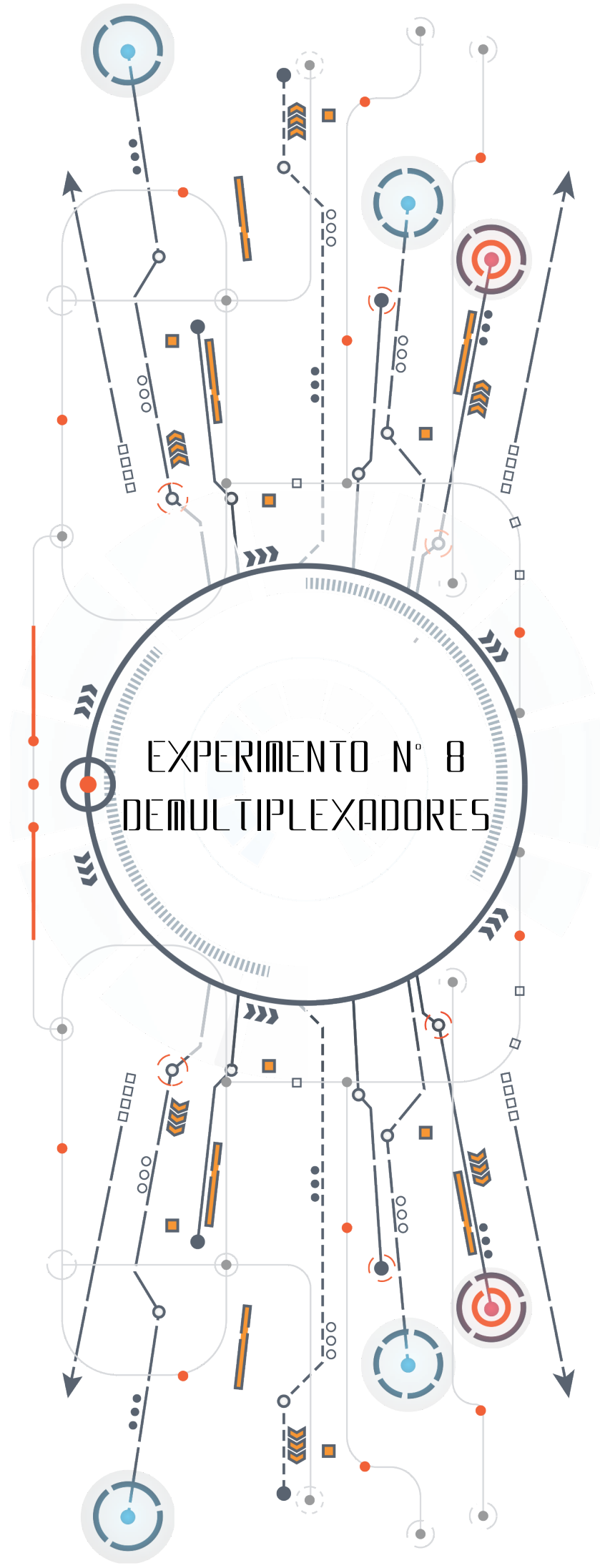
- Saída do decodificador em nível baixo, ativando o atuador 2;
- (código de seleção = 010);
- Saída do sensor 2 em nível baixo, e em nível alto.

5) Concluído o 2º Passo do Processo.

- Saída do sensor 2 em nível alto;
- em nível baixo;
- Contador = 011.

6) Essa ação se repete para os demais passos do processo. Quando o último passo do processo for concluído:

- Saída do sensor 7 em nível alto;
- Contador passa de 111 para 000;
- Assim permanece até o próximo pulso START recomençar a sequência.



O Demultiplexador (DEMUX) realiza a operação inversa do multiplexador, recebe uma única entrada e distribui para várias saídas, o mesmo atua como uma chave seletora, onde de acordo com a seleção, encaminha os dados da entrada à apenas uma de suas saídas. O DEMUX recebe uma fonte de dados e a distribui para um dos N canais de saída como se fosse uma chave de várias posições, onde é selecionada uma entre 2^n saídas $S_0, S_1, S_2, \dots, S_{2^n-1}$ (GARCIA e MARTINI, 2018). Uma das aplicabilidades do DEMUX é na utilização de recepção de dados do MUX e em transmissão síncrona de dados (CARVALHO e SILVA, 2015).

OBJETIVO

Desenvolver a compreensão de circuitos DEMUX's através do circuito integrado 74155.

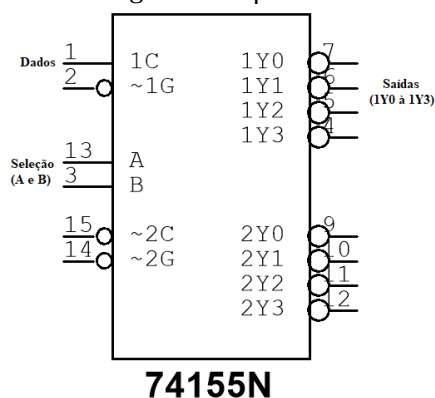
MATERIAL EXPERIMENTAL

- ProtoBoard;
- Fonte de tensão DC 5V - TTL;
- Resistores: 4 x 1K Ω ;
- LEDs: 4;
- Circuito Integrado: 74LS155 – Demultiplexador;
- Chaves;
- Alicates;
- Condutores para conexão;
- Multímetro digital.

PROCEDIMENTO

► O CI 74LS155 é apresentado em invólucro DIL de 16 pinos, conta com um demultiplexador duplo, no circuito da Figura 8.1 foi utilizado o demux 1, o mesmo é composto de 1 entrada de dados (1C), 1 entrada de habilitação chamada *Strobe* ($\sim 1G$), 2 bits de seleção A e B e 4 saídas (1Y₀, 1Y₁, 1Y₂ e 1Y₃). A pinagem está representada na Figura 8.1.

Figura 8.1 - Diagrama de pinos do CI 74LS155

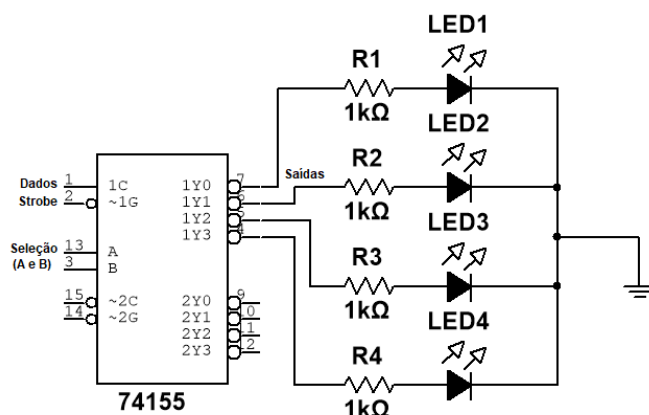


Fonte: Autores, 2020

► Monte o circuito da Figura 8.2 para análise do comportamento do CI 74LS155 e preencha os resultados na Tabela 8.1.

IMPORTANTE: Após a montagem chame o(a) professor(a), e peça-o(a) que confira a ligação e, em seguida, energize o circuito.

Figura 8.2 - Circuito com CI 74LS155



Fonte: Autores, 2020

- a) A alimentação do CI é feita nos pinos 16 (Vcc) e 8 (GND).
- b) O pino 1 (1C) refere-se à entrada de dados;
- c) O pino 2 (~1G) refere-se à entrada de habilitação chamada *Strobe*. Em operação normal a entrada *Strobe* deverá estar no nível baixo “0”. Com a entrada *Strobe* no nível alto “1”, todas as saídas dos seletores ficarão no nível alto “1”, independente da seleção e dos dados da entrada.
- d) As variáveis de seleção de endereço são A e B, onde B é o bit mais significativo.
- e) As saídas (1Y₀, 1Y₁, 1Y₂ e 1Y₃) correspondem respectivamente aos pinos 7, 6, 5 e 4.

A Tabela 8.1 e a Tabela 8.2 apresentam o funcionamento do CI 74LS155 (referência e comparativa). Preencha as respectivas saídas da Tabela 8.2 de acordo com as condições estabelecidas na mesma, utilizar como referência a Tabela 8.1.

Tabela 8.1 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS155 (referência)

Entradas				Saídas			
Seleção		Strobe	Dados	1Y ₀	1Y ₁	1Y ₂	1Y ₃
A	B	~1G	1C				
Pino 13	Pino 3	Pino 2	Pino 1	Pino 7	Pino 6	Pino 5	Pino 4
X	X	1	X	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0
X	X	X	0	1	1	1	1

Fonte: Folha de dados do Circuito integrado 74LS155

Tabela 8.2 - Tabela verdade de funcionamento do CI 74LS155 (comparativa)

Entradas				Saídas			
Seleção		Dados	Strobe				
A	B	1C	~1G	1Y ₀	1Y ₁	1Y ₂	1Y ₃
Pino 13	Pino 3	Pino 1	Pino 2	Pino 7	Pino 6	Pino 5	Pino 4
0	0	0	1				
0	0	1	1				
0	1	0	1				
0	1	1	1				
1	0	0	1				
1	0	1	1				
1	1	0	1				
1	1	1	1				
0	0	0	0				
0	0	1	0				
0	1	1	0				
1	0	1	0				
1	1	1	0				

Fonte: Folha de dados do Circuito integrado 74LS155

► Anexar relatório a experiência, detalhando:

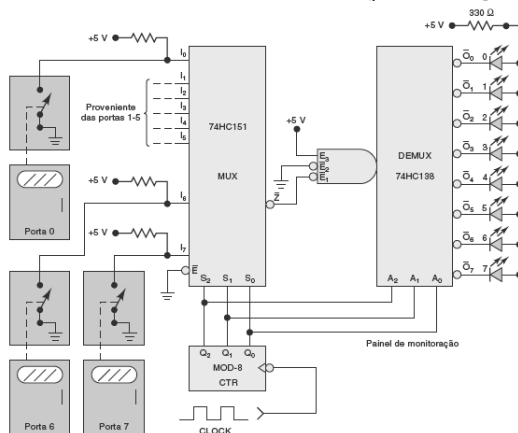
- Os componentes utilizados e a respectiva pinagem;
- Tabela preenchida;
- Fotos das etapas durante a montagem do circuito e etapa final;
- Comentários, discussões e dificuldades encontradas.

Observação: No final do livro (Anexo) tem um modelo de elaboração de relatório para auxiliar na confecção do mesmo.

Curiosidade: Aplicação de demultiplexadores na indústria

O circuito da Figura 8.3 apresenta a monitoração do estado aberto ou fechado de várias portas de uma planta industrial. A utilização de uma combinação Multiplexador/ Demultiplexador reduz a quantidade de fios para o painel de monitoração.

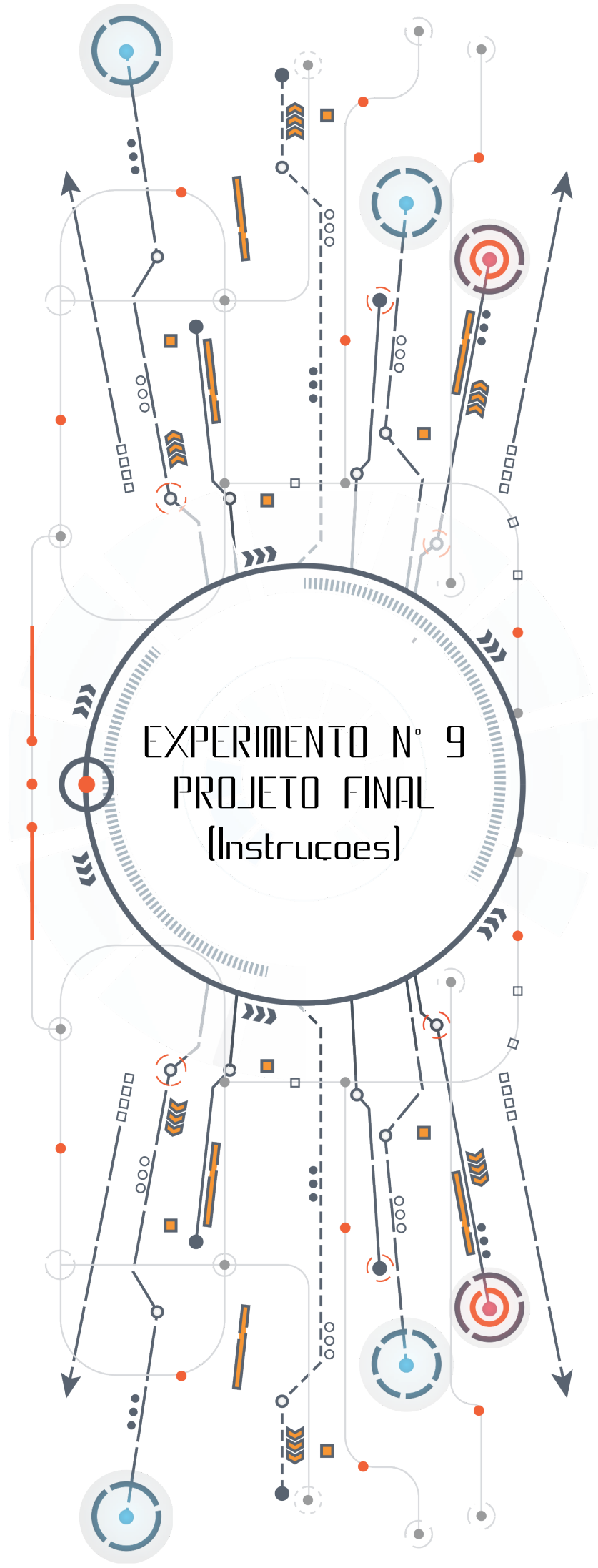
Figura 8.3 - Sistema de monitoração de segurança



Fonte: TOCCI et al., 2011

► **Descrição dos passos de operação do circuito da Figura 8.3:**

- As chaves das 8 portas são entradas de dados do MUX;
- Porta aberta = nível alto / Porta fechada = nível baixo;
- O contador gera as entradas de seleção do MUX e DEMUX;
- As saídas do DEMUX estão conectadas a LEDs, que acenderão em nível baixo;
- O contador fará as entradas de seleção passarem por todos os estados possíveis de 000 a 111;
- Quando o número do contador for igual ao número da chave da porta, o MUX irá inverter e passará para a saída;
- A saída será transmitida para a entrada do DEMUX, que a passará para a saída correspondente.



Esse Capítulo será destinado às instruções para o desenvolvimento do projeto final da disciplina Eletrônica Digital, onde o mesmo será dividido em quatro etapas e por fim será apresentado os critérios e forma de apresentação para a avaliação do projeto final.

► **Etapas do projeto:**

Etapas	Descrição
1ª	Definição e aprovação do projeto da disciplina. A definição do projeto deverá ser discutida entre o professor e os alunos do grupo. O projeto deverá atender os objetivos da disciplina levando em consideração a lógica combinacional e sequencial.
2ª	Separação dos materiais utilizados no projeto.
3ª	Montagem e Teste do projeto.
4ª	Apresentação do projeto final.

► **Itens exigidos na apresentação do Power Point:**

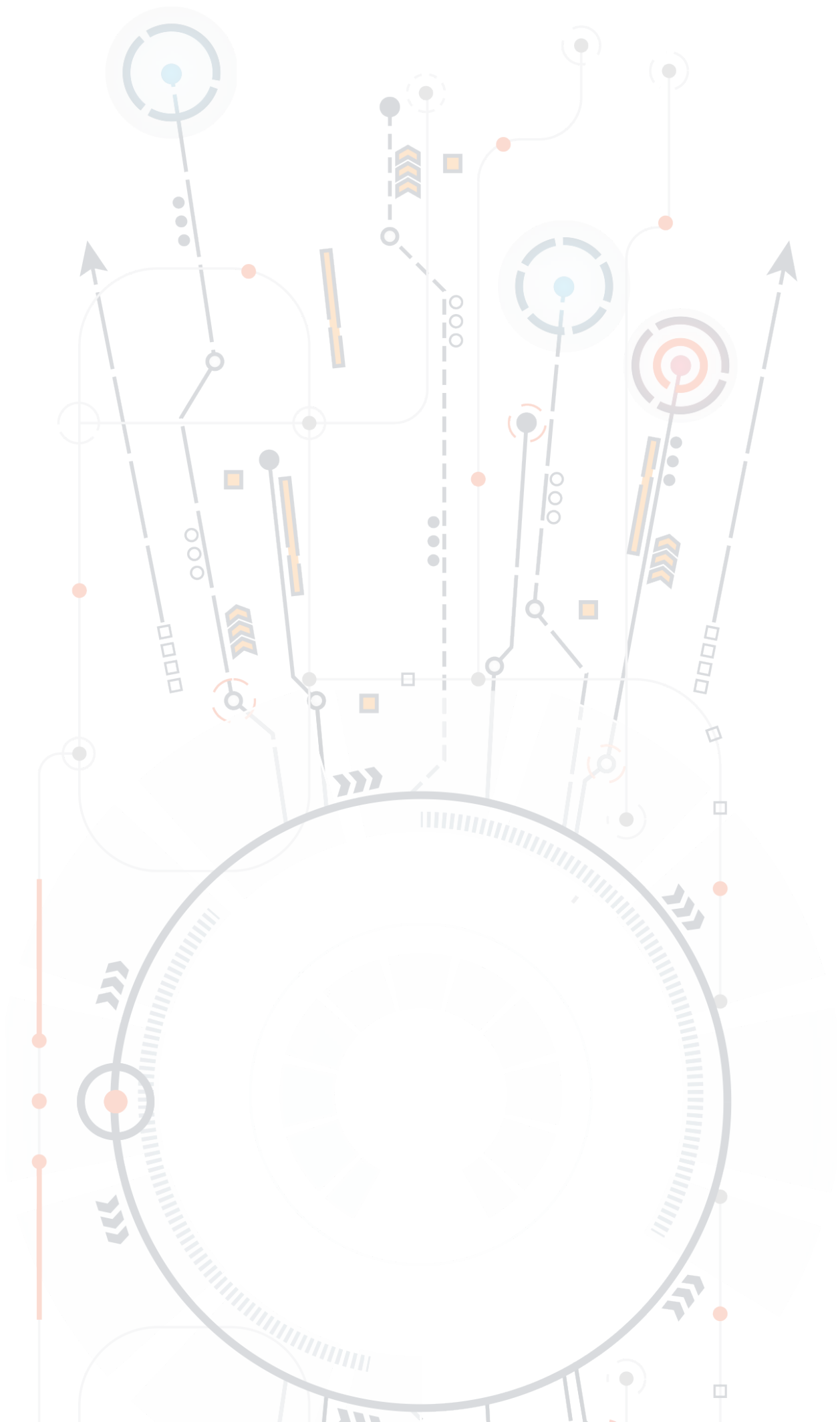
A apresentação do projeto deverá ser realizada em PowerPoint e por fim será realizado o teste do projeto em bancada laboratorial.

Itens	Descrição
1	Introdução
2	Objetivos
3	Materiais utilizados
4	Procedimento experimental (explicação do circuito)
5	Custo do projeto
6	Simulação (opcional)
7	Conclusões
8	Referências bibliográficas

► **Critérios de avaliação da apresentação do projeto:**

Apresentação		
Critérios de Avaliação	Peso	Nota Atribuída
Gestão do tempo (máximo de 15 minutos)	1,0	
Qualidade dos slides	1,0	
Domínio do assunto	2,0	
Vocabulário adequado	1,0	
Utilização adequada dos recursos escolhidos	1,0	
Grau de inovação, dificuldade e dedicação ao projeto executado	2,0	
Funcionamento do projeto em bancada laboratorial	2,0	
Total		

Observação: Trabalhos entregues em data posterior à definida em sala de aula não serão considerados, exceto para os casos em que o aluno apresente justificativa com antecedência ao professor da disciplina.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. BRAGA, N. C. **O Circuito Integrado 555 Mágico**. São Paulo: NCB, 2016.
2. CAPUANO, F. G.; IDOETA, I. V. **Elementos de eletrônica digital**. 41. ed. Revisada e atualizada. São Paulo: Érica, 2012.
3. CARVALHO, A.C.L.; SILVA, D.M. **Laboratório de eletrônica analógica e digital – Teoria e experimentos práticos**. São Paulo: Ed. Senai, 2015.
4. FLOYD, T. **Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
5. GARCIA, P.A.; MARTINI, J. S. C. **Eletrônica Digital: Teoria e Laboratório**. 2. ed. Érica, 2018.
6. HAUPT, A. G.; DACHI, E. P. **Eletrônica digital**. São Paulo: Blucher, 2018.
7. MAINI, A. K. **Digital Electronics Digital Electronics: Principles, Devices and Applications**. Ed. John Wiley & Sons, Ltd., 2007.
8. NETO, A.; OLIVEIRA, Y. **Eletrônica Analógica e Digital Aplicada À IOT: Aprenda de maneira descomplicada**. 1. ed. Alta Books. Rio de Janeiro, 2020.
9. OLANDOSKI, M. **Teoria de Eletrônica Digital**. Vol. 2: Circuitos Sequenciais. Kindle, 2016.
10. SZAJNBERG, MORDKA. **Eletrônica digital: Teoria, componentes e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
11. TOCCI R. J., WIDMER N. S., MOSS G. L. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 11 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
12. TOKHEIM, R. **Fundamentos de Eletrônica Digital**. Vol. 1: Sistemas Combinacionais. 7. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2013.
13. TOKHEIM, R. **Fundamentos de Eletrônica Digital**. Vol. 2: Sistemas Sequenciais. 7. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2013.

Site consultado:

Folha de dados do Circuito integrado 74LS155. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheetpt.com/datasheet-pdf/view/27418/TI/74155.html>. Acesso em 02 de julho de 2020.



MODELO DE ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO

EXPERIMENTO N°. (Título)

1. INTRODUÇÃO

Neste item é realizado um breve resumo do assunto, o qual será abordado no experimento em questão, deve conter de forma sucinta os fundamentos teóricos. Pode citar referências bibliográficas, porém cuidado para não copiar da mesma forma o que está escrito no material a ser consultado.

2. OBJETIVOS

Um aspecto importante dos objetivos geral e específico é a linguagem utilizada para sua redação. Então o ideal é sempre utilizar verbos no infinitivo no início do enunciado dos objetivos, isto é, verbos terminados em: “ar”, “er” ou “ir”. **Exemplo:** Desenvolver a compreensão de circuitos lógicos.

3. MATERIAL EXPERIMENTAL

Descrever os materiais utilizados no experimento especificando detalhadamente cada componente ou equipamento, pode ser utilizada ilustrações dos materiais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Relate nesse item o que realmente foi feito nas etapas do experimento de forma a comparar a teoria de sala de aula com a prática realizada no laboratório. É importante abordar os dados numéricos em forma de tabelas, gráficos para que se tenha uma melhor compreensão dos dados a serem discutidos. Procure relatar também as dificuldades encontradas no experimento de acordo com os dados obtidos.

5. CONCLUSÕES

Na conclusão, o autor deve fazer um fechamento das principais ideias desenvolvidas durante o experimento proposto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A lista de referências, ao final do relatório, deve fornecer ao leitor as informações precisas para facilitar qualquer consulta. Podem ser utilizadas referências de

livros, artigos científicos, endereços eletrônicos, seguindo as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A bibliografia de livros, artigos a serem citados seguem geralmente o padrão: autor(es), título, edição, local, editora e data. Já para os sites consultados é necessário indicar o dia em que a página foi acessada e a inclusão das expressões: “disponível em” e “acesso em”.

Nas citações no corpo do texto, a expressão “*et al.*”, em itálico é utilizada para todos os trabalhos com três ou mais autores. **Exemplo:** “... TOCCI *et al.* (2011) relatam ...”

● **Referências para livros. Exemplo:**

CAPUANO, F. G.; IDOETA, I. V. **Elementos de eletrônica digital**. 41. ed. Revisada e atualizada. São Paulo: Érica, 2012.

● **Referências para artigos. Exemplo:**

OLIVEIRA, A. C. M.; SANTOS, M. S.; BRANDÃO, L. M. S.; RESENDE, I. T. F.; LEO, I. M.; MORILLO, E. S.; YERGA, R. M. N.; FIERRO, J.L.G.; EGUES, S. M. S.; FIGUEIREDO, R. T. The effect of cellulose loading on the photoactivity of cellulose-TiO₂ hybrids for hydrogen production under simulated sunlight. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42 (48), p. 28747-28754, 2017.

● **Referências para dissertações ou teses. Exemplo:**

OLIVEIRA, A. C. M. **O Efeito da carga de celulose na fotoatividade de híbridos de TiO₂-celulose e Pt/TiO₂ para produção de hidrogênio a partir do etanol sob luz solar simulada**. Tese de Doutorado, UNIT, Aracaju, SE, Brasil, 2017.

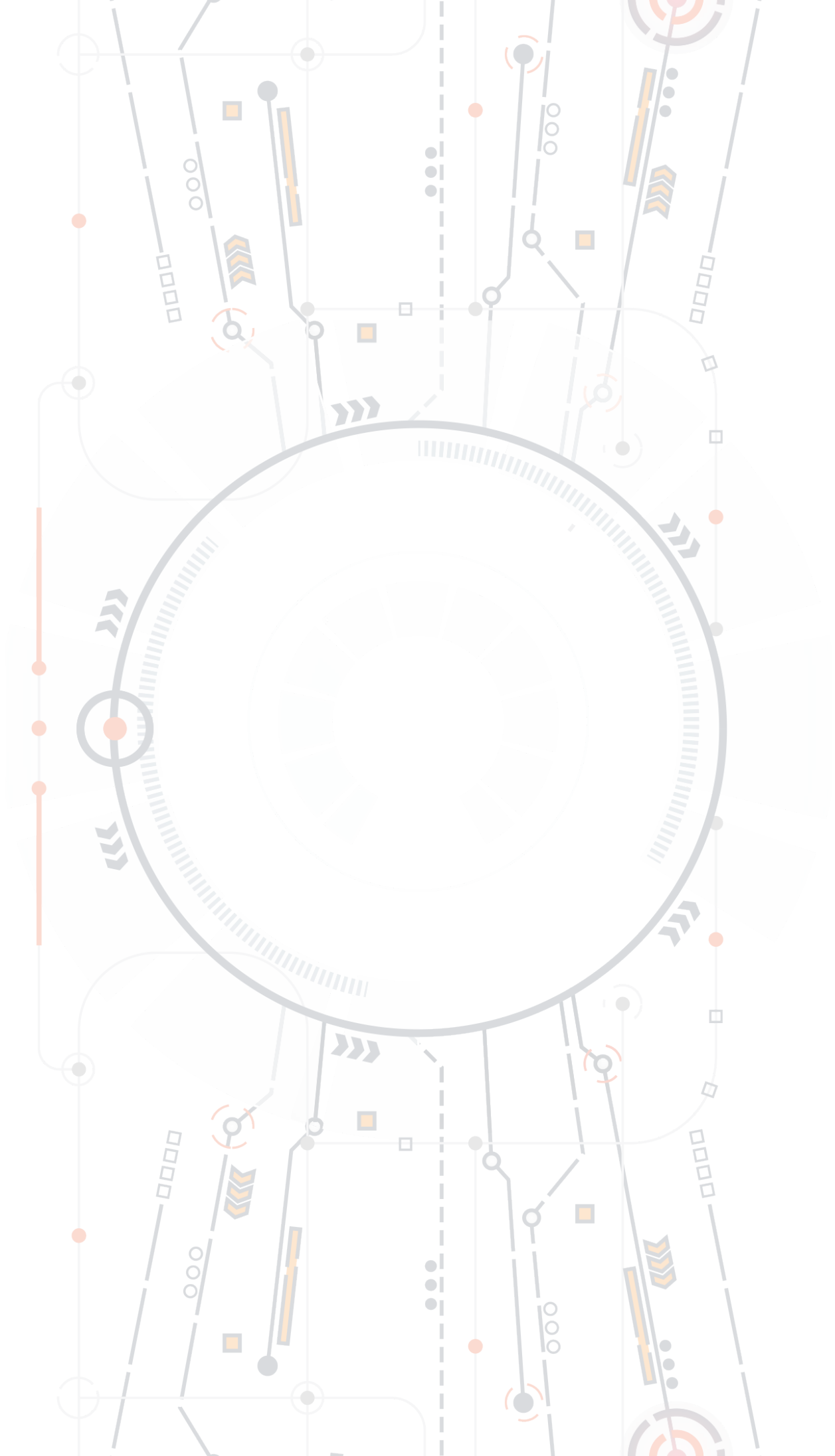
● **Referências de sites de acordo com a ABNT. Exemplo:**

-**Caso o nome do autor possa ser localizado, segue o modelo abaixo:**

SOBRENOME, Nome. Título da matéria. Nome do site, ano. Disponível em: .Acesso em: dia, mês e ano.

-**Caso o nome do autor não seja localizado, segue o modelo abaixo:**

TÍTULO da matéria. Nome do site, ano. Disponível em: . Acesso em: dia, mês e ano.





► **PROFª. DRª. ANA CLAUDIA DE MELO OLIVEIRA**

Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes com período sanduíche realizado no Instituto de *Catálisis y Petroleoquímica*, Universidade Autônoma de Madrid/Espanha (2017). Mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes (2013). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (2008). Graduada em Engenharia Elétrica pela Faculdade Pio Décimo (2005). Atualmente é Professora do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto da área de eletrônica e eletricidade. Tem experiência na área de eletrônica, eletricidade e fotocatalise.



► **PROFª. DRª. LADJANE COELHO DOS SANTOS**

Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco (2014). Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco (2008). Graduada em Engenharia Eletrônica pela Universidade de Pernambuco (1998). Foi Professora efetiva do Instituto Federal de Sergipe e atualmente faz parte do quadro docente do Instituto Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, possui pesquisas nos seguintes temas: *thermography*, *breast cancer*, *parametric analysis*, simulação computacional e *coordinates measuring machine*, estação meteorológica.



► **PROFº. DR. IRAÍ TADEU FERREIRA DE RESENDE**

Doutor e Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes UNIT (2019/2015). Graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade Pio Décimo (2007). Atualmente é Professor do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto, da área de eletrônica e eletricidade. Tem experiência na área de eletrônica, eletricidade, fontes alternativas de energia e catalisadores naturais.

SOBRE OS AUTORES



► **PROFº. DR. GILDERLAN RODRIGUES OLIVEIRA**

Doutor e Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes UNIT (2018/2014). Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (2007). Graduado em Formação Pedagógica para Formadores da Educação Profissional pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2010). Atualmente é Professor efetivo do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais, atuando principalmente nos seguintes temas: controladores industriais, sistemas de supervisão, modelagem matemática e redes neurais.



► **PROFº. Me. DENILSON PEREIRA GONÇALVES**

Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Sergipe (2012). Graduado em Engenharia Elétrica - Pio Décimo - Campus III (2008). Atualmente é Professor efetivo do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica Industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: reator solar híbrido, cura acelerada, concreto, tratamento de água, osmose reversa, manutenção e automação.



► **PROFº. Me. HENRIQUE NUNES
DE SANTANA**

Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (2017). Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (2006). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrotécnica. Atualmente é Professor efetivo no Instituto Federal de Sergipe, Campus Itabaiana.



► **PROFº. Me. WALDINEY GIACOMELLI**

Mestrado em meio Ambiente e Desenvolvimento (2011). Graduado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário da FEI (1980). Atuação como docente desde 1991. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica. Atualmente é Professor efetivo no Instituto Federal de Sergipe, Campus Aracaju.



► **JEANE DE SOUZA COSTA**

Tecnóloga em Automação Industrial pelo Instituto Federal de Sergipe (2019). Possui ensino médio segundo grau pelo Instituto Federal de Sergipe (2005).



