



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS**

BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

CAROLINA DE OLIVEIRA SALGADO

**EXPLORANDO AS NOMENCLATURAS DE LATCH E FLIP-FLOP NA
LITERATURA REFERENTE À ELETRÔNICA DIGITAL**

Palmas – TO
2022

CAROLINA DE OLIVEIRA SALGADO

**EXPLORANDO AS NOMENCLATURAS DE LATCH E FLIP-FLOP NA
LITERATURA REFERENTE À ELETRÔNICA DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Palmas*.

Orientador: Dr. Marcos Balduino de Alvarenga

Palmas – TO

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

S164e Salgado, Carolina de Oliveira
Explorando as nomenclaturas de latch e flip-flop na literatura
referente à eletrônica digital / Carolina de Oliveira Salgado. – Palmas,
TO, 2022.
24 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2022.

Orientador: Dr. Marcos Balduino de Alvarenga

1. Eletrônica Digital. 2. Circuitos Sequenciais. I. Alvarenga,
Marcos Balduino de. II. Título.

CDD 621

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

CAROLINA DE OLIVEIRA SALGADO

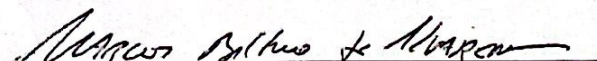
**EXPLORANDO AS NOMENCLATURAS DE LATCH E FLIP-FLOP NA
LITERATURA REFERENTE À ELETRÔNICA DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Elétrica do Curso de
Engenharia Elétrica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, *Campus Palmas*.


Orientador: Dr. Marcos Balduino de Alvarenga

Aprovado em: 21/06/2022

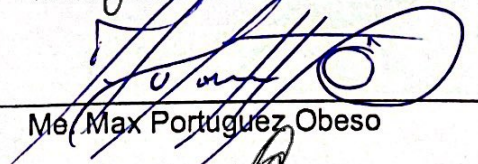
BANCA EXAMINADORA




Dr. Marcos Balduino de Alvarenga
Orientador



Me. Mateus Lima Peduzzi



Me. Max Portugal Obeso



Me. Rodrigo Soares Lellis Gori

Palmas – TO
2022

RESUMO

Esse trabalho traz a comparação entre os circuitos sequenciais apresentados por diferentes autores na literatura referente à eletrônica digital. Ao estudar *latches* e *flip-flops*, são encontradas divergências entre distintos autores sobre esse mesmo tema, que é ponto de partida para estudos de outros dispositivos. Tais diferenças encontradas podem dificultar a clara compreensão dos que se interessam pela área e que buscam mais de uma fonte para as suas pesquisas. Foram selecionados oito livros a fim de analisá-los e encontrar consenso nos conceitos, nomenclatura e classificação destes circuitos sequenciais, procurando ter uma melhor compreensão dentro dos tópicos *latches* e *flip-flops*. O trabalho é introduzido com uma apresentação de duas grandes áreas de estudo da eletrônica digital. Em seguida, explora-se a abordagem dos conceitos de cada livro dentro dos capítulos que tratam de redes sequenciais, *latches* e *flip-flops*. Também são analisadas características como a didática, o objetivo e o ano de publicação da obra. Ao compará-los, nota-se que embora a construção dos circuitos sejam semelhantes e possuam o mesmo comportamento, alguns conceitos e nomenclaturas se diferem. Pode-se constatar também que as outras características apresentadas interferem nas diferenças entre as obras que podem trazer dúvidas aos usuários.

Palavras-chave: *Latch*. *Flip-Flop*. Circuito Sequencial.

ABSTRACT

This work brings a comparison between the sequential circuits presented by different authors in the digital electronics literature. When studying latches and flip-flops, divergences are found among different authors about this same theme, which is the starting point for studies of other devices. These differences can complicate the clear understanding of those who are interested in the area and seek more than one source for their research. Eight books were selected in order to analyze them and find consensus in the concepts, nomenclature and classification of these sequential circuits, trying to have a better understanding within the topics latches and flip-flops. The work is introduced with a presentation of two major study areas of digital electronics. Then, the approach to the concepts of each book is explored within the chapters that deal with sequential networks, latches and flip-flops. Also analyzed are characteristics such as didactics, objective and year of publication. When comparing them, it is noticed that although the construction of the circuits are similar and have the same behavior, some concepts and nomenclatures differ. It can also be seen that the other characteristics presented interfere in the differences between the works that can bring doubts to the users.

Keywords: Latch. Flip-flop. Sequential Circuit.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	DESENVOLVIMENTO DE CADA OBRA	12
2.1	Eletrônica Digital; Herbert Taub e Donald Schilling; 1982	12
2.2	Circuitos Digitais e Microprocessadores; Herbert Taub; 1984	13
2.3	Elementos de Eletrônica Digital; Ivan Idoeta; Francisco Capuano; 1984	13
2.4	Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações; Ronald Tocci e Neal Widmer; 7ª edição; 1998	14
2.5	Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações; Ronald Tocci e Neal Widmer; 8ª edição; 2003	15
2.6	Eletrônica Digital: Circuitos e Tecnologias LSI e VLSI; Sérgio Garue; 2004	16
2.7	Eletrônica Digital: Teoria e Laboratório; Paulo Garcia e José Martini; 2006	17
2.8	Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações; Tom Floyd; 2007	17
2.9	Eletrônica Digital Moderna e VHDL; Volnei Pedroni; 2010	18
3	DISCUSSÕES	20
4	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

“O campo da eletrônica digital é basicamente dividido em duas áreas: lógica combinacional e lógica sequencial.” (IDOETA; CAPUANO, 1984). Os circuitos combinacionais realizam operações, comparações, codificações e decodificações. Mas quando se precisa de informações passadas, dependentes do tempo ou outras atividades mais complexas, são utilizados circuitos sequenciais, cuja base está nas estruturas de *latches* e *flip-flops*.

“Os dispositivos biestáveis têm dois estados estáveis, chamados de *SET* e *RESET*; tornando-os úteis como dispositivos de armazenamento.” (FLOYD, 2007) Por este motivo, os *latches* e *flip-flops* também são conhecidos por multivibradores biestáveis.

“Os circuitos sequenciais têm as saídas dependentes das variáveis de entrada e/ou de seus estados anteriores que permanecem armazenados, sendo, geralmente, sistemas pulsados, ou seja, operam sob o comando de uma sequência de pulsos denominada *clock*.” (IDOETA; CAPUANO, 1984).

Essas entradas iniciais operam como um controle desses circuitos, que podem ser configurados de duas formas. A primeira se trata das entradas sensíveis ao nível, onde o circuito só irá operar enquanto a entrada de controle estiver ativa. Já a segunda maneira, Floyd (2007) explica que “Um *flip-flop* disparado por borda muda de estado na borda positiva (borda de subida) ou na borda negativa (borda de descida) do pulso de *clock* e é sensível às entradas apenas nas transições do *clock*.”.

Ao introduzirem o capítulo sobre *flip-flops*, Tocci e Widmer (2003) expõem que “(...) várias portas podem ser conectadas de modo a permitir que a informação seja armazenada. Muitas interconexões diferentes de portas são usadas para produzir *flip-flops*”. Termos comuns que podem ser encontrados conforme o arranjo de tais portas lógicas são os tipos SR (*Set-Reset* – “definir-redefinir”), JK (devido ao nome do criador, Jack Kilby, ou uma associação ao SR, que seria *Jump-Kill* – “pular e matar”), D (*Data* – “dado”, “informação”), T (*Toggle* – “alternância”, “comutação”) e *Master-Slave* (ou Mestre-Escravo). Esses tipos são definidos conforme as entradas e a construção do biestável em questão.

O estudo desses blocos não é em vão. Pelo contrário, os circuitos apresentados são muito utilizados e de suma importância na atualidade. “Um bom

exemplo de uma aplicação de um *latch* é na eliminação do “repique” (*bounce*) do contato de uma chave mecânica.” (FLOYD, 2007). Esses repiques são ruídos, rápidas variações, perturbações ou interferências no sinal causados na leitura dessas chaves. “As principais aplicações de *flip-flop* são os contadores e registradores.” (GARCIA; MARTINI, 2008) Contador é uma espécie de circuito digital que possibilita a leitura do estado atual do circuito, sendo possível construí-lo através de diferentes métodos. É possível encontrar mais exemplos de aplicação dos *flip-flops* nos circuitos de computadores, microcontroladores e até mesmo em semáforos de trânsito.

Embora semelhantes, *latches* e *flip-flops* não são o mesmo. *Flip-flops* são circuitos provenientes dos *latches*, diferenciando principalmente na forma de mudança de estado. Porém, ao explorar diferentes autores e profissionais da eletrônica opinando sobre estes circuitos pode-se ter elevado grau de incerteza ao definir cada um conforme o discorrer de cada autor. Ao longo deste trabalho serão apresentados oito livros escolhidos a fim de comparar o tratamento de cada autor sobre esses biestáveis. São estes: Eletrônica Digital (Taub e Schilling, 1982), Circuitos Digitais e Microprocessadores (Taub, 1984), Elementos da Eletrônica Digital (Idoeta e Capuano, 1984), Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações 7ª e 8ª edições (Tocci e Widmer, 1998 e 2003), Eletrônica Digital: Circuitos e Tecnologias LSI e VLSI (Garue, 2004), Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações (Floyd, 2007), Eletrônica Digital: Teoria e Laboratório (Garcia e Martini, 2008) e Eletrônica Digital Moderna e VHDL (Pedroni, 2010).

2 DESENVOLVIMENTO DE CADA OBRA

2.1 Eletrônica Digital; Herbert Taub e Donald Schilling; 1982

Os autores buscam entregar o conteúdo de maneira compreensível mantendo a riqueza de informações e agregando conhecimento dos avanços na área de circuitos integrados da década anterior à publicação do livro.

“Por esta, razão, esperamos que este trabalho encontre lugar não apenas nas salas de aula, mas também em um programa de auto estudo para leitores que desejam manter-se informados acerca dos desenvolvimentos correntes.” (TAUB; SCHILLING, 1982).

Neste livro, os biestáveis são apresentados no capítulo 9, sendo organizado em 21 tópicos. Cada um detalha um tipo de *flip-flop* ou alguma característica do mesmo, distribuídos da seguinte forma: Introdução, Terminologia, O *flip-flop* como elemento de memória, *Flip-flop* usando portas NAND, Chave sem vibração, *Flip-flop* síncrono, Interconexão de *flip-flop*: o *flip-flop* mestre escravo, *Flip-flop* sensível à borda com acoplamento 'ca', *Flip-flop* síncrono com acoplamento 'ca', *Flip-flop* com armazenamento capacitivo, *Flip-flop* com retardo de propagação, *Flip-flop* JK, *Flip-flop* tipo D. O capítulo finaliza com análise de circuitos ao nível de transistor destes elementos disponíveis comercialmente em circuitos integrados.

2.2 Circuitos Digitais e Microprocessadores; Herbert Taub; 1984

Este livro é considerado pelo autor como introdutório nos estudos de eletrônica digital. “Ele abrange princípios básicos de sistemas digitais e de projeto lógico e fornece, ainda, uma introdução a microprocessadores e a sistemas baseados em microprocessadores.” (TAUB, 1984).

No capítulo 4, são detalhados circuitos de memória com exemplos que facilitam a visualização e compreensão do leitor, cuidadosamente diferenciando *latch* e *flip-flop*. No início do capítulo, Taub apresenta o *latch* estático e suas aplicações. Em seguida, trata de *latch* dinâmico – ou controlado –, *bounce*, *latch* controlado tipo D, *latch* transparente e da limitação do *latch* como elemento armazenador – quando se coloca esse dispositivo em cascata –, que abre espaço para introduzir os *flip-flops*. O capítulo segue com os tópicos sobre *flip-flop* mestre-escravo – o qual aponta como elemento construído a partir de dois *latches* individuais conectados por portas de acoplamento –, as entradas diretas (entradas assíncronas e transições de borda), *flip-flop* JK, tipo T, *flip-flop* JK gatilhado pela borda e segue registradores, contadores e outros tópicos que fogem do foco deste trabalho.

2.3 Elementos de Eletrônica Digital; Ivan Doeta; Francisco Capuano; 1984

Neste livro, os autores discorrem sobre o assunto de forma clara e compreensível. Devido a essa didática, se tornou um livro de referência em meio aos estudantes da área para ajudar a compreender os conceitos ministrados em aula. O capítulo 6, intitulado *Flip-Flop, Registradores e Contadores*, é introduzido com uma

breve explicação sobre circuitos combinacionais e sequenciais, sobre o que é o *flip-flop* e como o *clock* se comporta. Neste livro, não se encontra informações sobre *latch* e quase todos os circuitos tratados possuem a entrada de *clock*, com apenas uma exceção, nomeado *flip-flop* RS básico.

Doeta e Capuano trazem o estudo com tópicos bem divididos. Iniciam pelo *Flip-Flop* RS Básico, circuito apenas com duas portas NAND realimentadas, o único circuito sem *clock* apresentado pelos autores. Após explicar seu comportamento para a compreensão de como funciona um *flip-flop*, o *clock* começa a participar dos circuitos. Os autores seguem com JK (com entradas *Preset* e *Clear*, Mestre-escravo e a junção de ambos), *Flip-Flops* tipo T e tipo D. Logo após entram com os tópicos Registradores de deslocamento, Contadores assíncronos, Contadores síncronos e Contadores utilizados em circuitos temporizadores. O capítulo é finalizado com exercícios.

Apresenta-se passo a passo o funcionamento dos *flip-flops* na porta NAND, utilizando o circuito com as portas e blocos representativos, tabelas-verdade e diagramas de nível, destrinchando o que ocorre em cada situação e visualmente explícito para que o leitor possa compreender com tranquilidade como se comporta cada *flip-flop*.

2.4 Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações; Ronald Tocci e Neal Widmer; 7ª edição; 1998

Os autores introduzem o livro declarando fornecer todos os princípios que o leitor precisa para compreender a maior parte do material, mas afirmam que “Embora algum conhecimento básico de eletrônica ajude, a maior parte desse material não exige conhecimento prévio de eletrônica.” (TOCCI; WIDMER, 1998). É informado, logo após o prefácio, as melhorias e mudanças em relação à edição anterior, apontando a realização de revisão do material e de reescrita de algumas partes a fim de deixar as explicações ainda mais claras e completas, adicionando exemplos e atividades.

Ainda antes de iniciar o conteúdo propriamente dito, há um resumo dos principais elementos da eletrônica como teoremas booleanos, portas lógicas e suas tabelas-verdade. Neste, há uma sessão dos multivibradores, onde se pode previamente observar os símbolos e tabelas-verdade de *latches* com porta NOR, com

porta NAND e D, de *flip-flops* SC (ou SR, como apresenta posteriormente), JK e D todos os três com *clock* e sobre as entradas assíncronas.

Flip-flops e dispositivos correlatos, capítulo 5 da obra, apresenta sumário e objetivos do capítulo logo no início. Na própria introdução, encontra-se a definição para os elementos em questão:

“Flip-flop é conhecido por outros nomes, incluindo *latch* e multivibrador biestável. O termo *latch* é usado para certos tipos de flip-flops que descreveremos. O termo multivibrador biestável é a denominação mais técnica para um flip-flop, porém é um termo muito extenso para ser usado regularmente.” (TOCCI; WIDMER, 1998)

Os dispositivos abordados são os mesmos mencionados anteriormente, com o acréscimo do *flip-flop* mestre escravo no final, porém não se desenvolve muito sobre, afirmando ser obsoleto e possuir uma versão melhorada, com travamento de dados. Há uso de recursos visuais, aproveitando os circuitos para explicar o funcionamento dos elementos, estudos de caso, apresentação de simbologia (IEEE/ANSI – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos/Instituto Nacional Americano de Padrões), aplicações com *flip-flops* e várias outras considerações e informações. Contudo, é notável que os circuitos são referidos como *latches* enquanto não se trabalha com *clock*. A partir do momento que se introduz essa sincronização, os elementos passam a ser chamados por *flip-flop*.

Todo esse conteúdo foi muito bem construído e com o avanço do material diferenciado, facilitando muito a compreensão. Ainda apresenta exemplos e questões para revisão em todos os tópicos, tornando um capítulo bem rico e detalhado.

2.5 Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações; Ronald Tocci e Neal Widmer; 8ª edição; 2003

Assim como a edição anterior, o prefácio apresenta basicamente as mesmas informações. Na sessão de melhorias e mudanças, os autores apontam as alterações em relação à 7ª edição. Nota-se que algumas atualizações, alterações no design da obra e a ausência da sessão de resumo encontrada na edição anterior. O capítulo 5 possui as mesmas características da edição anterior, com algumas singelas revisões no texto, sem alterar o conteúdo ou a didática propriamente dito.

2.6 Eletrônica Digital: Circuitos e Tecnologias LSI e VLSI; Sérgio Garue; 2004

Encontra-se neste livro uma abordagem detalhada, específica e com maior grau de complexidade das redes sequenciais. A proposta da obra é voltada a uma área mais específica da eletrônica, portanto se utiliza de conceitos e termos pouco vistos em aulas e livros mais superficiais, demonstrando as tecnologias LSI e VLSI.

“Este livro propõe exatamente retomar os elementos fundamentais da eletrônica digital, enfatizando a análise de circuitos e tecnológica das estruturas integradas mais comuns.”, diz Sérgio Garue (2004) na introdução do seu livro. O autor busca apresentar o conteúdo utilizando “colocações didaticamente válidas para estudantes de cursos técnicos e universitários”. Após fazer uma abordagem introdutória, o autor se aprofunda na área de tecnologias LSI e VLSI (*Large Scale Integration* e *Very Large Scale Integration* – Integração em grande escala e integração em escala muito grande). Assim, entende a necessidade do domínio de elementos fundamentais e específicos da eletrônica integrada para melhor capacitação dos futuros profissionais da área.

O capítulo 3, *Redes Sequenciais*, é o último capítulo da parte introdutória do livro, começa explanando sobre redes de memória como o sistema mais geral descrito por autômatos de estados finitos (ou máquina de estados finitos). Em seguida, trata de classificações e propriedades gerais: classificação por modelo ou configuração (redes de *Moore* ou redes de *Mealy*) e pelo modo de funcionamento (sensível aos pulsos ou sensível aos níveis, subdividindo o primeiro em síncronas e assíncronas).

Após uma grande explanação teórica, ele introduz os biestáveis elementares propriamente ditos, começando pelo SR, no qual é nomeado *Set-Reset Flip-Flop* ou *Latch*, ou *Eccles-Jordan Bistable Element*. Após uma explicação detalhada, apresenta o *flip-flop* tipo T, seguido pelo JK, onde o autor discorre de modo mais aprofundado em relação aos outros tipos, por fim, o tipo D. Apresenta o *Master-Slave* como o primeiro objeto de estudo que permite isolar as saídas das entradas. Também mostra o *Flip-flop ET (Edge-Triggered flip-flop)*, um biestável de análise e síntese complexas cuja transição de estado pode ocorrer só em correspondência com a frente de onda do sinal de *clock*. A partir deste ponto o capítulo segue para a análise das redes síncronas e assíncronas.

2.7 Eletrônica Digital: Teoria e Laboratório; Paulo Garcia e José Martini; 2006

A obra tem uma abordagem didática dos circuitos destinada à introdução dos estudantes aos laboratórios, portanto sua demonstração é mais sucinta, trazendo como exemplo um projeto para experiência laboratorial no final de cada capítulo. Os autores afirmam claramente que seu objetivo é que este livro seja um guia para professores e alunos para o ensino e aprendizado da eletrônica digital. Ao final, eles fazem votos de que os estudantes absorvam e dominem o conteúdo ministrado. Garcia e Martini afirmam no prefácio da obra que “[...] é preciso interagir o aluno com equipamentos físicos, treinando-o no mundo real e com dificuldades e problemas que só se verificam na manipulação direta com o hardware [...]” (GARCIA; MARTINI, 2008).

Em seu capítulo 5, *Flip-flops e Registradores*, no tópico inicial são apresentados os circuitos biestáveis, conhecidos como *flip-flops*, e a diferença entre entradas sensíveis à borda e sensíveis ao estado. A seguir, vêm os tipos de *flip-flops*, em tópicos específicos: *Flip-Flop RS*, *Flip-Flop D* (no qual os autores também chamam de *latches*) e *Flip-Flop JK*. Em cada um destes tópicos são usados pelos autores circuitos com portas NAND, tabelas da verdade, blocos representativos e diagramas de três circuitos integrados do tipo D, com diferentes configurações, sempre visando a compreensão das aplicações destes circuitos. Não é apresentado o *Flip-Flop T* ou o *Flip-Flop Master-Slave* (ou Mestre-Escravo, citado por outros autores) e suas explicações são consideravelmente superficiais, expondo o básico para entender o funcionamento dos biestáveis.

2.8 Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações; Tom Floyd; 2007

Ao longo da obra, percebe-se a organização das informações e didática da mesma, características que a destaca em meio aos estudantes. Cada capítulo é iniciado com um resumo dos assuntos tratados e em seguida apresentam-se tópicos, objetivos e termos importantes do capítulo. Tom Floyd traz em sua obra uma proposta didática com um conjunto de recursos e direcionamentos para professores e estudantes.

“Este livro foi cuidadosamente organizado para incluir uma abordagem atualizada de tópicos que podem ser abordados em sua totalidade, de forma condensada ou ainda suprimindo alguns, de acordo com a ênfase da disciplina. A abordagem dos tópicos é clara, direta e bem ilustrada, seguindo o formato bem-sucedido das edições anteriores. Muitos tópicos foram enriquecidos ou ampliados e diversas melhorias podem ser encontradas ao longo dele.” (FLOYD, 2007)

Na introdução do capítulo 7, *Latches, Flip-Flops e Temporizadores*, Floyd (2007) diz que “são abordados os dispositivos lógicos biestável, monoestável e astável, denominados multivibradores.”. Em seguida, encontra-se que “a principal diferença entre os *latches* e os *flip-flops* é o método usado para a mudança de estado deles” (FLOYD, 2007). Este capítulo começa tratando de *latches*, classificando-os como SR, SR controlado e D controlado. Segue com *flip-flops*, quando os define como *Flip-Flops* disparado por borda: SR disparado por borda, D disparado por borda, JK disparado por borda (entradas assíncronas de *preset* e *clear*) e comenta no final do tópico sobre duplo *flip-flop* D e duplo *flip-flop* JK. Em seguida, apresenta o tópico Características de Operação dos *Flip-Flops* (tempo de *setup*, tempo de *hold*, etc.), depois aborda, em tópicos, os dispositivos Monoestáveis, seguidos do Temporizador 555 e finaliza com Análise de Defeito. O autor não traz o *toggle* como um tipo de *flip-flop*, mas como um modo de operação aplicado na tabela da verdade dos *flip-flops*, sabendo que estes são disparados por borda.

No início, ao apresentar os *latches*, mais especificamente o *latch* SR, o autor mostra o circuito com NAND e NOR, explanando o conteúdo com as portas lógicas passo a passo. Afirma, por demonstração, a equivalência da porta NAND com a porta OR com as entradas negadas e recorre à segunda opção para o desenvolvimento ao longo de todo o capítulo. Floyd se utiliza também do diagrama de níveis para demonstrar exemplos, tabelas, aplicações e os circuitos integrados. Esses recursos trazem ao leitor uma experiência mais rica e ilustrada, o que potencializa a compreensão da atuação dos circuitos apresentados.

2.9 Eletrônica Digital Moderna e VHDL; Volnei Pedroni; 2010

O livro do Pedroni (2010), como o próprio autor define, é inovador e didático, que traz cada conteúdo de forma específica, aprofundada e raramente encontrada em meio às obras desta área. Ainda abrange os três aspectos relacionados ao ensino de circuitos digitais (princípios digitais, eletrônica digital e projetos digitais) e traz uma

nova apresentação do conteúdo buscando incluir novas e modernas técnicas digitais. Esta obra envolve um tema específico na área da eletrônica, exigindo que o autor trabalhe os assuntos introdutórios, necessários para o estudo desenvolvido pelo livro, com grau de complexidade elevado. O livro encontra-se dividido em duas partes: uma parte com abordagem teórica e outra parte abordando as configurações de instruções com a aplicação da linguagem VHDL (*VHSCI Hardware Description Language*, onde *VHSCI* significa *Very High Speed Integrated Circuits* – Linguagem de descrição de hardware para circuitos integrados de velocidade muito alta).

O capítulo 13, *Registadores*, inicia lembrando a ideia de lógica combinacional e apresentando a de lógica sequencial. Essa abordagem de retomada dos conceitos lógicos torna o texto mais claro. Ainda introduz também as classificações dos *flip-flops*:

“Dependendo de suas funcionalidades, os mesmos podem ser classificados como *flip-flops* D (*dados*), T (*toggle*), SR (*set-reset*) ou JK. Contudo, projetos modernos empregam quase que exclusivamente o *flip-flop* tipo D (DFF), com o *flip-flop* tipo T (TFF) em segundo lugar.” (PEDRONI, 2010).

Em seguida, começa a detalhar o estudo de *latches* (SR e D) e *flip-flops*, os quais classifica como D, D Mestre-Escravo, D Baseado Em Pulsos, D de Borda Dupla, D Estatisticamente de Baixo Consumo, Portas de Controle para *Flip-Flops* D e finaliza com *Flip-Flop* T. Utiliza circuitos com NANDs, tabelas da verdade, diagrama de blocos e de níveis, além dos circuitos CMOS (*Complementary metal-oxide semiconductor*) ao nível transistor e de desenvolvimento explícito. Dentro deste capítulo, ao entrar no funcionamento do *flip-flop*, o autor ainda aponta:

“Diferentemente dos *latches*, que são sensíveis a nível, os *flip-flops* são sensíveis à borda. Em outras palavras, ao passo que um *latch* é transparente durante todo um semi período de *clock*, um *flip-flop* D é transparente somente durante uma das transições do *clock*.” (PEDRONI, 2010)

Ao longo da leitura observa-se os circuitos sequenciais sendo distinguidos por projetos regulares e projetos baseados em máquinas de estado, como o autor promete no prefácio do livro. Também no prefácio, Pedroni explica que a análise dos circuitos a nível de transistor propicia “[...] uma visão mais realista sobre os circuitos integrados digitais e também uma introdução à microeletrônica (VLSI), ambos indispensáveis em cursos digitais modernos” (PEDRONI, 2010).

3 DISCUSSÕES

Para facilitar a visualização e comparação, foi construída uma tabela com as principais características encontradas em cada obra:

Tabela 1 – Tipos de latches e flip-flops citados em cada livro

LIVRO		TAUB SCHILLING 1982	TAUB 1984	IDOETA CAPUANO 1984	TOCCI WIDMER 1998/ 2003	GARUE 2004	FLOYD 2007	GARCIA MARTINI 2006	PEDRONI 2010
LATCH	SR	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓
	D	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓
	COM CLK	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓
	OUTRO	✗	Transparente	✗	✗	✓	✗	✗	✗
FLIP-FLOP	SEM CLK	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗
	SR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	JK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MESTRE-ESCRAVO	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
	OUTRO	✗	JK Gatilhado por borda	✗	✗	Flip-flop Edge-Triggered	✗	✗	✓
TOGGLE		Modo de Operação	Tipo de Flip-flop	Tipo de Flip-flop	Modo de Operação	Tipo de Flip-flop	Modo de Operação	Tipo de Flip-flop	Tipo de Flip-flop
OBSERVAÇÕES		Faz análise de alguns flip-flops disponíveis comercialmente, como o RTL, DTL e o ECL.	Introduz o clock utilizando latch, porém não recomenda uso; Cita flip-flop SR, mas diferente dos demais, não há tópico específico sobre ele.	-	Considera latch como subconjunto de flip-flop que opera sem clock; Latch tipo D é transparente.	Considera latch e flip-flop o mesmo; Diferencia os circuitos de flip-flop com e sem clock.	-	Não é explicado sobre o tipo toggle, mas é citado em outro capítulo à frente; Aponta que latch e flip-flop D são o mesmo circuito.	Latch tipo D é transparente; Cita todos os flip-flops acima, mas desenvolve apenas o tipo D; Classifica diversos tipos de latches e flip-flops em grupos.

Fonte: Elaborado pela autora

Constata-se que cada um dos autores apresenta os mesmos conceitos e os mesmos circuitos, porém, em cada obra os circuitos básicos possuem nomes diferentes. Por não se encontrar um padrão único que nomeie os elementos biestáveis aqui citados de forma indistinta, provocando identificação imediata entre cada circuito e seu nome, pode haver dificuldades de aprendizado e discussão se tratando destes circuitos, causando confusão em meio aos leitores ao realizar pesquisas e nos estudos por conta própria, desde estudantes de nível técnico até profissionais retomando estudos de tais assuntos.

Pode-se observar que cada livro possui objetivos específicos e distintos, os quais moldam seu conteúdo. Livros como os de Doeta e Capuano (Elementos de Eletrônica Digital), Tocci e Widmer (Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações) e de Floyd (Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações) são obras cujos autores

construíram para serem aplicados em sala de aula, apoiar o ensino de professores e serem guias para o aprendizado dos estudantes e de demais leitores como autodidatas. Enquanto isso, o livro de Garcia e Martini leva o leitor a uma experiência mais prática, aplicada ao laboratório. Já livros como os de Garue (Eletrônica Digital: Circuitos e Tecnologias LSI e VLSI) Pedroni (Eletrônica Digital Moderna e VHDL) usam o conteúdo como amparo introdutório para aprofundar nas áreas específicas tratadas em cada. A introdução e o discorrer nas explicações, a quantidade de circuitos apresentados, suas classificações e os didatismos utilizados para explanar cada um dos circuitos são um tanto particulares, considerando que o assunto abordado pelos autores é comum nos cursos de engenharia elétrica, eletrônica e áreas afins. Ainda assim, não se compreende com clareza a razão do mesmo circuito nomeado *Latch* RS por Floyd, ter o nome de *Flip-Flop* RS básico no livro de Idoeta e Capuano, por exemplo.

Outro ponto a ser notado é acerca das duas primeiras obras abrangidas neste trabalho. Ambas possuem Hebert Taub como autor, porém com nomenclaturas distintas ao serem tratados os mesmos assuntos. Uma possibilidade seria a influência do coautor Donald Schilling no livro Eletrônica Digital, pois em Circuitos Digitais e Microprocessadores a autoria é exclusiva de Taub. Além disso, há 2 anos de diferença entre as publicações, que podem ter levado o autor a retratar tais circuitos de maneira divergente da anterior.

Diante desta análise comparativa tem-se, também, que os livros foram escritos em épocas diferentes. Vê-se um desenvolvimento cada vez mais rápido na área da eletrônica e da tecnologia e cada obra é produto de seu tempo. Para melhor visualizar tal evolução, este trabalho trouxe os livros por ordem cronológica de publicação. A primeira edição do livro de Floyd foi escrita em 1977 e a mais recente é de 2007. É possível observar tal progressão cronológica também na obra de Tocci e Widmer, sendo analisada duas edições consecutivas. Ao que se consegue ver, as obras são alteradas a cada edição de maneira que se manteve a qualidade do material anterior, mas evoluindo segundo os avanços da área. Assim, é notável que as obras didáticas enriqueceram com os anos, adaptando seu conteúdo com os conhecimentos disponíveis em sua época e as necessidades encontradas na qual os autores desejavam suprir.

4 CONCLUSÃO

Após as considerações realizadas, afirma-se que não há consenso dos autores ao nomear os circuitos sequenciais apresentados nos capítulos estudados neste trabalho, embora a construção destes elementos de memória aconteçam de maneira semelhante nos livros. A partir da análise destes circuitos, são tecidas diversas considerações, conforme consegue-se notar em meio a seleção dos livros aqui abrangidos. Com isso, cada livro traz o grau de complexidade necessário para atingir seu objetivo ao entregar o conteúdo abordado, bem como o método e a didática na qual cada obra foi construída.

Contudo, embora os nomes e algumas construções dos circuitos sejam distintos, todos operam de forma semelhante e os resultados também são os mesmos em sua aplicação. Dessa forma, os diferentes nomes não são barreiras ao aprendizado e compreensão do conteúdo como um todo. Ao leitor se faz necessário, para realizar as devidas análises, seguir a nomenclatura e a construção do circuito segundo o autor de cada obra, a fim de evitar confusão com os conceitos já conhecidos e assimilados, ou apresentados em outras fontes. Assim, para que se compreenda a construção e as aplicações dos circuitos de *latches* e *flip-flops*, é considerável que se mantenha os estudos em um único livro da preferência do leitor, tendo em vista que o funcionamento do dispositivo independe do nome dado a ele. Entretanto, para fins de discussão e melhor compreensão da nomenclatura é desejável expandir a fontes de busca, trazendo mais conhecimento aos argumentos dentro de um debate.

Por fim, ao ser examinada a ordem cronológica de publicação das obras, nota-se um avanço na abordagem do assunto e da definição dos seus conceitos, fato que nos permite afirmar que a época e os conceitos utilizados estão relacionados. Os autores procederam a revisões de seus livros a cada nova edição. Observa-se pelas obras mais antigas, nas quais possuem edições mais recentes, atualizadas e otimizadas, como o livro do Idoeta e Capuano, que teve sua 42ª edição publicada em 2019.

Conforme todos os pontos apresentados, conclui-se que as diferenças nos conceitos dos circuitos sequenciais podem ser justificadas segundo o objetivo das obras, a época em que foi editada e a didática escolhida na abordagem do assunto por cada autor. Estas diferenças exigem que o assunto seja tratado com maior

cuidado pelos professores e atenção dos estudantes e usuários dos livros para evitar confusões e dúvidas.

Foi considerado o cuidado e a profundidade que os autores tiveram na abordagem e apresentação dos circuitos aqui avaliados. É notável que os circuitos biestáveis contemplem diferentes abordagens e que não há método único para promover a mesma compreensão e aprendizado do conteúdo. O mesmo pode ser tratado de diferentes maneiras e é encontrado em diferentes níveis de conhecimento, conforme suas aplicações. Estas também variam conforme a área a seguir, apenas refletindo a riqueza de possibilidades que tais assuntos tão modernos e de grande aplicação na rotina de nossa civilização.

REFERÊNCIAS

- FLOYD, T. L. **Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações**. Tradução de José Lucimar do Nascimento. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- GARUE, S. **Eletrônica Digital: Circuitos e Tecnologias LSI e VLSI**. São Paulo: Hemus, 2004.
- IDOETA, I. V.; CAPUANO, F.G. **Elementos da Eletrônica Digital**. 21 ed. [S.I.]: Érica, 1984.
- MACHADO, J. **O Que É Memória Flip-Flop?**, 2011. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/memoria/10854-o-que-e-memoria-flip-flop-.htm> . Acesso em 20 fev. 2019.
- MARTINI, J. S. C.; GARCIA, P. A. **Eletrônica Digital: Teoria e Laboratório**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2008.
- PEDRONI, V. A. **Eletrônica Digital Moderna e VHDL**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- TAUB, H. **Circuitos Digitais e Microprocessadores**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1984.
- TAUB, H.; SCHILLING, D. **Eletrônica Digital**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 7. ed. São Paulo: Prentice Hall, 1998.
- TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.