


centro universitário



CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Objetivos e Metodologia

Aula 1

1

Objetivos

Estudar conceitos, métodos e técnicas de projeto de sistemas digitais aplicados em computação. Utilizar ferramentas de projeto assistido por computador para desenvolvimento de subsistemas digitais aplicados em computadores digitais.

Metodologia

Aulas teóricas expositivas para aprendizado da metodologia e técnicas de sistematização de projeto lógico de sistemas digitais.

Aulas práticas onde os alunos realizam projeto, implementação e testes de sistemas digitais utilizando as técnicas propostas.

Coordenador Prof. Dr. Valter Fernandes Avelino (prevavelino@fei.edu.br)

Teoria Prof. Dr. Valter Fernandes Avelino

Laboratório Prof. Dr. Isaac Jesus da Silva (T620)

Prof. Dr. Rudolf Theoderich Bühler (T720)

1

| centro universitário | | CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino | (2021) |
|--------------------------------------|--------|--|------------------|
| | | | Aula 1 |
| | | | 2 |
| Programação – Aulas de Teoria | | | |
| AULA | DATA | CONTEÚDO | REFERÊNCIA |
| 1 | 24/fev | Conceitos de Sistemas Digitais: Representação analógica x digital, sistema binário | Cap. 1 (ref.1) |
| 2 | | Álgebra Booleana: Propriedades, teoremas, álgebra de chaveamento e tabela verdade | Cap. 3 (ref.1) |
| 3 | 03/mar | Portas Lógicas: Representação de portas lógicas e projeto de circuitos lógicos | Cap. 3 (ref.1) |
| 4 | | Otimização de Funções Combinatórias: Minimização por teoremas booleanos | Cap. 3 (ref.1) |
| 5 | 10/mar | Projeto de Circuitos Combinacionais: Projeto com portas lógicas universais | Cap. 3 (ref.1) |
| 6 | | Otimização de Funções Combinatórias: Minimização por mapas de Veitch-Karnaugh | Cap. 4 (ref.1) |
| 7 | 17/mar | Elementos de Lógica Combinacional: Projeto com codificadores e decodificadores | Cap. 9 (ref.1) |
| 8 | | Elementos de Lógica Combinacional: Aplicações com decodificadores e displays | Cap. 9 (ref.1) |
| 9 | 24/mar | Elementos de Lógica Combinacional: Projeto com multiplexadores | Cap. 9 (ref.1) |
| 10 | | Sistemas Numéricos, Códigos, Números com Sinal e Aritmética Binária | Cap. 2/6 (ref.1) |
| 11 | 31/mar | Circuitos Aritméticos: Projeto e aplicações de somadores | Cap. 6 (ref.1) |
| 12 | | Unidade Lógica Aritmética: Projeto com ULA | Cap. 6 (ref.1) |
| ATP | 07/abr | Exercícios de Avaliação Teórica Parcial (ATP) - Exercícios de Lógica Combinacional | Notas de Aula |
| 13 | 14/abr | Elementos de Lógica Sequencial: Conceitos de memória binária e biestáveis | Cap. 5 (ref.1) |
| 14 | | Sistemas Sequenciais: Latch NAND, NOR e Biestáveis síncronos (propriedades) | Cap. 5 (ref.1) |
| 15 | 28/abr | Sistemas Sequenciais: Famílias de Biestáveis (tipo SR, tipo JK, tipo D) | Cap. 5 (ref.1) |
| 16 | | Subsistemas Contadores: Propriedades e projeto de contadores síncronos | Cap. 7 (ref.1) |
| 17 | 05/mai | Máquinas de Estados: Propriedades e metodologia de projeto | Cap. 3 (ref.2) |
| 18 | | Máquinas de Estados: Procedimento de projeto por equações de estado | Cap. 3 (ref.2) |
| 19 | 12/mai | Máquinas de Estados: Comparação de projeto por equações de estado | Cap. 3 (ref.2) |
| 20 | 12/mai | Projeto de Máquinas de Estados: Desenvolvimento e simulação | Notas de Aula |
| 21 | 19/mai | Memórias: Propriedades, tipos, operação e organização interna | Cap. 12 (ref.1) |
| 22 | | Memórias: Aplicações, mapas de memória e associações em bancos de memória | Cap. 12 (ref.1) |
| 23 | 26/mai | Exercícios de Lógica Sequencial: Projeto de sistemas lógicos sequenciais | Notas de Aula |
| 24 | | Exercícios de Lógica Sequencial: Análise de sistemas lógicos sequenciais | Notas de Aula |

2

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)

centro universitário

FEI

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino


(2021)

Programação – Aulas de Laboratório

Aula 1
3

| AULA | DATAS | LOCAL | ASSUNTO | PONTOS |
|------|--------|-------|---|------------|
| 0 | 19/fev | AVA | INTRODUÇÃO AO LABORATÓRIO DE SISTEMAS DIGITAIS - FAMILIARIZAÇÃO COM OS AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO E SIMULAÇÃO | --- |
| 1 | 26/fev | AVA | EXPERIÊNCIA 1 – CIRCUITOS LÓGICOS COM CHAVES, NÍVEIS LÓGICOS E CÓDIGOS BINÁRIOS/HEXADECIMAIS (Relatório no Moodle) | 1,0 |
| 2 | 05/mar | AVA | EXPERIÊNCIA 2 - PROJETO DE CIRCUITOS COMBINACIONAIS: PORTAS LÓGICAS E SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS LÓGICOS (Relatório no Moodle) | 1,0 |
| 3 | 12/mar | AVA | EXPERIÊNCIA 3 - PROJETO DE PROJETO DE LÓGICA COMBINACIONAL: PROBLEMAS LÓGICOS E MINIMIZAÇÃO DE FUNÇÕES (Relatório no Moodle) | 1,0 |
| 4 | 19/mar | AVA | EXPERIÊNCIA 4 - PROJETO DE SISTEMAS DIGITAIS AUXILIADO POR COMPUTADOR: INTRODUÇÃO AO AMBIENTE DO QUARTUS PRIME (Relatório no Moodle) | 1,0 |
| 5 | 26/mar | AVA | PROJETO 1: PROJETO DE LÓGICA COMBINACIONAL: ELABORAÇÃO DO PROJETO LÓGICO (Apresentação do desenvolvimento do projeto em aula) | --- |
| 6 | 09/abr | AVA | PROJETO 1: PROJETO DE LÓGICA COMBINACIONAL: IMPLEMENTAÇÃO NO AMBIENTE DO QUARTUS PRIME (Apresentação do desenvolvimento em aula) | 1,0 |
| 7 | 16/abr | AVA | PROJETO 1: PROJETO DE LÓGICA COMBINACIONAL: SIMULAÇÃO NO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO (QUARTUS PRIME) (Apresentação da simulação em aula) | 2,0 |
| 8 | 23/abr | CGI | PROJETO 1: PROJETO DE LÓGICA COMBINACIONAL: IMPLEMENTAÇÃO E TESTE (CONFIGURAÇÃO DO FPGA) (Apresentação do teste em sala + Relatório no Moodle) | 1,0 + 1,0* |
| 9 | 30/abr | AVA | EXPERIÊNCIA 5 – ELEMENTOS DE LÓGICA SEQUENCIAL: PROJETO E SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES COM BIESTÁVEIS (Relatório no Moodle) | 1,0 |
| 10 | 07/mai | AVA | PROJETO 2: MÁQUINA DE ESTADOS - ELABORAÇÃO DO PROJETO LÓGICO (Apresentação do desenvolvimento do projeto em aula) | --- |
| 11 | 14/mai | AVA | PROJETO 2: MÁQUINA DE ESTADOS – IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO NO AMBIENTE DO QUARTUS PRIME (Apresentação do diagrama esquemático em aula) | 1,0 |
| 12 | 21/mai | AVA | PROJETO 2: MÁQUINA DE ESTADOS - SIMULAÇÃO DE FUNCIONAMENTO NO AMBIENTE QUARTUS PRIME (Apresentação da simulação em aula) | 2,0 |
| 13 | 28/mai | CGI | PROJETO 2: MÁQUINA DE ESTADOS - IMPLEMENTAÇÃO E TESTE DO CIRCUITO (CONFIGURAÇÃO DO FPGA) (Apresentação do teste em sala + Relatório no Moodle) | 2,0 + 1,0* |
| 14 | 28/mai | AVA | REPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS (Apenas para uma experiência não realizada) | (1,0) |

3

centro universitário


CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Aula 1
4

Metodologia e Critérios de Avaliação

- 1 - Aulas expositivas (com notas de aula disponíveis no Moodle)
- 2 - Proposta de exercícios para serem resolvidos em sala de aula
- 3 - Proposta de exercícios para serem resolvidos extra sala
- 4 - **Critério de Avaliação:**

MF=[(0,6*PF + 0,3*ATP +0,1*AEP)*FL*FO] (média de final)

FL= (PP + K)*0,03 + 0,7 (média de laboratório)


FO= (1 + 0,02*MA) (média de orientação)

Onde:

- **PF**: Prova Teórica Final ($0 \leq PF \leq 10$) (substituída por **PS** se $PS > PF$)
- **ATP**: Avaliação Teórica Parcial ($0 \leq ATP \leq 10$) (substituída por **PF** se $PF > ATP$)
- **AEP**: Avaliação de Exercícios de Projeto em Teoria ($0 \leq AEP \leq 10$)
- **FL**: Fator de Laboratório ($0,7 \leq FL \leq 1,18$)
- **PP**: Soma dos projetos (individuais) realizados no laboratório ($0,0 \leq PP \leq 11,0$)
A avaliação do Projeto 1 pode variar entre 0,0 e 5,0.
A avaliação do Projeto 2 pode variar entre 0,0 e 6,0.
- **K**: Soma da avaliação dos relatórios das **5** experiências ($0,0 \leq K \leq 5,0$)
A avaliação de cada Relatório Experimental pode variar entre 0,0 e 1,0.
- **FO**: Fator de orientação ($1,0 \leq FO \leq 1,2$) (para turmas regulares: FO=1,0)

4

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)



centro
universitário

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Referências

Aula 1
5

❑ **Básica**

- [1] TOCCI, R. J., WIDMER, N. S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações, (10ª) ou 11ª Edição, Pearson – Prentice Hall, 2011
- [2] VAHID, F. – Sistemas Digitais – projeto, otimização e HDLs, 1ª Edição, Artmed – Bookman, 2008
- [3] FLOYD, T. L. – Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações, 9ª Edição, Bookman, 2007


❑ **Complementar**

- [4] AVELINO, V. F. - Anotações de Aula de Sistemas Digitais, Revisão 2021, Centro Universitário FEI, 2021 (**disponível no Moodle**)
- [5] FALSTAD, P. – Circuit Simulator, Version2.27js, GNU General Public License as published by the Free Software Foundation. Disponível em: (<https://www.falstad.com/circuit/circuitjs.html>). Acesso em:25/01/2021.

❑ **Laboratório**

- [6] AVELINO, V. F. – Roteiros de Atividades de Laboratório de Sistemas Digitais: CE3512, Edição 2021, Centro Universitário FEI, 2020 (**disponível no Moodle**)
- [7] PRATES, R. R. – Tutorial de Quartus Prime para Projeto de CPLD/FPGA (baseado em Captura de Esquemático). Programa de Iniciação Didática – Centro Universitário FEI, 2019 (**disponível no Moodle**)

5



centro
universitário

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Representação Analógica x Digital

Aula 1
6

❑ **Representações Analógica x Representações Digitais**

❑ Existem basicamente duas formas de representar as grandezas existentes na natureza: **representações analógicas** e **representações digitais**.

- Uma quantidade (grandeza) representada na **forma analógica** pode variar ao longo de uma **faixa contínua de valores**, ou seja, pode assumir um **conjunto infinito de possíveis valores**.
Exemplos: Velocidade de um veículo;
Temperatura em termômetro de mercúrio;
Amplitude sonora de um instrumento musical;
Pressão de uma tanque.
- Uma quantidade (grandeza) representada na **forma digital** varia em um **número limitado de valores discretos**, ou seja, pode assumir um valor de um **conjunto finito de possíveis valores**.
Exemplos: Número de dedos das mãos que estão esticados;
Estado de um interruptor elétrico;
Valores das faces de um dado;
Seleção de andar de um elevador.

6

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)

Representação Analógica x Digital

Aula 1
7

□ Sistemas de Controle Analógicos x Sistemas de Controle Digitais

□ **Sistemas de Controle Analógicos:** contém dispositivos que podem manipular quantidades físicas que são representadas de forma analógica (variando em um intervalo contínuo de valores).

□ **Sistemas de Controle Digitais:** contém dispositivos que podem manipular quantidades físicas que são representadas de forma digital, ou seja, quantidades que só podem assumir um conjunto finito de valores.

Neste curso, o termo digital se refere a sistemas cujos valores podem ser representados com apenas dois valores discretos, caracterizando um valor binário. Um sinal binário simples é denominado de **dígito binário** ou **bit** (abreviação da expressão “*binary digit*” em inglês).

□ **Conversão de grandezas analógicas em digitais:** Em princípio qualquer fenômeno analógico pode ser digitalizado (considerando certas limitações). Para um sistema digital controlar grandezas analógicas deve-se:

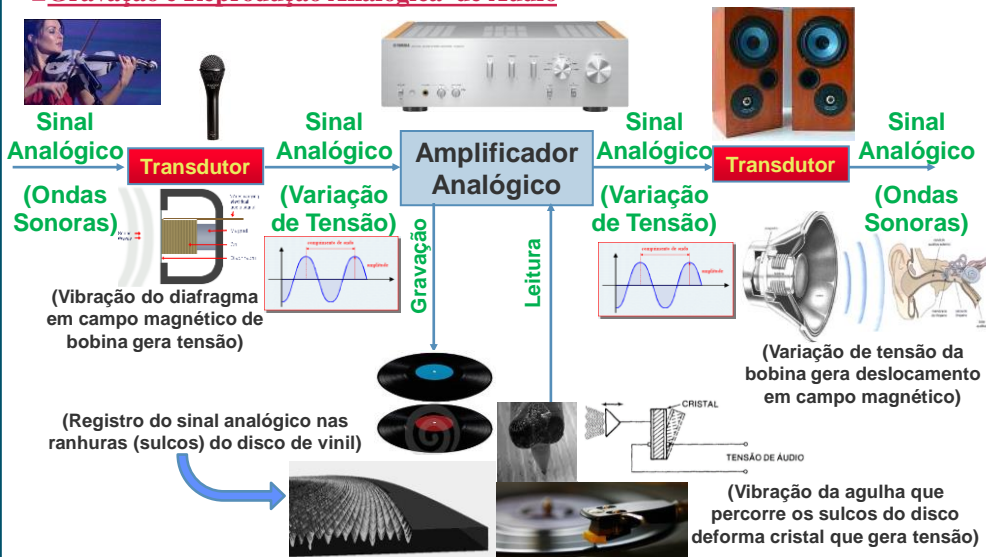
- Converter as entradas analógicas para a forma digital;
- Processar a informação digital;
- Converter as saídas digitais de volta à forma analógica.

7

Representação Analógica x Digital

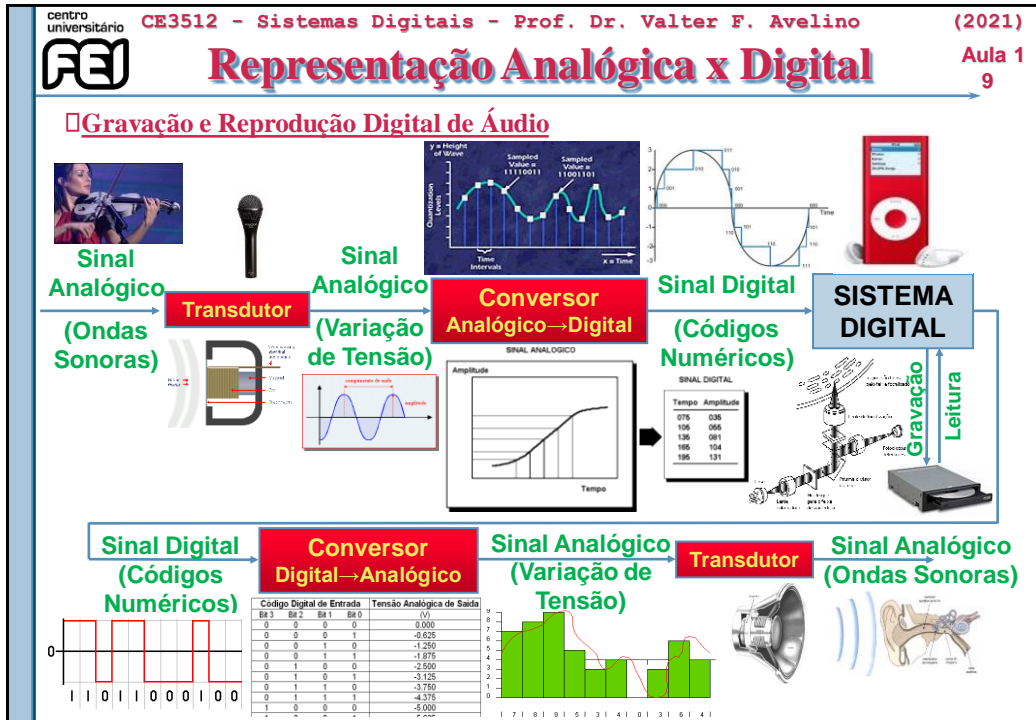
Aula 1
8

□ Gravação e Reprodução Analógica de Áudio



8

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)



9

centro universitário **CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino** (2021)
FEI **Representação Analógica x Digital** Aula 1
 10

Vantagens dos Sistemas Digitais

- Facilidade de projeto e simulação (valores discretos);
- Facilidade de armazenamento de informação;
- Facilidade de manter a precisão e a exatidão das informações;
- Facilidade de configuração (programação por algoritmos) e operação;
- Maior imunidade a ruído;
- Componentes digitais permitem grande integração de funções no mesmo sistema (flexibilidade operacional).

Limitações das Técnicas Digitais

- O mundo real é analógico (os sistemas digitais são uma aproximação do mundo real);
- Tempo de processamento da informação (o desempenho do sistema é limitado pela velocidade de tratamento discreto do sinal).

10

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)

centro universitário

FEI

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Sistemas de Numeração

Aula 1

11

Sistema Decimal

10²

10¹

10⁰

10⁻¹

10⁻²

10⁻³

1

3

2

,

5

6

4

MSD

LSD

(Most Significant Digit)

(Least Significant Digit)

Valores Posicionais

Contagem Decimal

(Faixa de contagem: 0 a 10^{N-1})

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

...

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

...

996

997

998

999

1000

1001

1002

...

11

centro universitário

FEI

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Sistemas de Numeração

Aula 1

12

Sistema Binário

2²

2¹

2⁰

2⁻¹

2⁻²

2⁻³

1

1

0

.

1

0

1

MSB

LSB

(Most Significant Bit)

(Least Significant Bit)

Valores Posicionais

Bit

Contagem Binária de Inteiros

(Faixa de contagem: 0 a 2^{N-1})

MSB

LSB

2³=8

2²=4

2¹=2

2⁰=1

Decimal

Hexadecimal

| | | | | | |
|---|---|---|---|----|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 5 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 6 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 7 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | A |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 11 | B |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | C |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 13 | D |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 14 | E |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 15 | F |

(110,101)₂

↓

1 x 2² + 1 x 2¹ + 0 x 2⁰ + 1 x 2⁻¹ + 0 x 2⁻² + 1 x 2⁻³

↓

4 + 2 + 0 + 0,5 + 0 + 0,125 = 6,625₁₀

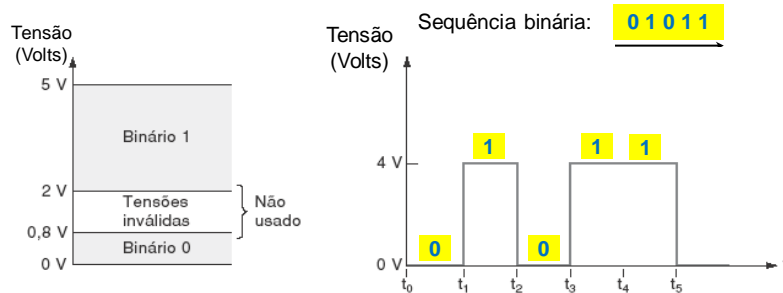
12

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)

Representação de Grandezas Digitais

Representações de Valores Binários

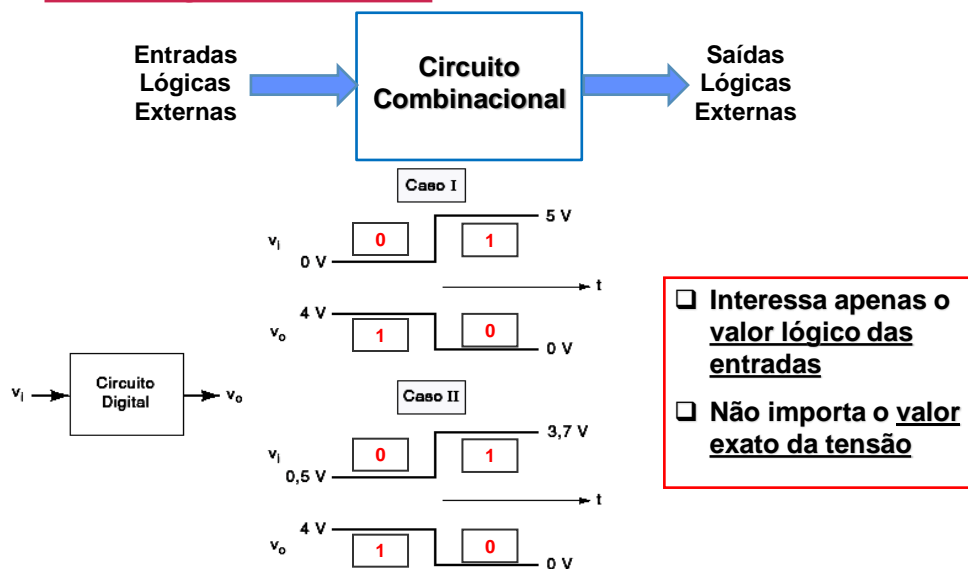
Faixa de valores de tensão (padrão TTL)



13

Circuitos Digitais

Circuitos Digitais Combinacionais



14

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)