



Universidade Federal de Pelotas  
Centro de Desenvolvimento Tecnológico  
Bacharelado em Engenharia de Computação

# Circuitos Digitais

## Aula T7

### Parte Operativa

Circuitos Combinacionais: Características,  
Tipos e Projeto de Circuitos Combinacionais.

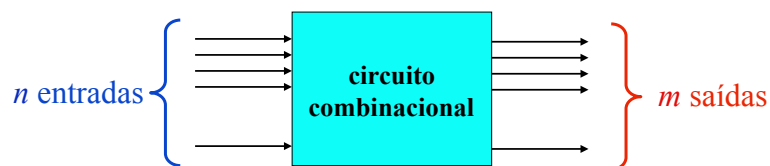
Prof. Leomar S. Rosa Jr.

leomarjr@inf.ufpel.edu.br

## Circuitos Combinacionais

### Características

- São circuitos nos quais as saídas dependem somente das entradas



- Podem conter diversas saídas, cada uma regida por uma equação lógica distinta
- Porém, tais equações podem, eventualmente, **compartilhar termos**. Neste caso, o compartilhamento de partes do circuito conduz a um circuito de menor custo.

## Circuitos Combinacionais

### Passos para o Projeto

1. Estudo minucioso do problema e identificação de uma solução, em termos de circuito digital (até aqui, apenas combinacional);
2. Construção da tabela-verdade e construção das equações (síntese) em soma de produtos;
3. Minimização da(s) saída(s);
4. Realizar o mapeamento tecnológico, considerando a biblioteca de portas disponível (veremos mais adiante como fazer isso).

## Circuitos Combinacionais

### Projeto de um Circuito Combinacional

Exemplo 1: Projetar um circuito que receba um inteiro binário de 3 bits e determine se este número é menor ou igual a três.

A	B	C	S
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Codificando as saídas

$$X \leq 3 \Rightarrow 1$$

$$X > 3 \Rightarrow 0$$

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

**Exemplo 1:** Projetar um circuito que receba um inteiro binário de 3 bits e determine se este número é menor ou igual a três.

A	B	C	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

1. Construir a Tabela-Verdade

Computação UFPel  
Circuitos Digitais

Slide T6.5

Prof. Leomar S. Rosa Jr.

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

**Exemplo 1:** Projetar um circuito que receba um inteiro binário de 3 bits e determine se este número é menor ou igual a três.

A	B	C	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

2. Obter as equações por Soma de Produtos Ou Produto das Somas

$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$   
 $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C$   
 $\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C}$   
 $\bar{A} \cdot B \cdot C$

$$S = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot C$$

Computação UFPel  
Circuitos Digitais

Slide T6.6

Prof. Leomar S. Rosa Jr.

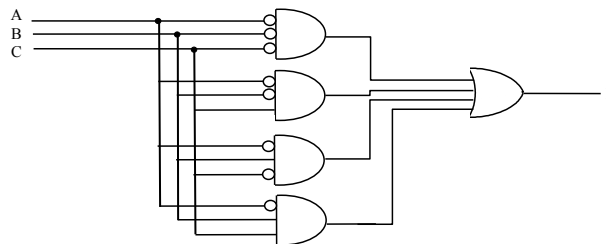
## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

**Exemplo 1:** Projetar um circuito que receba um inteiro binário de 3 bits e determine se este número é menor ou igual a três.

3. Implementar o Circuito

$$S = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC$$



Computação UFPel  
Circuitos Digitais

Slide T6.7

Prof. Leomar S. Rosa Jr.

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

**Exercício 1:** Projetar um circuito que receba um inteiro binário de 4 bits e determine se este número é menor ou igual a três. Usar somente INV, AND e OR (duas entradas).

A	B	C	S
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Computação UFPel  
Circuitos Digitais

Slide T6.8

Prof. Leomar S. Rosa Jr.

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

#### Exemplo 2: Projetar um circuito gerador de paridade para uma palavra de três bits.

- Na transmissão digital de dados um dos grandes problemas é a necessidade de validar os dados na chegada em seu destino.
- Muitos fatores podem ocasionar erro na comunicação (por exemplo: ruído), e estes fatores são imprevisíveis.
- Uma das técnicas de detecção de erros é o uso da paridade. Para isso, é adicionado um bit a mais na palavra que está sendo transmitida.
- O bit de paridade refletirá se o número de uns na palavra é par ou ímpar (par = 0, ímpar = 1).

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

#### Exemplo 2: Projetar um circuito gerador de paridade para uma palavra de três bits.

A	B	C	P
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	



1. Construir a Tabela-Verdade

2. Obter as equações por Soma de Produtos Ou Produto das Somas

3. Implementar o Circuito

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

Exemplo 2: Projetar um circuito gerador de paridade para uma palavra de três bits.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

1. Construir a Tabela-Verdade

## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

Exemplo 2: Projetar um circuito gerador de paridade para uma palavra de três bits.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

2. Obter as equações por Soma de Produtos  
Ou Produto das Somas

$$S = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C$$

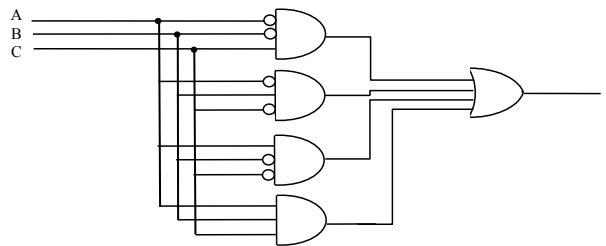
## Circuitos Combinacionais

### ► Projeto de um Circuito Combinacional

**Exemplo 2:** Projetar um circuito gerador de paridade para uma palavra de três bits.

#### 3. Implementar o Circuito

$$S = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C$$



Computação UFPel  
Circuitos Digitais

Slide T6.13

Prof. Leomar S. Rosa Jr.

## Circuitos Combinacionais

### ► Conversores de Código

- Conversores de código são uma aplicação típica de circuitos combinacionais
- Estes circuitos possuem um certo número de entradas, suficientes para representar os bits do código de entrada, e um certo número de saídas, suficientes para representar os bits do código de saída
- Sempre que for aplicado a sua entrada um valor representando o código de entrada a sua saída deve apresentar o dado convertido para o código de saída.



Computação UFPel  
Circuitos Digitais

Slide T6.14

Prof. Leomar S. Rosa Jr.

# Circuitos Combinacionais

## ► Conversores de Código

### BCD (Binary Code Decimal)

- É um código muito usado em circuitos digitais. No BCD cada dígito decimal é representado em binário com 4 bits

Ex:  $374_{\text{BCD}} \rightarrow 001101110100_2$

### Excesso-3

- É um código usado em computadores antigos por sua propriedade de auto-complementaridade. O complemento de 9 de um número representado em excesso-3 é obtido simplesmente invertendo-se os bits da representação.
- Para obter a representação de um número decimal em excesso-3 basta somar 3 a sua representação binária.

# Circuitos Combinacionais

## ► Conversor BCD para Excesso-3

1. Construir a Tabela-Verdade
2. Obter as equações por Soma de Produtos Ou Produto das Somas
3. Implementar o Circuito





## Circuitos Combinacionais

### ► Conversor BCD para Excesso-3

Dec	A	B	C	D	W	X	Y	Z
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				

1. Construir a Tabela-Verdade

## Circuitos Combinacionais

### ► Conversor BCD para Excesso-3

Dec	A	B	C	D	W	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0

1. Construir a Tabela-Verdade

# Circuitos Combinacionais

## ► Conversor BCD para Excesso-3

2. Obter as equações por Soma de Produtos

$$W = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$$

$$X = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$$

$$Y = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$$

$$Z = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$$

# Circuitos Combinacionais

## ► Conversor BCD para Excesso-3

Dec	A	B	C	D	W	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0

3. Implementar o Circuito

(tarefa para alunos)

# Circuitos Combinacionais

## ► Conversores de Código

Exercício 2 – Projetar um conversor excesso-3 para BCD, onde todas as combinações de entrada inválidas forneçam 0000 como código de saída.

Exercício 3 – Projetar um circuito combinacional que detecta um erro na representação de um dígito decimal em BCD. A saída do circuito deverá ser igual a 1, quando nas entradas conter uma das seis representações não utilizadas no código BCD.