

PCS 3225
Sistemas Digitais II

Módulo 03 – ASM – Algorithm State Machine

Andrade, Marco Túlio Carvalho de
Professor Responsável

versão: Agosto de 2.017

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

1

Conteúdo

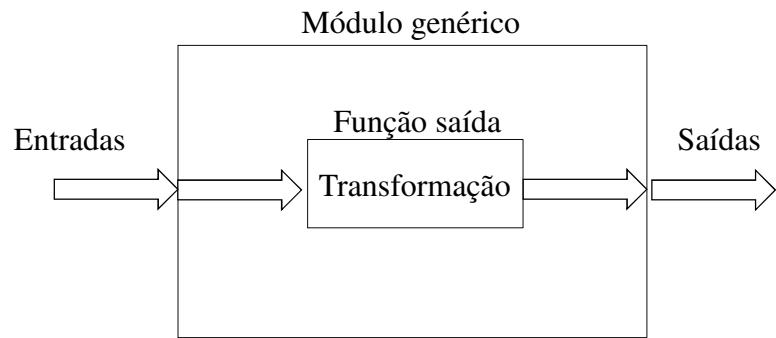
- 1. Máquinas de Estado – Introdução
- 2. Máquinas de Estado – Equivalências
- 3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine
 - Introdução
 - ASM – Mapeamento em Portas e Biestáveis
 - 3.1. Diagrama ASM – Exemplos
 - 3.2. ASM e Máquinas de Estado
 - 3.3. ASM – Mais exemplos de aplicações

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

2

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ Circuitos combinatórios: Entradas; Saídas.

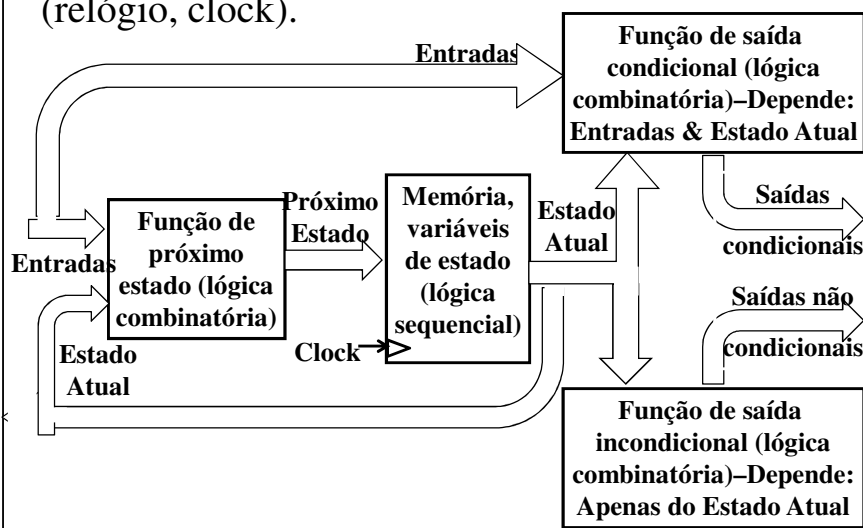


© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

3

1. Máquinas de Estado – Introdução

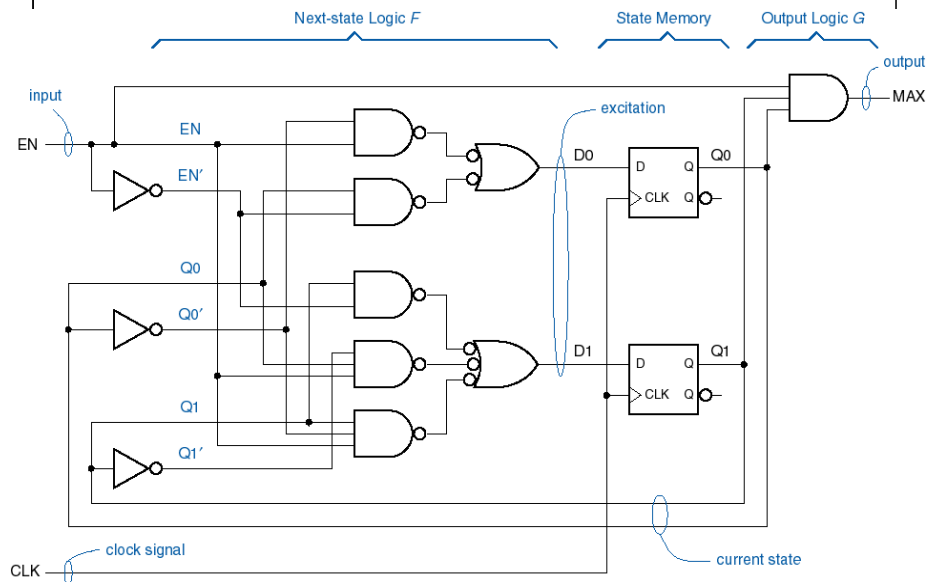
■ Circuitos sequenciais: Entradas; Saídas; Memória (relógio, clock).



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

4

1. Máquinas de Estado – Introdução

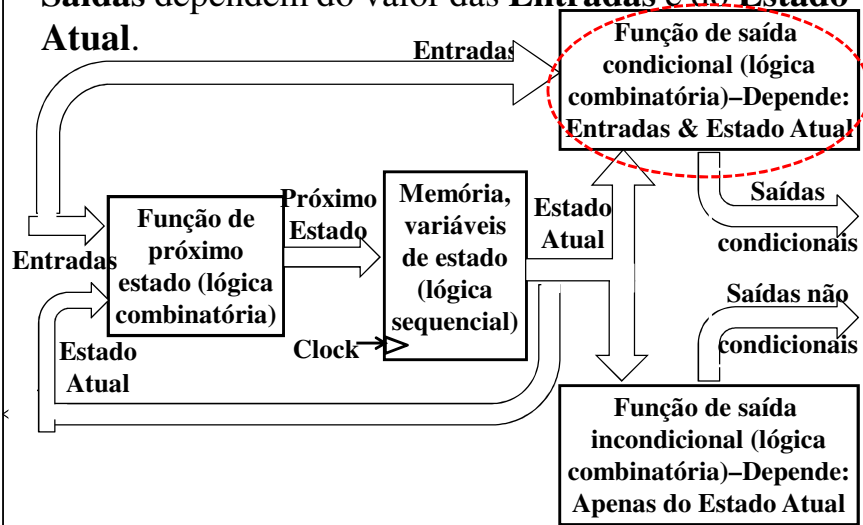


© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

5

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Máquina de Mealy** – Função de saída condicional – Saídas dependem do valor das **Entradas e do Estado Atual**.

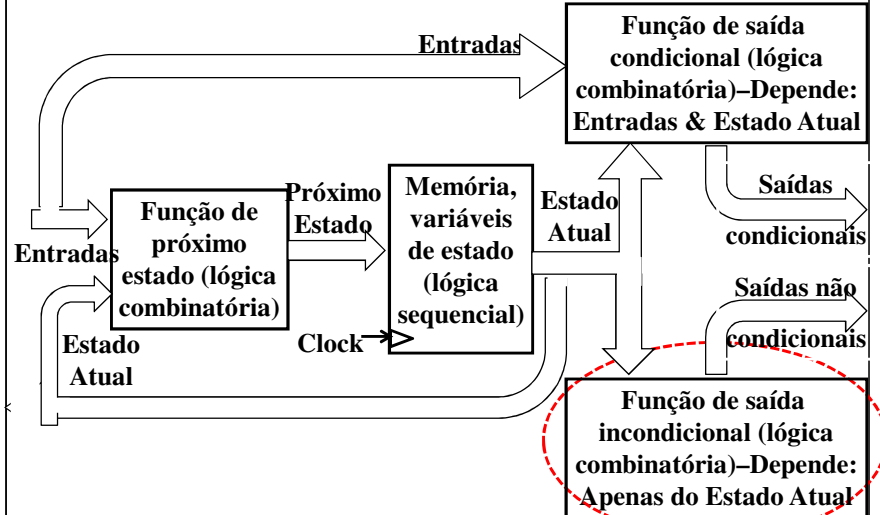


© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

6

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Máquina de Moore** – Função de saída condicional –
Saídas dependem apenas do valor do Estado Atual.



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

7

1. Máquinas de Estado – Introdução

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Como se pode representar o comportamento no tempo? <p>– Resposta:</p> <p>» Função do Tempo – $f(t)$</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Num sistema digital, como se pode representar uma função? <p>– Resposta:</p> <p>» tabela ou sequência de estados</p> |
|--|--|

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

8

1. Máquinas de Estado – Introdução

Observações – Estado: É a memória de suficiente história do passado que permite determinar o comportamento futuro, isto é, conhecidas as entradas e o estado atual, permite determinar:

- Valores de Saída;
- Próximo Estado.

- Estado: Implementação com Flip-Flops (registradores de Estados) – Cada Flip-Flop do Estado corresponde a uma variável de Estado.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 9

1. Máquinas de Estado – Introdução

Observações

- Cada variável de Estado tem um Próximo Estado (p.estado) determinado.
- Ao término da permanência temporal em cada Estado, o Próximo Estado passa a ser o Estado Atual.
- A função Próximo Estado depende do Estado Atual e das entradas.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 10

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ Máquina de Estados:

Modelo geral que pode representar qualquer módulo de um sistema lógico no qual leva-se em conta uma evolução com o tempo.

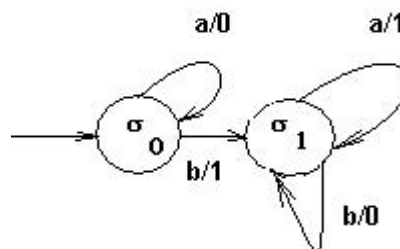
© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 11

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ Linguagem de Representação bem simples:

- Representação de um Estado: Nó (circunferência com o nome do Estado);
- Representação de uma Transição: Aresta orientada (arco) – Vai do estado atual σ_0 e uma entrada b , o próximo estado é σ_1 e a saída é 1 .

Exemplo:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 12

1. Máquinas de Estado – Introdução

- Por que Máquina de Estados, “**Finita**”?
 - Resposta: Porque o **número de Estados**, do sistema representado, é **finito**.
- Alguns autores usam a denominação “Máquina de Estados Finitos” com a expressão “Estados Finitos” sendo entendida como um **número finito de Estados**.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 13

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Definição: Máquinas de Estados Finitos (Finite State Machines – FSMs):**

$$M = (I, O, S, f, g, \sigma)$$

- Consiste de:
 - Um conjunto finito I de símbolos de entrada;
 - Um conjunto finito O de símbolos de saída;
 - Um conjunto finito S de estados;
 - Uma função próximo estado $f: S \times I \rightarrow S$;
 - Uma função de saída $g: S \times I \rightarrow O$;
 - Um estado inicial $\sigma \in S$.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 14

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ **Exemplo** Seja $I=\{a,b\}$, $O=\{0,1\}$, $S=\{\sigma_0, \sigma_1\}$ e $\sigma = \sigma_0$. As funções f e g são definidas pelas regras dadas na **Tabela de Transição de Estados** (ou **Tabela de Estados**):

| | | f | | g | |
|------------|-----|------------|------------|-----|---|
| S | I | a | b | a | b |
| | | σ_0 | σ_1 | 0 | 1 |
| σ_0 | | σ_0 | σ_1 | 0 | 1 |
| σ_1 | | σ_1 | σ_1 | 1 | 0 |

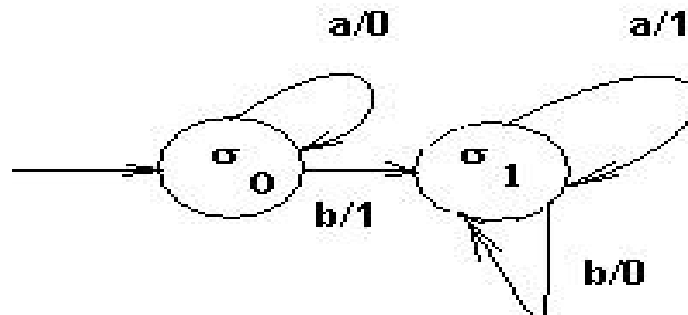


$$\begin{aligned}
 f(\sigma_0, a) &= \sigma_0 & g(\sigma_0, a) &= 0 \\
 f(\sigma_0, b) &= \sigma_1 & g(\sigma_0, b) &= 1 \\
 f(\sigma_1, a) &= \sigma_1 & g(\sigma_1, a) &= 1 \\
 f(\sigma_1, b) &= \sigma_1 & g(\sigma_1, b) &= 0
 \end{aligned}$$

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 15

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ **Definição:** Seja $M = (I, O, S, f, g, \sigma)$ uma Máquina de Estados Finitos. O **Diagrama de Transição de Estados** (ou **Diagrama de Estados** ou **Diagrama de Transições**) de M é um **digrafo** G cujos vértices são membros de S .



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 16

1. Máquinas de Estado – Introdução

- Se M é uma **Máquina de Estado Finitos** em seu **Diagrama de Transição de Estados**:
 - Uma seta indica o estado inicial σ ,
 - Uma aresta orientada (σ_1, σ_2) existe em G se existir uma entrada i com $f(\sigma_1, i) = \sigma_2$;
 - Neste caso, se $g(\sigma_1, i) = o$, a aresta (σ_1, σ_2) é rotulada com i/o .
- Da **Tabela de Transição de Estados** de um circuito sequencial pode-se extrair seu **Diagrama de Transição de Estados**, e a recíproca é verdadeira!

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 17

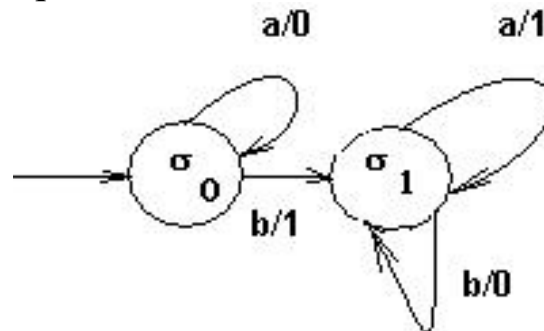
1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Definição:** Seja $M = (I, O, S, f, g, \sigma)$ uma Máquina de Estados Finitos. Uma cadeia de entrada para M é uma cadeia sobre I . A cadeia $y_1 \dots y_n$ é a cadeia de saída de M correspondendo à cadeia de entrada $x_1 \dots x_n$, caso existam os estados $\sigma_0, \sigma_1, \dots, \sigma_n \in S$ com:
 $\sigma_0 = \sigma, \sigma_i = f(\sigma_{i-1}, x_i), y_i = g(\sigma_{i-1}, x_i)$ para $i=1, \dots, n$;
- Pode-se pensar em $M = (I, O, S, f, g, \sigma)$ como um computador simples (igual a uma Máquina de Turing): começa no estado σ , consome uma cadeia de caracteres sobre I e produz uma cadeia de saída.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 18

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Exemplo:** Encontre a cadeia de saída correspondente à cadeia de entrada *aababba* para a Máquina de Estados Finitos abaixo:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 19

1. Máquinas de Estado – Introdução

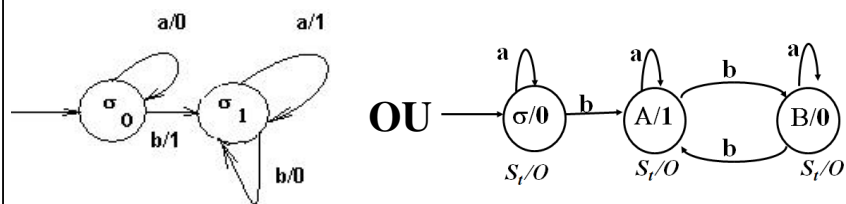
- **Tabela de Transição de Estados – Representação** mais adequada para **visualização** e **entendimento** do problema que se quer resolver – o “QUE” o Circuito Sequencial deve fazer!

| | | <i>f</i> | | <i>g</i> | |
|------------|----------|------------|------------|------------|---|
| <i>S</i> | <i>I</i> | <i>a b</i> | | <i>a b</i> | |
| | | σ_0 | σ_1 | 0 | 1 |
| σ_0 | | σ_0 | σ_1 | 0 | 1 |
| σ_1 | | σ_1 | σ_1 | 1 | 0 |

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 20

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Diagrama de Transição de Estados – Representação algorítmica do comportamento da evolução de estados da máquina (seu fluxo temporal).** Mais aderente à implementação do “circuito-solução” para o problema que se quer resolver – Em outras palavras “**COMO**” o Circuito Sequencial materializa a solução!



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 21

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Tabela de Transição de Estados (ou, mais simplesmente, Tabela de Estados)** de um circuito sequencial do tipo *Mealy*.

| | | $S_{t+1} = f(S_t, x, I)$ | | $O = g(S_t, x, I)$ | |
|-----|------------|--------------------------|------------|--------------------|---|
| | | I | | | |
| | | a | b | a | b |
| S | σ_0 | σ_0 | σ_1 | 0 | 1 |
| | σ_1 | σ_1 | σ_1 | 1 | 0 |

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 22

1. Máquinas de Estado – Introdução

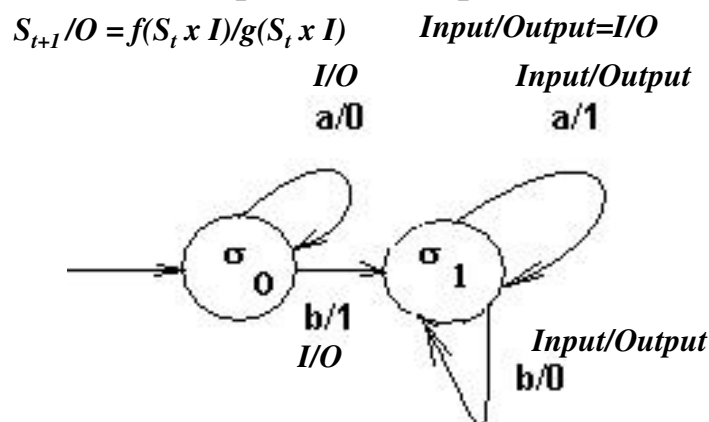
- **Tabela de Transição de Estados** (ou, mais simplesmente, **Tabela de Estados**) de um circuito sequencial do tipo *Mealy* – Representação alternativa:

| | | $S_{t+1}/O = f(S_t \times I)/g(S_t \times I)$ | |
|------------|-----|---|--------------|
| S | I | a | b |
| | | | |
| σ_0 | | $\sigma_0/0$ | $\sigma_1/1$ |
| σ_1 | | $\sigma_1/1$ | $\sigma_1/0$ |

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 23

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Diagrama de Transição de Estados**, (ou, mais simplesmente, **Diagrama de Estados**), de um circuito sequencial do tipo *Mealy*.



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 24

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Tabela de Transição de Estados** (ou, mais simplesmente, **Tabela de Estados**) de um circuito sequencial do tipo *Moore*.

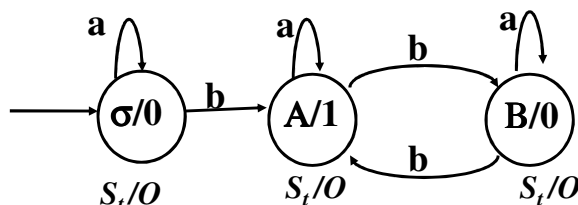
| | | $S_{t+1} = f(S_t \times I)$ | | |
|----------|-----|-----------------------------|---|--------------|
| | | | | $O = g(S_t)$ |
| S | I | a | b | |
| σ | | σ | A | 0 |
| A | | A | B | 1 |
| B | | B | A | 0 |

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 25

1. Máquinas de Estado – Introdução

- **Diagrama de Transição de Estados**, (ou, mais simplesmente, **Diagrama de Estados**), de um circuito sequencial do tipo *Moore*.

$$S_{t+1}/O = f(S_t \times I)/g(S_t) \quad \text{Input}=I \quad \text{EstadoAtual/Output} \quad S_t/O$$



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 26

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ Exercício:

- Projetar uma Máquina de Estados Finitos que forneça:
 - »1 como saída, caso um número par de 1's seja fornecido numa cadeia de bits de entrada;
 - »0, em caso contrário.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 27

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ Exercício:

- Projetar uma Máquina de Estados Finitos que faça uma soma bit a bit e gerando o vai 1.

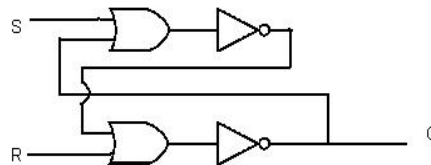
© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 28

1. Máquinas de Estado – Introdução

■ Exercício:

- Projetar um flip-flop RS como máquina de estados finitos.

| S | R | Q |
|---|---|--|
| 1 | 1 | Not allowed |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 if S was last 1 0 if R was last 1 |



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 29

2. Máquinas de Estado – Equivalências

■ Técnicas de verificação de **Equivalências** no âmbito de **Circuitos Combinatórios**:

- Tabelas da Verdade;
- Equações Algébricas;
- Mapas de *Karnaugh*.

■ **Equivalências** para **Circuitos Sequenciais**:

- Máquinas de Estados.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 30

2. Máquinas de Estado – Equivalências

Equivalências para circuitos seqüenciais

- Pode-se utilizar **Máquinas de Estado** para manipular circuitos combinatórios?

Resposta: **Sim.**

»Que tal utilizar as **Máquinas de Estado** para abordar ambos os problemas (**combinatório & sequencial**)?

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 31

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- **Representação gráfica do algoritmo** que descreve o **comportamento do sistema digital**, ou seja, uma **ferramenta para descrever a Máquina de Estados**.
- É uma maneira **diagramática** de representar a **Função de Saída** e a **Função de Próximo Estado**, relacionando-as ao **Estado** da máquina.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 32

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- À luz do fato de que os **Diagramas ASM representam algoritmos**, seria possível **escrever o algoritmo que implementa um circuito** qualquer, como se fosse um **programa**?
- Resposta: Sim, por meio de uma **Linguagem de Descrição de *Hardware*** (por exemplo, Verilog, AHDL, VHDL).

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 33

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- Dispõe-se de quatro **Elementos Primitivos**:
 - Bloco de Estado;
 - Bloco de Decisão;
 - Bloco de Junção;
 - Bloco de Saída Condicional.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 34

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- A cada um destes **Elementos Primitivos** associa-se um símbolo gráfico (para elaborar o **Diagrama ASM**).
- Estes últimos, por sua vez, são associados a **Elementos Primitivos de Hardware** (para elaborar o **Diagrama Lógico** correspondente).

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 35

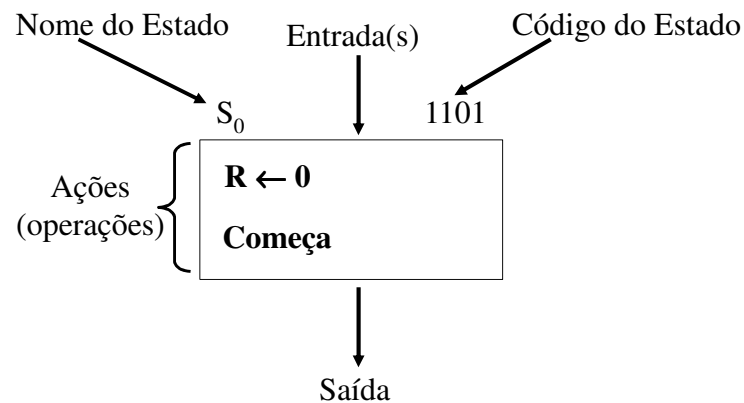
3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- Bloco de Estado:
 - Lista das saídas de Estado;
 - Nome do Estado (código);
- Lista das saídas:
 - Define um conjunto de operações;
 - As operações podem ser:
 - » Imediatas (``=``);
 - » Com atraso (``or``).

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 36

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Bloco de Estado:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 37

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Bloco de Decisão – Descreve as entradas (externas) para a máquina de estados e possui 2 caminhos de saída:

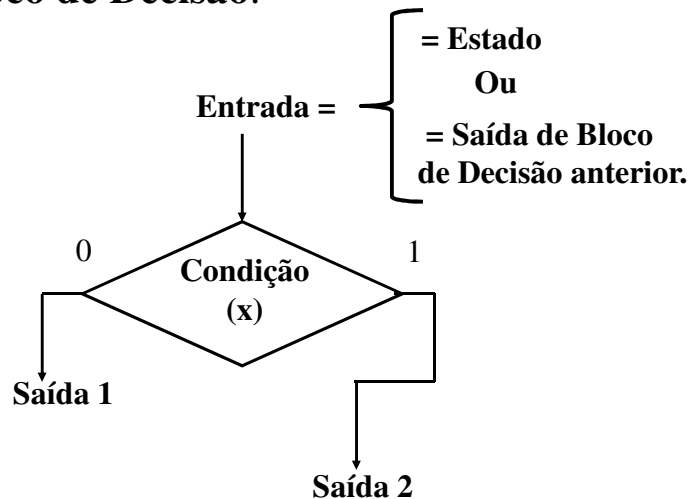
- Condição verdadeira (“ $x = 1$ ”) – Entrada externa $x = 1$;
- Condição falsa (“ $x = 0$ ”) – Entrada externa $x = 0$.

■ Representa o efeito das entradas na sequência de controle.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 38

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Bloco de Decisão:

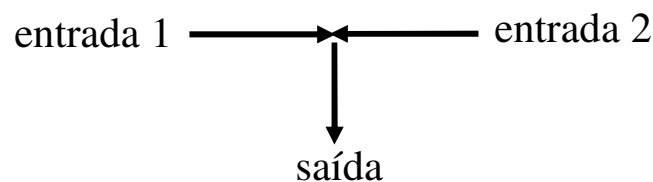


© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 39

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Bloco de Junção – Este elemento descreve e trata, um conjunto de uma ou mais entradas, que provocam a mesma saída:

- Exemplo: Duas saídas de Blocos, que juntas compõem as entradas que vão definir o próximo Estado da Máquina ASM.



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 40

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

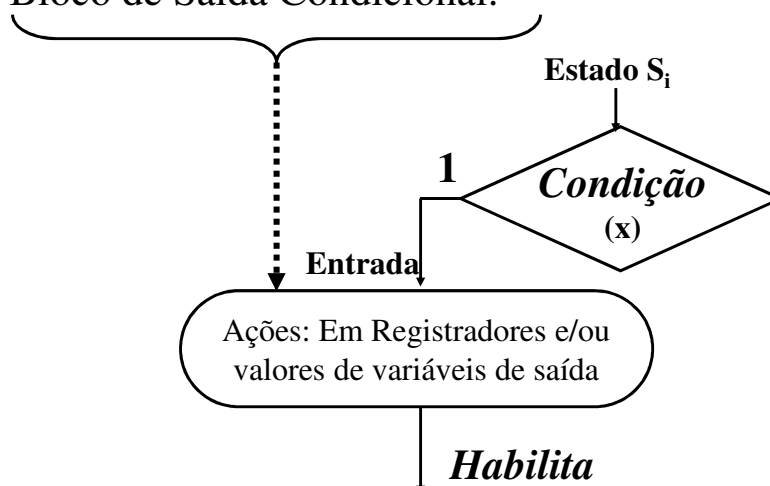
■ Bloco de Saída Condicional:

- Característica específica de Diagramas ASM (não existe nos fluxogramas convencionais);
- A **entrada** deste bloco **deve sempre se originar de uma das saídas** de um **Bloco de Decisão**;
- Exemplo: A variável lógica *Habilita*, dependente de uma entrada *Condição* (ativo alto), terá valor lógico 1 apenas se o ASM estiver no Estado S_i e *Condição* for igual a 1.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 41

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

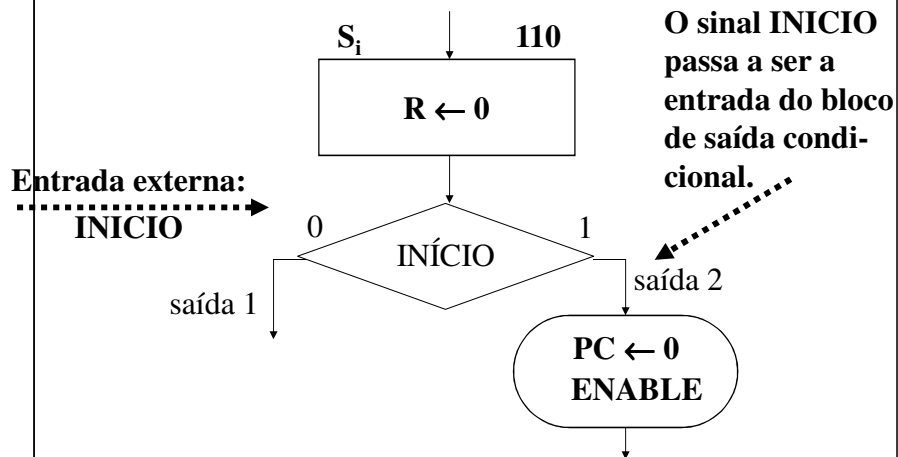
■ Bloco de Saída Condicional:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 42

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Bloco de Saída Condicional (inserido em um Diagrama ASM):



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 43

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

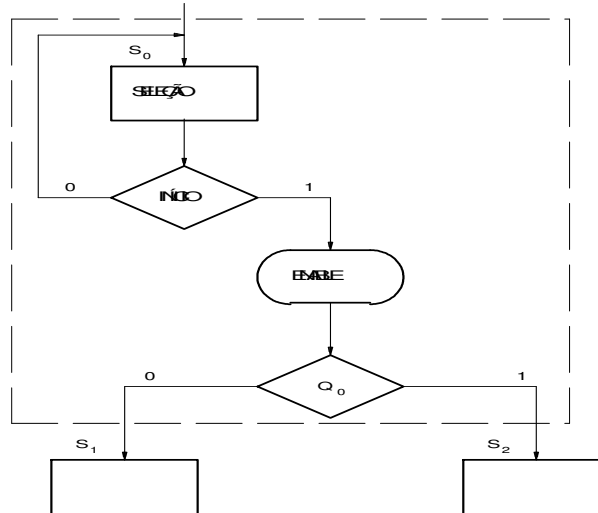
■ Bloco ASM – Estrutura que consiste de um Bloco de Estado e uma rede de Blocos de Decisão, Blocos de Saída Condicional e Blocos de Junção:

- Descreve a operação da Máquina de Estados durante um estado de tempo;
- Representa o estado atual, as saídas do estado, as saídas condicionais e o próximo estado.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 44

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

Exemplo:
Bloco
ASM



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 45

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ **Diagrama ASM** – Consiste em um ou mais **blocos ASM** interconectados, através de ligações:

- **Descreve a operação da Máquina de Estados durante todos os estados de tempo discreto;**
- Representa o estado atual, as saídas do estado, as saídas condicionais e o próximo estado para todos os estados da máquina ASM.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 46

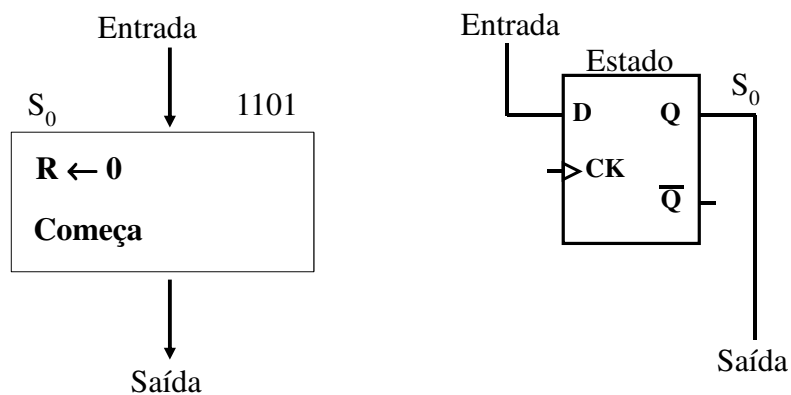
3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- Cada símbolo é mapeado em *hardware*:
 - Bloco de Estado: *Flip-Flop*
 - Bloco de Decisão: *AND* e *NOT*
 - Bloco de Junção: *OR*
 - Bloco de Saída Condicional: *AND* (obs: quando são vários Blocos de Saída Condicional que influenciam o valor da mesma variável, estes devem ser “somados” com uma porta *OR*).

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 47

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- Cada símbolo é mapeado em *hardware*:
 - Bloco de Estado: *Flip-Flop*

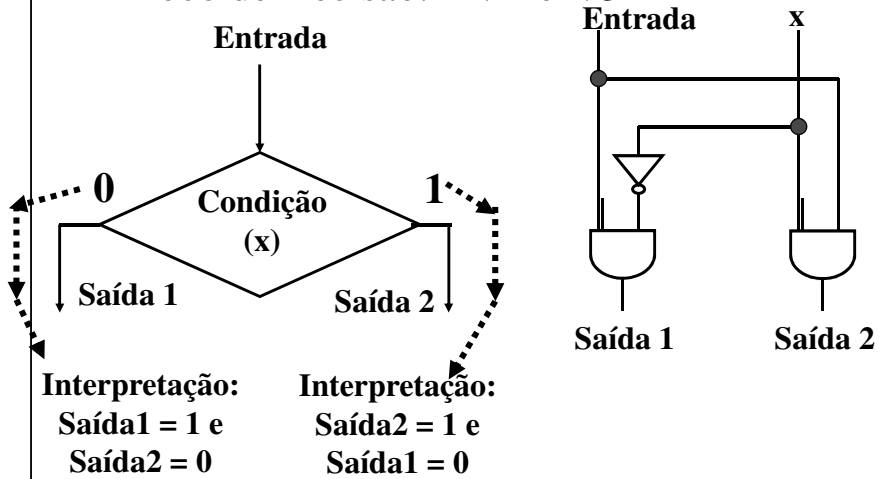


© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 48

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Cada símbolo é mapeado em *hardware*:

– Bloco de Decisão: *AND* e *NOT*

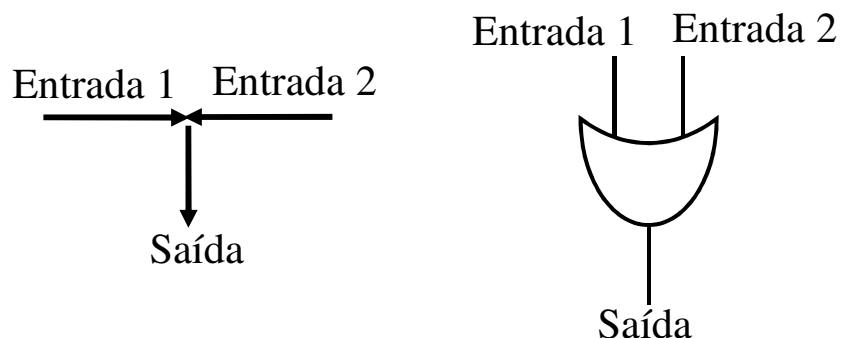


© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 49

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Cada símbolo é mapeado em *hardware*:

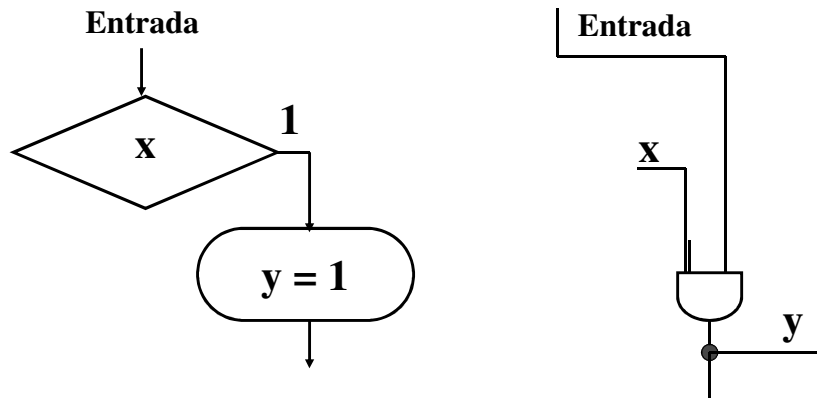
– Bloco de Junção: *OR*



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 50

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

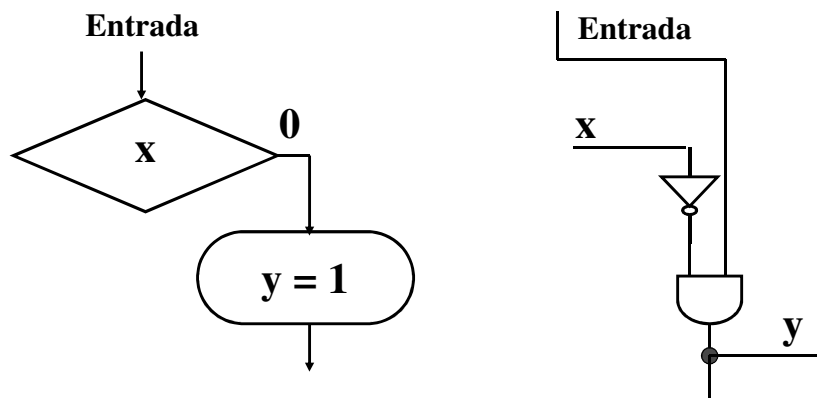
- Cada símbolo é mapeado em *hardware*:
 - Bloco de Saída Condicional: *AND*.



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 51

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

- Cada símbolo é mapeado em *hardware*:
 - Bloco de Saída Condicional: *NOT&AND*.



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 52

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

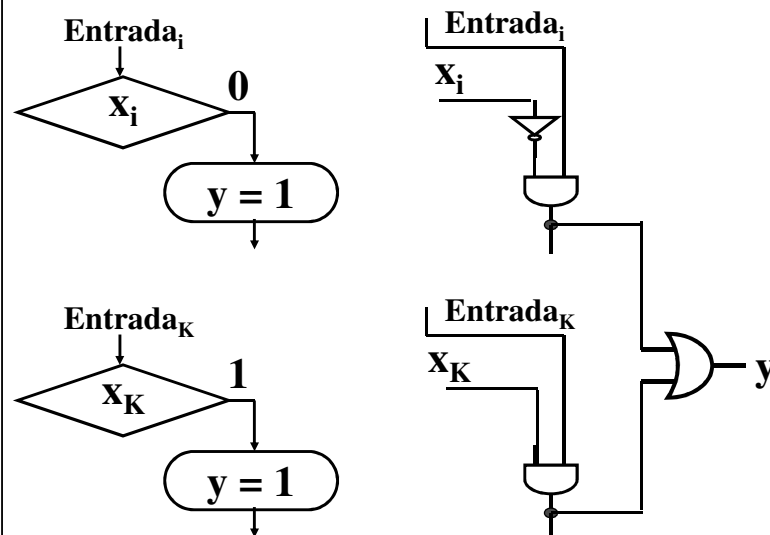
■ Cada símbolo é mapeado em *hardware*:

– Bloco de Saída Condicional:

– Quando são vários Blocos de Saída Condicional que influenciam o valor da mesma variável, estes devem ser “somados” com uma porta *OR* (aplicação de um Bloco de Junção).

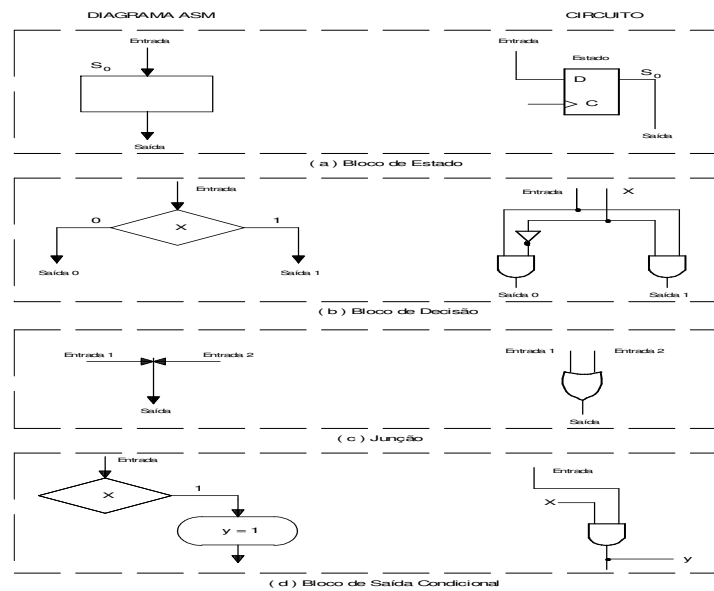
© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 53

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 54

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 55

3. Diagrama ASM – Algorithmic State Machine

■ Restrições dos diagramas ASM:

- Não pode haver dois “**Próximo Estado**” possíveis para um **único Estado** do qual se parte, isto é, uma máquina de estados não pode estar em dois estados simultaneamente;
- **Blocos de Condição** devem apontar para estados.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 56

3.1. Diagrama ASM – Exemplos:

■ Voltando a um Exercício proposto:

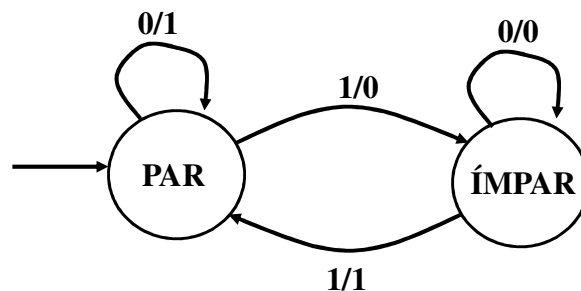
–Projetar uma máquina de estado finito que forneça:

»1 como saída, caso um número par de 1's seja fornecido numa cadeia de bits de entrada.

»0, no caso contrário.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 57

3.1. Diagrama ASM – Exemplos:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 58

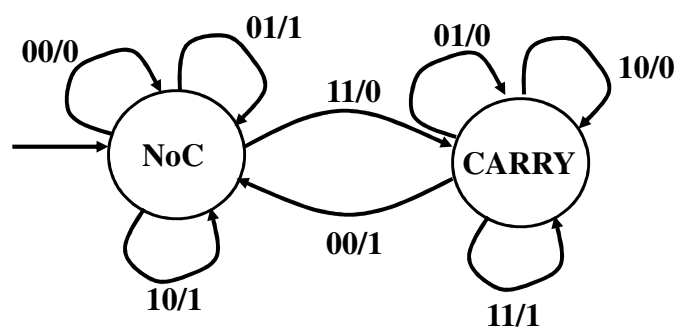
3.1. Diagrama ASM – Exemplos:

■ Voltando a outro Exercício proposto:

–Projetar uma máquina de estado finito que faça uma soma bit a bit e gerando o vai 1.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 59

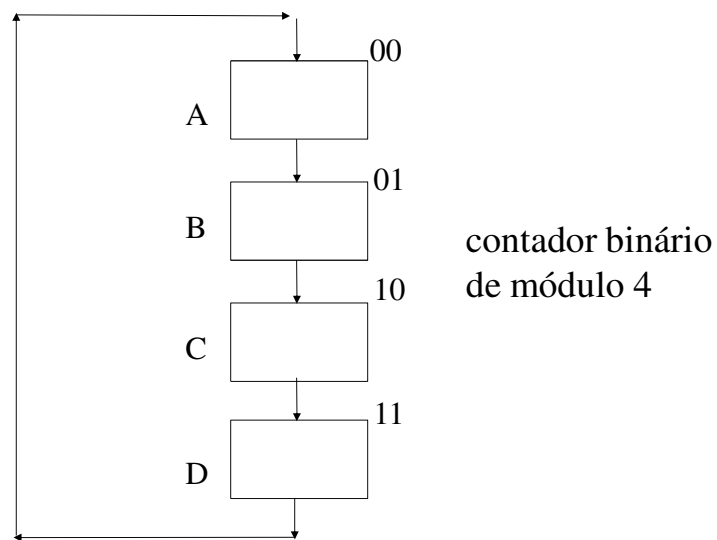
3.1. Diagrama ASM – Exemplos:



Legenda: CARRY = Houve Carry;
NoC = Não houve Carry.

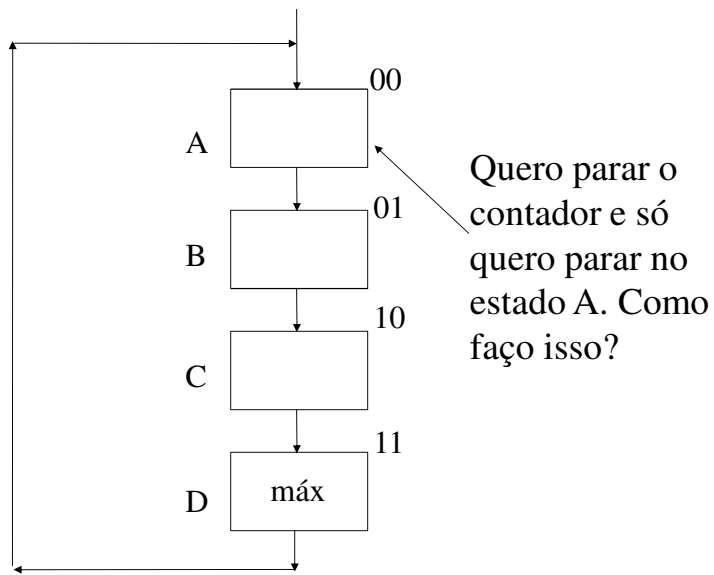
© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 60

3.1. Diagrama ASM – Exemplos:



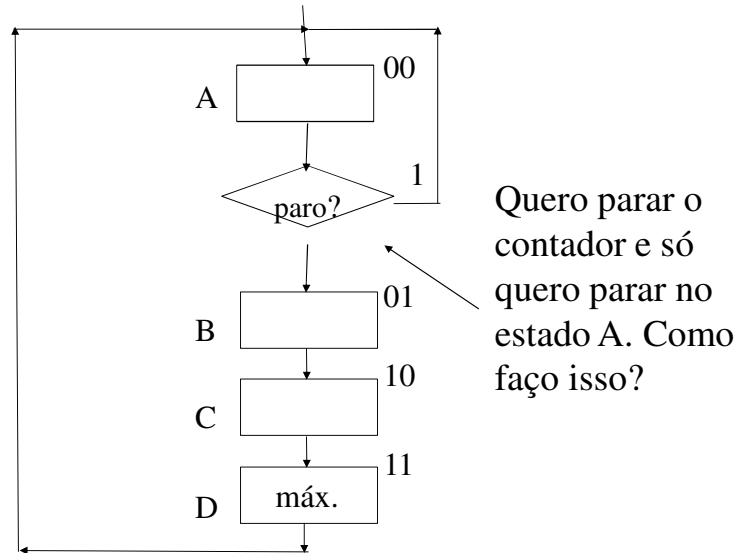
© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 61

3.1. Diagrama ASM – Exemplos:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 62

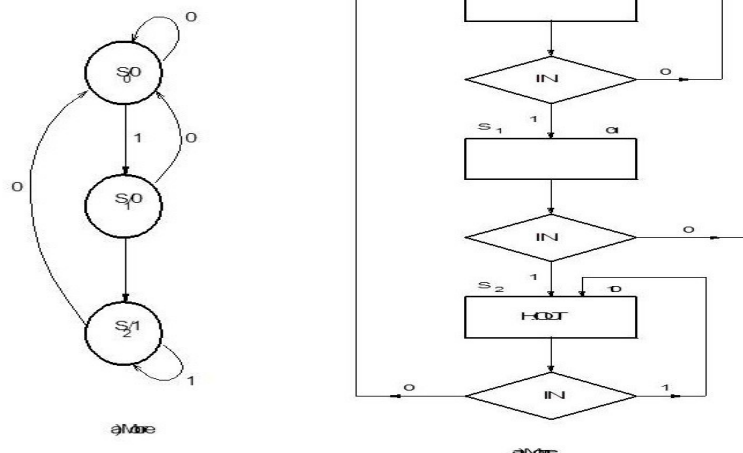
3.1. Diagrama ASM – Exemplos:



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 63

3.2. ASM e Máquinas de Estado

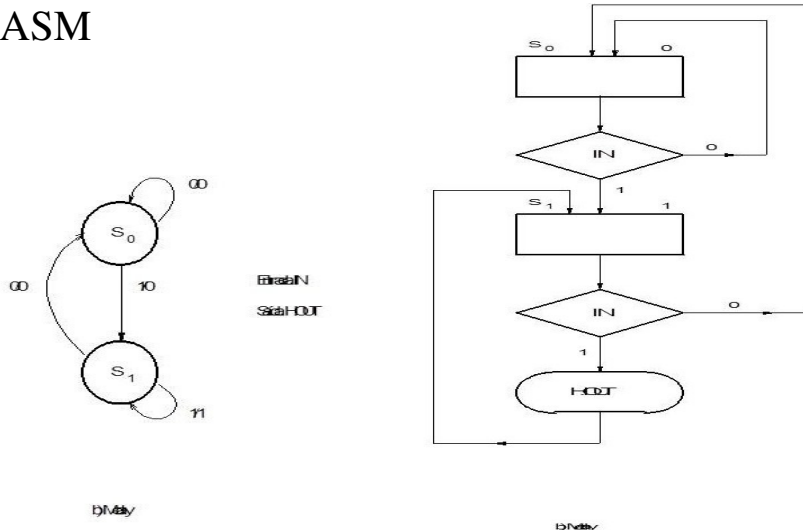
Relacionando máquinas de estado e diagramas ASM



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 64

3.2. ASM e Máquinas de Estado

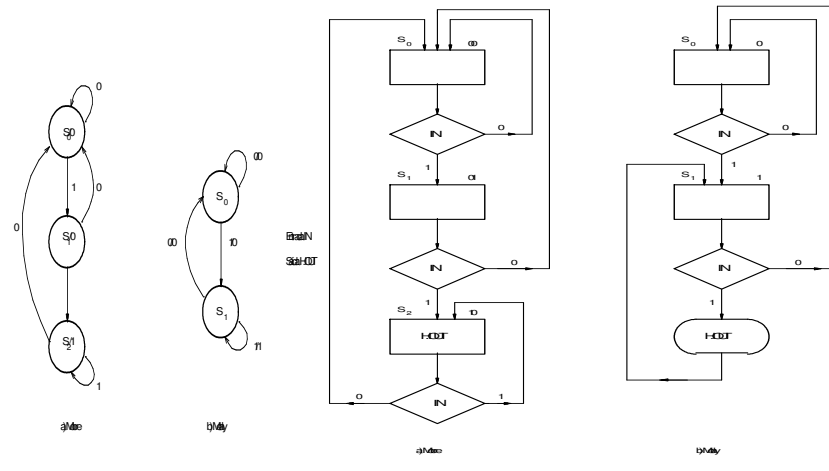
Relacionando máquinas de estado e diagramas ASM



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simpício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 65

3.2. ASM e Máquinas de Estado

Relacionando máquinas de estado e diagramas ASM



© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simpício, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 66

3.3. ASM – Mais exemplos de aplicação

■ Outros exemplos de aplicações dos diagramas ASM:

- Unidade de controle de um processador;
- Multiplicador binário;
- Contador de 1's.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 67

Livro Texto

- Wakerly, J.F.; *Digital Design – Principles & Practices*; 4th Edition, ISBN: 0-13-186389-4, Pearson & Prentice-Hall, Upper Saddle, River, New Jersey, 07458, 2006.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 68

Lição de Casa

- **Leitura Obrigatória:**
 - Página 664 do Livro Texto e demais referências a ASM.
- **Exercícios Obrigatórios:**
 - Lista de Exercícios do tema.

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 69

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- **Clare, Christopher R.; *Designing Logic Systems using State Machines*; McGraw-Hill, 1973.**

© Andrade, Midorikawa, Bruno, Simplicio, Spina 2.017 <ASM-Alg. State Mach.> PCS 3225 Sistemas Digitais II 70