

## Aula 4

### Diagramas ASM

Glauber De Bona

PCS - Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Agosto, 2020

# Agenda

Introdução

Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

1 Introdução

2 Elementos do Diagrama

3 Bloco ASM

4 Diagrama ASM

5 Diagrama de Transição e ASM

6 Exercícios

# Introdução

## Introdução

Elementos do  
Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de  
Transição e ASM

Exercícios

# Introdução

# Unidade de Controle e Fluxo de Dados

## Introdução

## Elementos do Diagrama

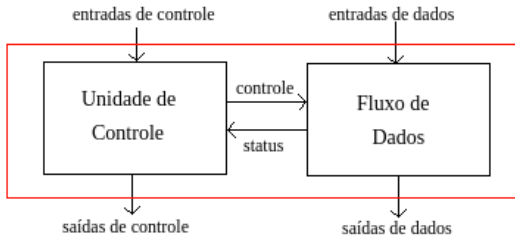
## Bloco ASM

## Diagrama ASM

## Diagrama de Transição e ASM

## Exercícios

- No nível do processador, um sistemas digital é tipicamente dividido entre:
  - **Fluxo de Dados:** Arquitetura onde os dados são manipulados, formada por MUX, somador, ULA, Flip-Flops, registrador, contador...
  - **Unidade de Controle:** Circuito que controla a sequência de operações, implementa uma máquina de estados finita.
- A máquina de estado da UC implementa um algoritmo, por isso é chamada de Máquina de Estado Algorítmica.



# Diagrama ASM

## Introdução

### Elementos do Diagrama

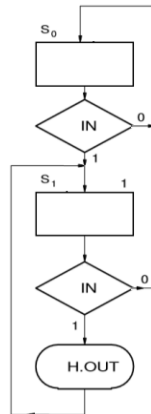
### Bloco ASM

### Diagrama ASM

### Diagrama de Transição e ASM

### Exercícios

- $ASM = \text{Algorithmic State Machine}$
- **Diagrama ASM:** Representação gráfica (fluxograma) do algoritmo que descreve o comportamento de um sistema digital.
  - Descreve uma Máquina de Estados Finita (Mealy e Moore).
- Assumem-se entradas e saídas binárias.
- Cada diagrama ASM corresponde a um circuito sequencial síncrono.
  - Equivalente a diagramas de transição, mas explicitam algoritmo.



# Elementos do Diagrama

Introdução

**Elementos do  
Diagrama**

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de  
Transição e ASM

Exercícios

## Elementos do Diagrama

# Elementos do Diagrama ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- O comportamento da máquina em um estado (saídas e próximo estado função das entradas) é definido por um **bloco ASM**.
  - Em circuito, um bloco corresponde a um período de clock.
- Um diagrama ASM é formado por um conjunto de blocos, respeitando regras de composição.
- Cada bloco ASM é construído pela conexão dos seguintes elementos básicos: caixa de estado, caixa de decisão e caixa de saída condicional.

# Caixa de Estado

Introdução

Elementos do Diagrama

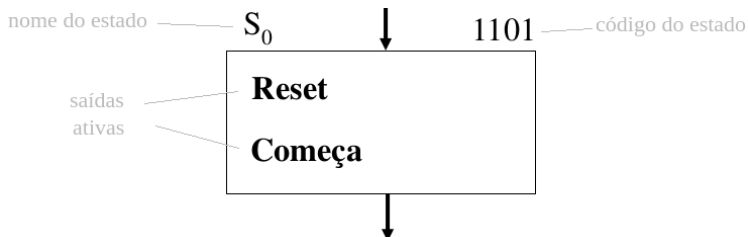
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Representa estado da máquina, inicia um bloco ASM.
- Traz o nome e o código do estado, além das saídas de Moore.
  - Listamos dentro apenas as saídas ativas.





# Caixa de Decisão

Introdução

Elementos do Diagrama

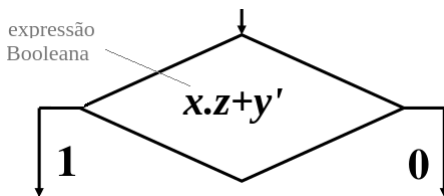
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Bifurca o caminho conforme o valor de uma expressão Booleana .
- Traz dentro a expressão em função das entradas da máquina.
- Caixa possui uma entrada e duas saídas.
  - Cada saída corresponde a um possível valor pra expressão (0 ou 1).



# Caixa de Saída Condicional

Introdução

Elementos do Diagrama

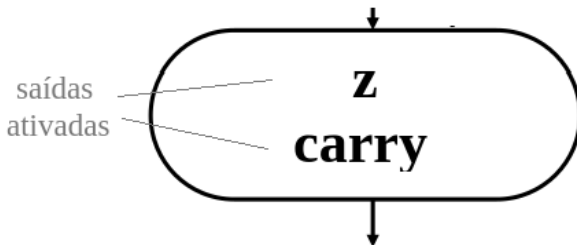
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Vem sempre depois de uma caixa de decisão.
- Lista o nome das saídas da máquina de estado ativas naquele caminho.



# Caixa de Saída Condicional

Introdução

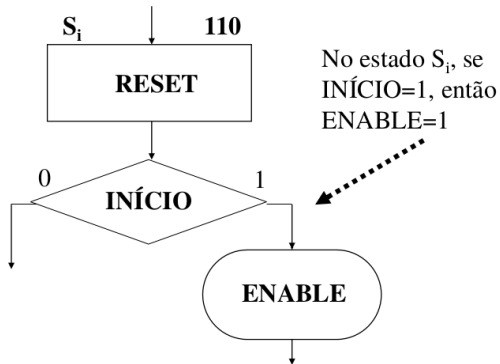
Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios



# Junção

Introdução

Elementos do Diagrama

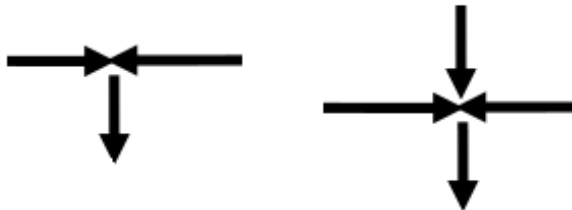
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Caminhos que conectam blocos podem se juntar.
- Uma **junção** tem 2 ou mais caminhos na entrada e um caminho na saída.
- A junção permite que dois estados diferentes levem a um mesmo estado.



# Bloco ASM

Introdução

Elementos do  
Diagrama

**Bloco ASM**

Diagrama ASM

Diagrama de  
Transição e ASM

Exercícios

## Bloco ASM

# Bloco ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- O **bloco ASM** descreve a operação da máquina em um estado, durante um período de clock.
- Inicia com a caixa daquele estado.
- Conectam-se caixas de decisão e de saída condicional.
- Caminhos do bloco terminam quando chegam em outro estado.
- O bloco diz qual o estado futuro em função das entradas.
- Entradas determinam quais saídas são iguais a 1, demais são iguais a zero.
- Dentro do bloco, todas avaliações de expressões e ativações de saídas acontecem **simultaneamente**.

# Bloco ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

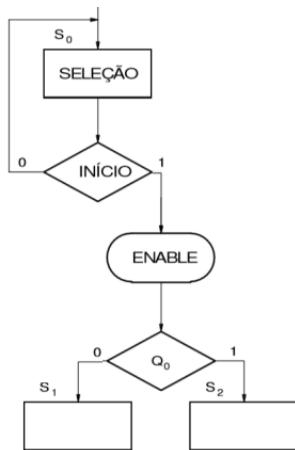
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Estado Atual:  $S_0$ .
- Estado Futuro:
  - Se  $INICIO = 0$ ,  $S_0$ ;
  - senão  $S_1$  se  $Q_0 = 0$ , senão  $S_2$
- Saídas:
  - $SELECAO = 1$ ;
  - $ENABLE = 1$  sse  $INICIO = 1$



# Equivalência entre blocos ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

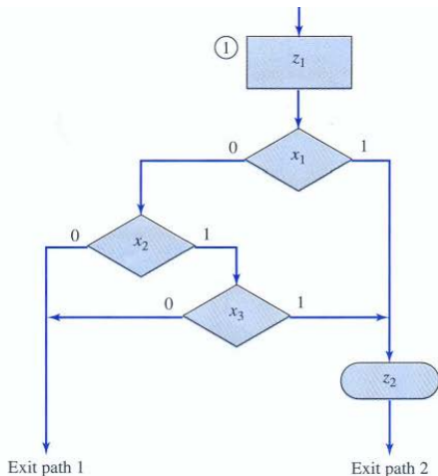
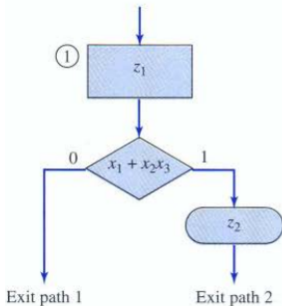
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Diferentes blocos ASM podem ser equivalentes.





# Diagrama ASM

Introdução

Elementos do  
Diagrama

Bloco ASM

**Diagrama ASM**

Diagrama de  
Transição e ASM

Exercícios

## Diagrama ASM

# Compondo um diagrama ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Juntando blocos ASM, temos um diagrama ASM, onde o estado inicial é marcado com uma seta.
- Regras de composição a serem respeitadas:
  - Caixas de saídas condicionais devem vir depois de caixas de decisão.
  - Caixas de decisão num mesmo caminho entre dois estados devem testar diferentes expressões.
  - **Laços** (*loops*) devem passar por pelo menos um estado.

# Diagrama ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

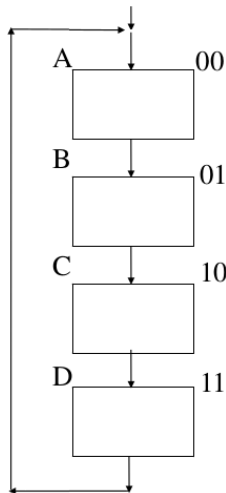
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- A transição de estados na máquina de estados finita acompanha um caminho no diagrama ASM.
- A cada momento, estamos em um bloco ASM, correspondente ao estado atual.
- A cada *tick* do clock, vamos para o próximo estado, de acordo com o valor das entradas.
- *Exemplo:* O que a máquina ao lado faz?



# Exemplo - Máquina de Moore

Introdução

Elementos do Diagrama

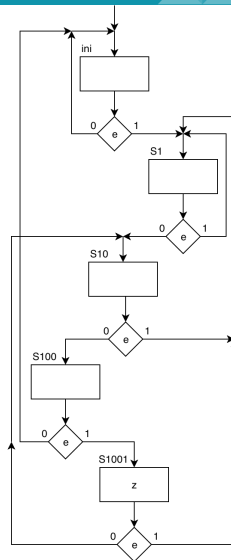
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Problema:** projetar uma máquina de estados que detecta a sequência 1001 em sua única entrada (com sobreposição).
- **Moore:** sem saídas condicionais
- Uma entrada,  $e$ ; uma saída,  $z$ .
- $z = 1$  sse lemos 1001 em  $e$ .



# Exemplo - Máquina de Mealy

Introdução

Elementos do Diagrama

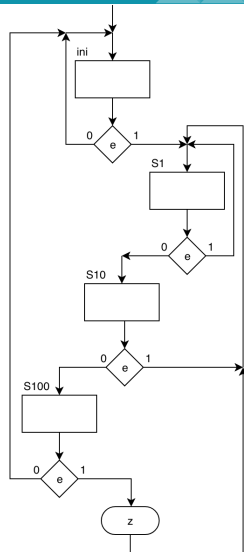
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Mealy**: com saídas condicionais
- Quando chega o último 1 de 1001,  $z = 1$  e voltamos para S1.
- Máquina de *Moore* tem *more* estados.



# Diagrama de Transição e ASM

Introdução

Elementos do  
Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

**Diagrama de  
Transição e ASM**

Exercícios

## Diagrama de Transição e ASM

# Diagramas de transição de estados e ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

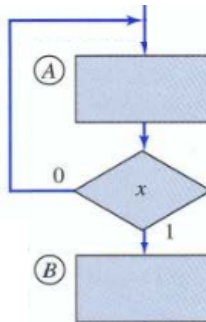
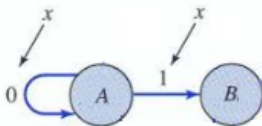
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Diagramas ASM correspondem a diagramas de transição de estado.
- Cada caixa de estado corresponde a nó no diagrama de transição.
- Os arcos de transição de estados correspondem a caminhos entre estados no diagrama ASM.



# Diagramas de transição de estados e ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

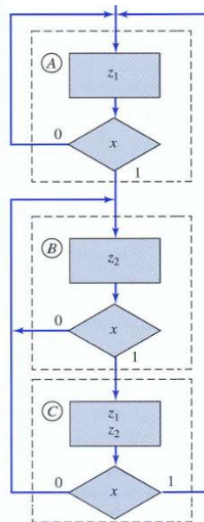
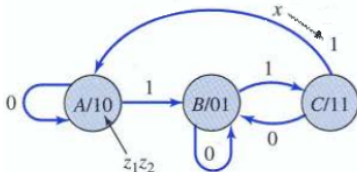
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

■ **Moore:** saídas rotulam estados.





# Diagramas de transição de estados e ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

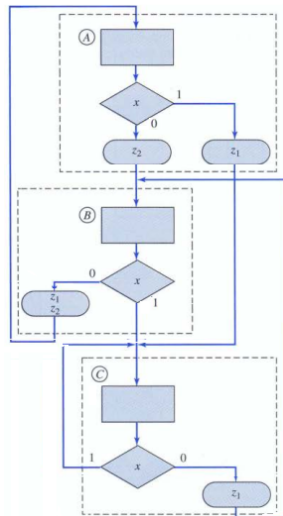
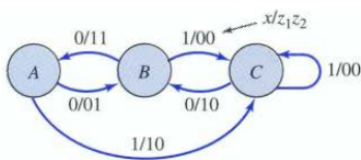
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Mealy:** saídas condicionais rotulam transições correspondentes.



# Exercícios

Introdução

Elementos do  
Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de  
Transição e ASM

**Exercícios**

## Exercícios

# Exercícios

Introdução

Elementos do  
Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de  
Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 1:** Construa um bloco ASM para o estado  $S_1$ , considerando entradas  $x_1, x_2$  e saída  $z$ . A saída  $z$  deve ser igual a 1 se  $x_1 = 1$  e  $x_2 = 0$ . O bloco sai para o estado  $S_2$ , exceto se  $x_1 = x_2 = 1$ , quando o bloco sai para  $S_3$ .

# Exercícios

Introdução

Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 2:** Construa o diagrama ASM de um contador cujo módulo (4, 6 ou 8) é determinado pelas entradas  $x_1$  e  $x_2$ . O contador deve ficar no estado inicial enquanto  $x_1 = x_2 = 0$ . O módulo da contagem é determinado no estado inicial: 4 se  $x_1 = 1$  e  $x_2 = 0$ ; módulo 6 se  $x_1 = 0$  e  $x_2 = 1$ ; e módulo 8 se  $x_1 = x_2 = 1$ . A única saída,  $z$ , deve ser igual a 1 apenas no último estado da contagem.

# Exercícios

Introdução

Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 3:** Construa o diagrama ASM de uma máquina que reconheça, na sua entrada  $x$ , uma sequência de dois 1's seguida por uma sequência de 3 bits onde exatamente um deles é 1: 11100, 11010, 11001. Após detectar o par de 1's consecutivos, a máquina deve analisar os próximos 3 bits e depois voltar para o estado inicial, ativando a saída  $z$  nesta transição se detectar a sequência.

# Exercícios

Introdução

Elementos do Diagrama

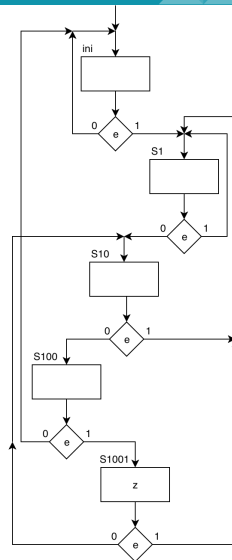
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 4:** Desenhe o diagrama de transição de estados equivalente ao diagrama ASM ao lado (Moore).



# Exercícios

Introdução

Elementos do Diagrama

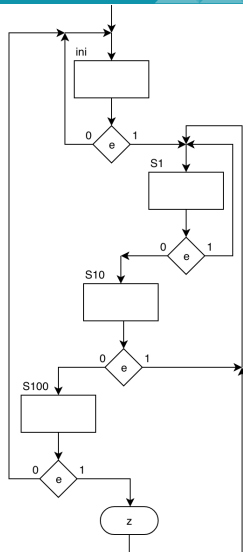
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 5:** Desenhe o diagrama de transição de estados equivalente ao diagrama ASM ao lado (Mealy).



# Exercícios

Introdução

Elementos do Diagrama

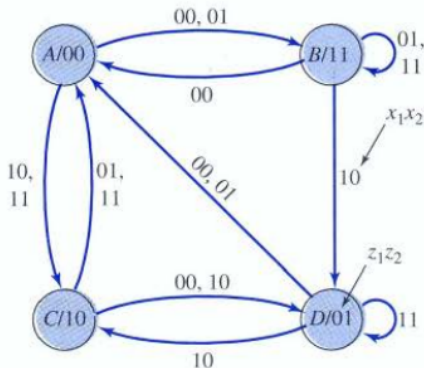
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 6:** Converta o diagrama de transição de estados abaixo para o diagrama ASM equivalente (Moore).





# Exercícios

Introdução

Elementos do Diagrama

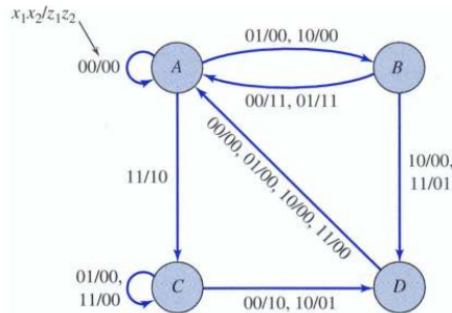
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Exercício 7:** Converta o diagrama de transição de estados abaixo para o diagrama ASM equivalente (Mealy).



Obrigado!



Universidade de São Paulo



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE  
COMPUTAÇÃO E SISTEMAS DIGITAIS

PCS

# Referências

Introdução

Elementos do  
Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de  
Transição e ASM

Exercícios



B. Albertini.

Algorithmic state machines.

https:

[//balbertini.github.io/asm-pt\\_BR.html#asm](https://balbertini.github.io/asm-pt_BR.html#asm).



D. Givone.

*Digital Principles and Design*.

Palgrave Macmillan, 2003.