



Diagramas ASM

para representar Máquinas de Estado

Glauber De Bona

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

Junho, 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

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.

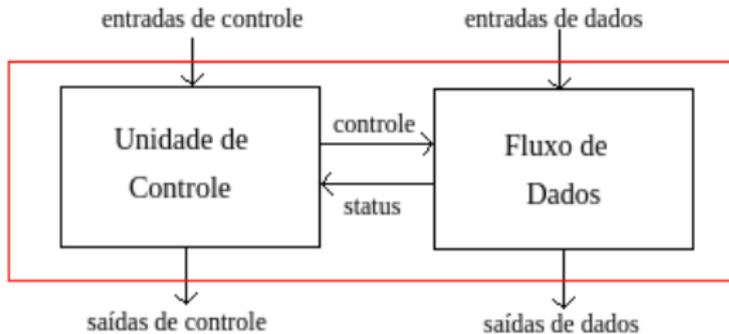


Diagrama ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

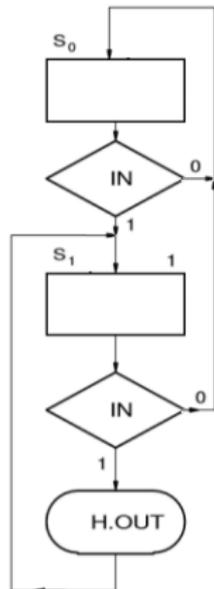
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- ASM = *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

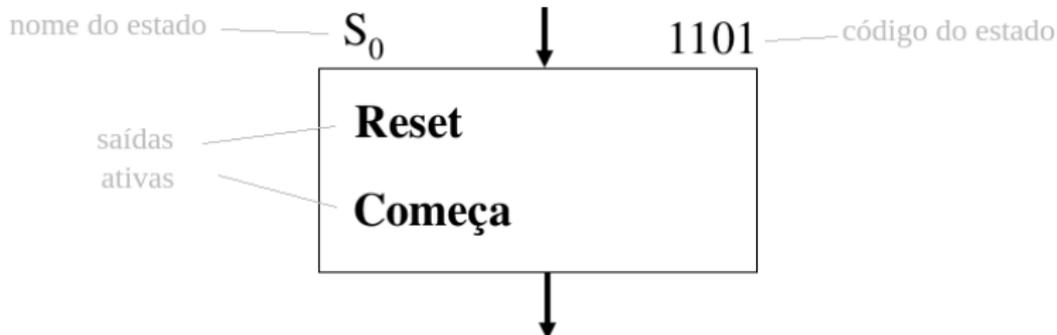
Bloco ASM

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

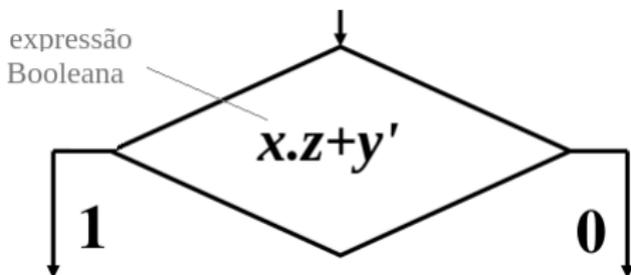
Bloco ASM

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

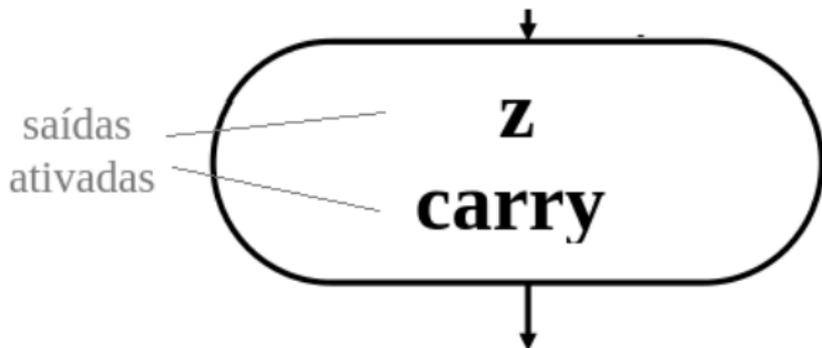
Bloco ASM

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

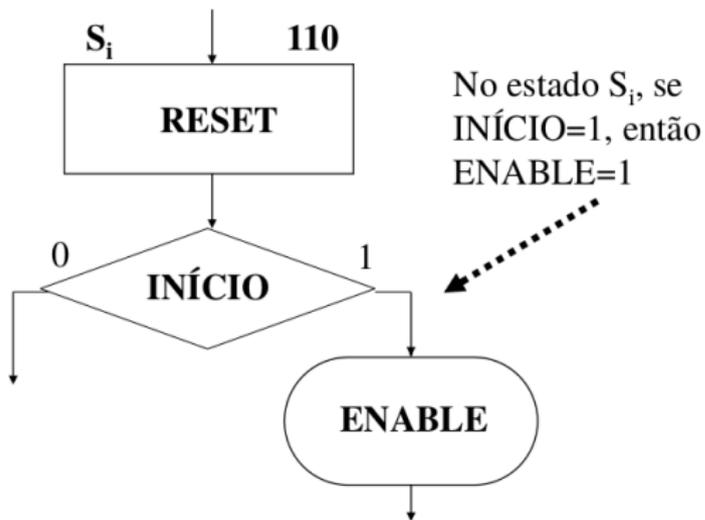
Elementos do Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios



Junção

Introdução

Elementos do Diagrama

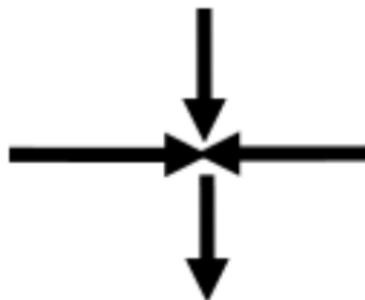
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Caminhos que conectam caixas 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.



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

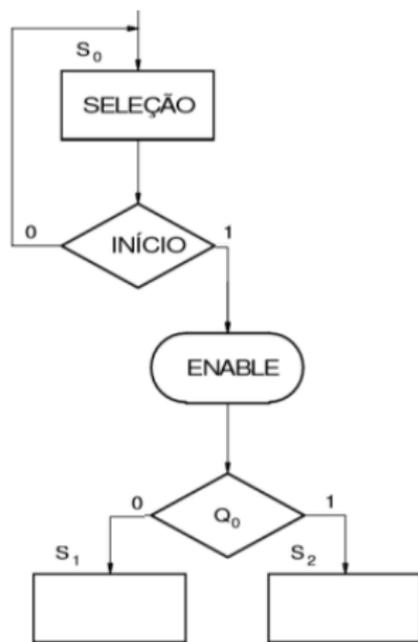
Bloco ASM

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

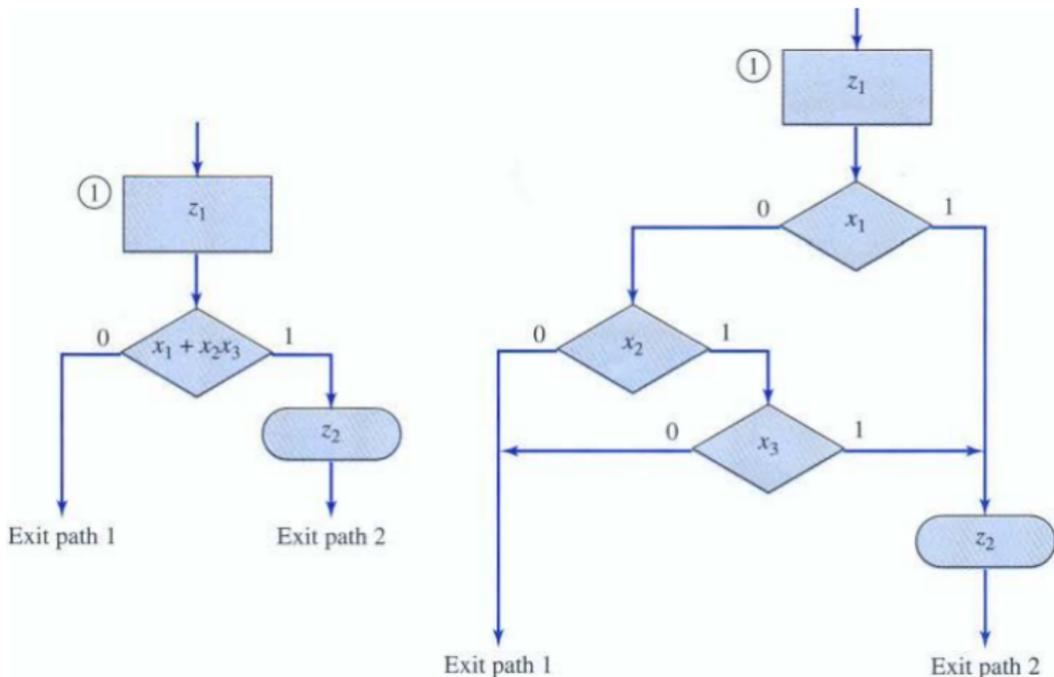
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Diferentes blocos ASM podem ser equivalentes.



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

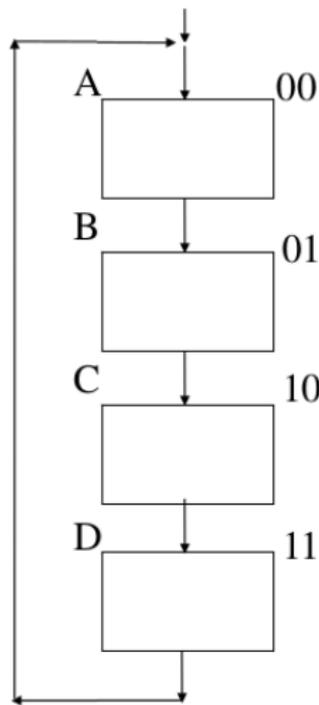
Bloco ASM

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

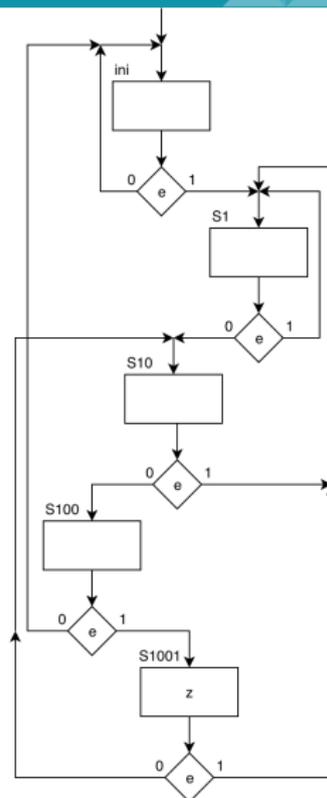
Bloco ASM

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

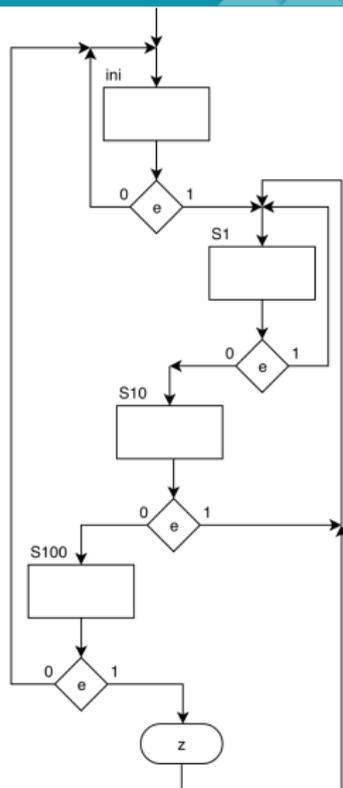
Bloco ASM

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.



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

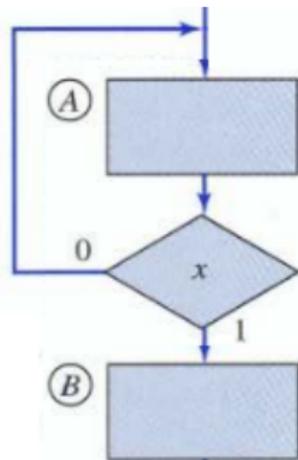
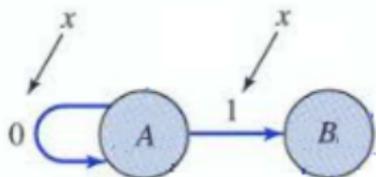
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- Diagramas ASM correspondem a diagramas de transição de estado.
- Cada caixa de estado corresponde a um 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

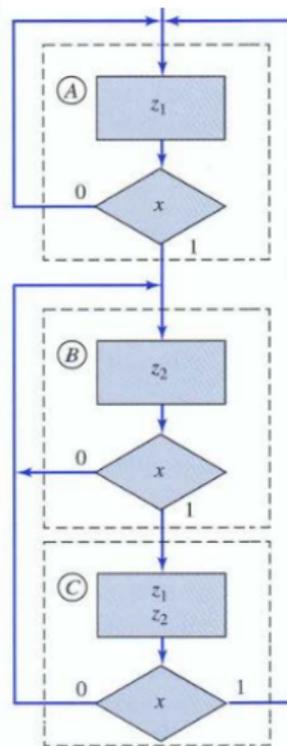
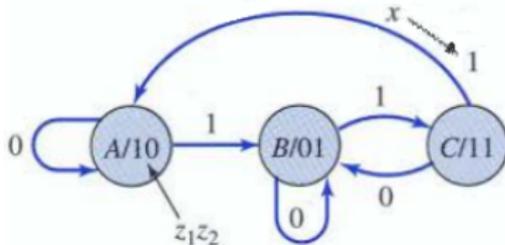
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

- **Moore:** saídas rotulam estados.



Diagramas de transição de estados e ASM

Introdução

Elementos do Diagrama

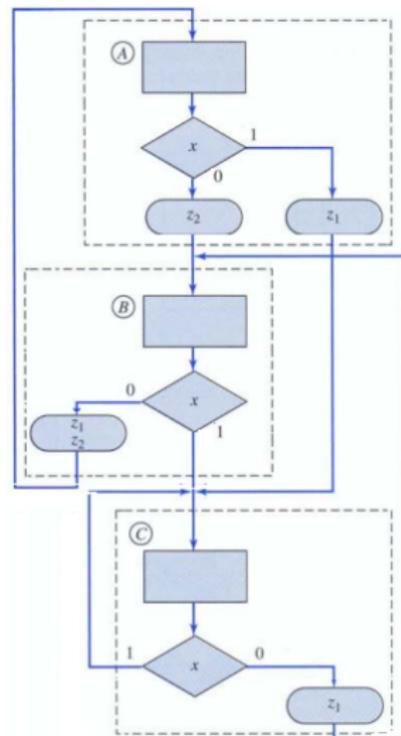
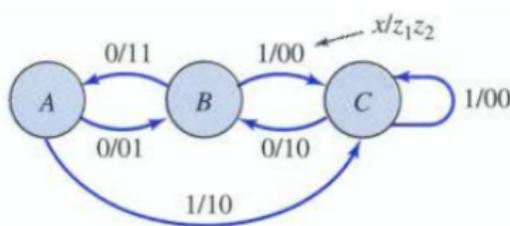
Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de Transição e ASM

Exercícios

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



Introdução

Elementos do
Diagrama

Bloco ASM

Diagrama ASM

Diagrama de
Transição e ASM

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 .

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.

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

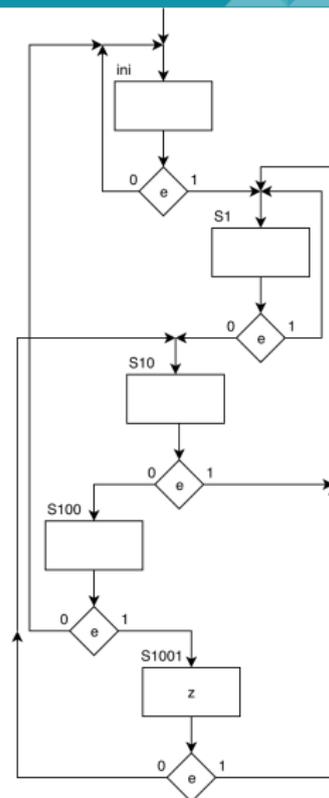
Bloco ASM

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

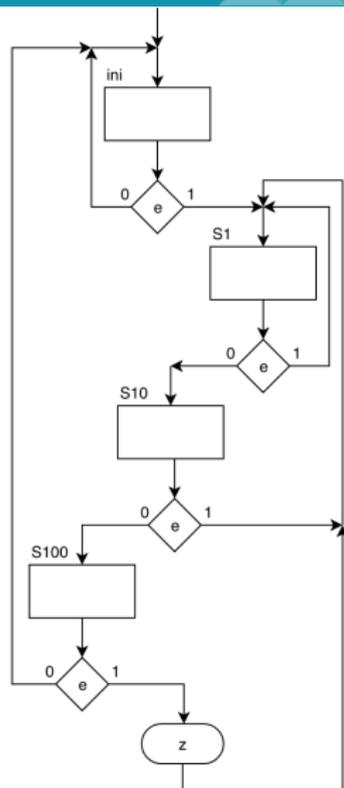
Bloco ASM

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

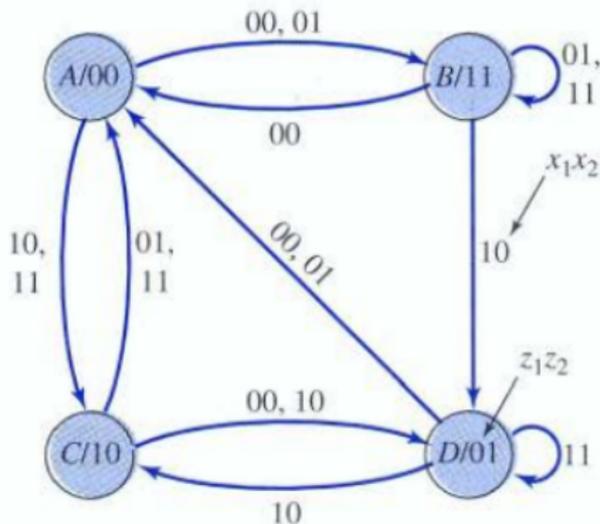
Bloco ASM

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

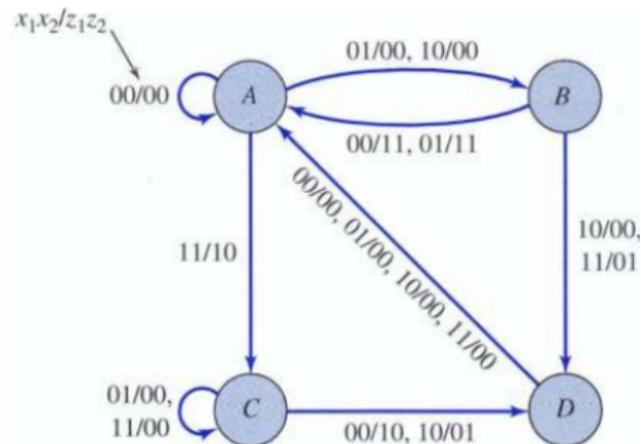
Bloco ASM

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!

USP

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.