



**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Centro Tecnológico**  
Departamento de Informática e Estatística  
**Curso de Graduação em Ciências da Computação**



# **Sistemas Digitais**

**INE 5406**

## **Aula 8-T**

**2. Máquinas Sequencias Síncronas: Comparação entre os Modelos de Moore e de Mealy (Exemplo). Minimização de Estados.**

**Prof. José Luís Güntzel**  
**[guntzel@inf.ufsc.br](mailto:guntzel@inf.ufsc.br)**

**[www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5406/ine5406.html](http://www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5406/ine5406.html)**

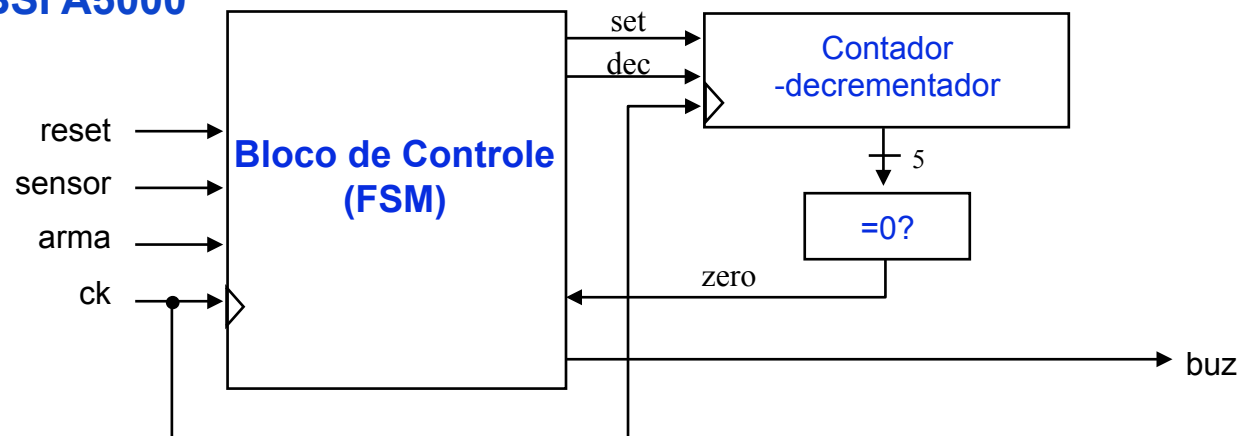
## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 5 (questão 2 da 1ª verificação de 2007/2, modificada):**

Suponha que tu foste contratado(a) pela BSI (Brava Semiconductors Inc.) para trabalhar no projeto do alarme automotivo BSI A5000, o qual deverá ser lançado no mercado na segunda quinzena de novembro/2007. O diagrama de blocos deste alarme é mostrado abaixo. Do ponto de vista externo, este alarme possui **quatro** entradas (ck, reset, arma e sensor) e uma saída (buz). O comportamento deste alarme deve ser como segue:

**Alarme BSI A5000**



## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

---

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 5 (questão 2 da 1ª verificação de 2007/2, modificada):**

1. Existe um estado chamado “DES”, no qual o alarme permanece enquanto o sinal “arma” não for ativado (ou seja, enquanto  $\text{arma}=0$ ). Além disso, este é o estado para o qual o alarme vai quando o sinal o alarme é desarmado (ou seja, quando o sinal “arma” baixar, após um período de tempo em que ele valia “1”), ou quando o Reset assíncrono for ativado.
2. Existe um estado “ARM”, para o qual o alarme vai quando é armado, nele permanecendo enquanto o sensor não detectar uma invasão (ou seja, enquanto  $\text{sensor}=0$ ) e caso o alarme não for desarmado.

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 5 (questão 2 da 1ª verificação de 2007/2, modificada):**

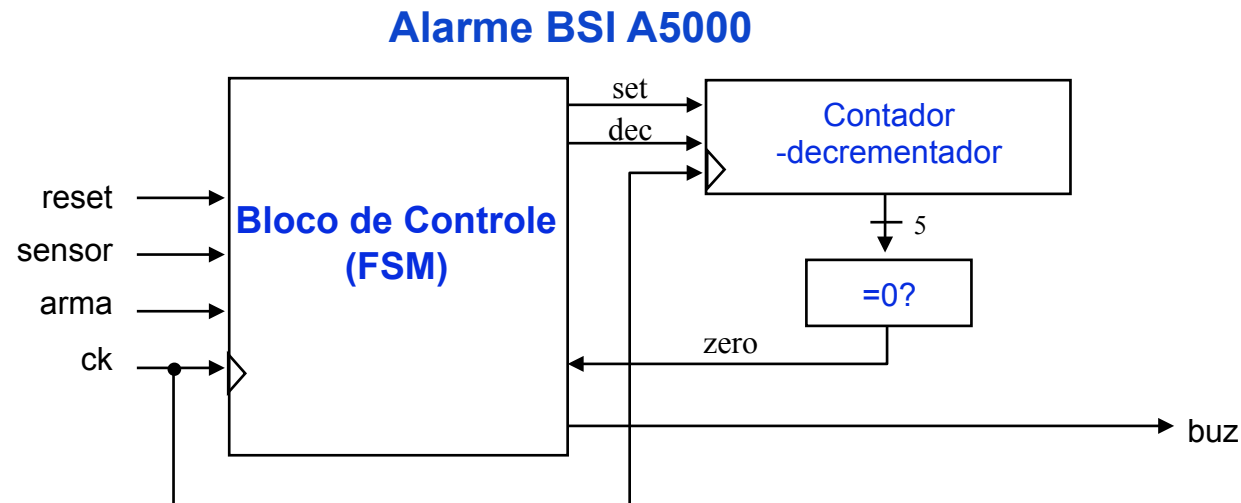
3. Se o sensor detecta uma invasão ( $\text{sensor}=1$ ), o alarme não dispara imediatamente a buzina. (A buzina é disparada fazendo-se  $\text{buz}=1$ .) Antes de disparar a buzina, ele passa por um período de retardo, correspondente a uma contagem completa do contador-decrementador mostrado no diagrama de blocos. Somente quando o conteúdo deste contador-decrementador atingir o valor zero o alarme pode disparar. Porém, uma vez que a contagem iniciou, as únicas maneiras de evitar que o alarme dispare (ou seja, que a buzina toque) é desativar o sinal “arma” (fazendo “ $\text{arma}=0$ ”) ou resetar o alarme. Isto significa que, uma vez iniciada a contagem regressiva do contador, o sinal “sensor” não deve mais interferir no comportamento do circuito.
4. Uma vez disparado o alarme, a buzina somente será desligada se o sinal “arma” for desativado ou se o alarme for resetado.

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

#### Observações:

- O bloco de controle do A5000 recebe ainda como entrada o sinal “zero”, que avisa quando o contador-decrementador atingiu o valor zero. Ele também precisa gerar os sinais que controlam o contador-decrementador, quais sejam: “set” e “dec”.
- o sinal “set” é assíncrono e seta todos os bits do contador-decrementador. Já o sinal “dec” é síncrono e causa o decremento (em uma unidade) do conteúdo do contador-decrementador.



## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 5 (questão 2 da 1ª verificação de 2007/2, modificada):**

Assumindo o modelo de máquina de estados de **Moore**:

- a) Desenha o diagrama de estados para o bloco de controle deste alarme. (1 ponto)
- b) Monta a tabela de transição de estados e a tabela de saídas (em uma única tabela) para o bloco de controle deste alarme. (0,5+1,0 = 1,5 ponto)

Assumindo o modelo de máquina de estados de **Mealy** (e eventual otimização de estados decorrente deste modelo):

- c) Desenha o diagrama de estados para o bloco de controle deste alarme. (1 ponto)
- d) Monta a tabela de transição de estados e a tabela de saídas (em uma única tabela) para o bloco de controle deste alarme. (0,5+1,0 = 1,5 ponto)

OBS: Não codifique os estados em binário. Ao invés disso, use nomes curtos para os estados (por ex. DES, ARM...).

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

#### **Exemplo 6: a máquina de vendas (*vending machine*)**

Projetar o bloco de controle (FSM) de uma máquina automática de vendas cujo comportamento é descrito a seguir.

- A máquina de vendas libera um item após ter recebido R\$ 1,50 em moedas.
- A máquina possui um único dispositivo de recebimento de moedas, que é capaz de receber moedas de R\$ 0,50 e de R\$ 1,00, uma moeda por vez.
- Um sensor mecânico indica se a moeda inserida é de R\$ 0,50 ou se é de R\$ 1,00.
- Uma vez identificada a inserção de R\$ 1,50, a saída do bloco de controle da máquina de vendas libera um único item, o qual cai dentro de uma cesta (*dispenser*) localizada na parte inferior do painel dianteiro da máquina.

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

---

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

#### **Exemplo 6: a máquina de vendas (*vending machine*)**

Iremos assumir as seguintes simplificações:

- A máquina de vendas não dá troco. (Isto implica que se o usuário inserir duas moedas de R\$ 1,00, ele comprará um item por R\$ 2,00 e portanto, perderá R\$ 0,50.)
- Assumiremos que a máquina está em estado reset antes de cada nova operação.

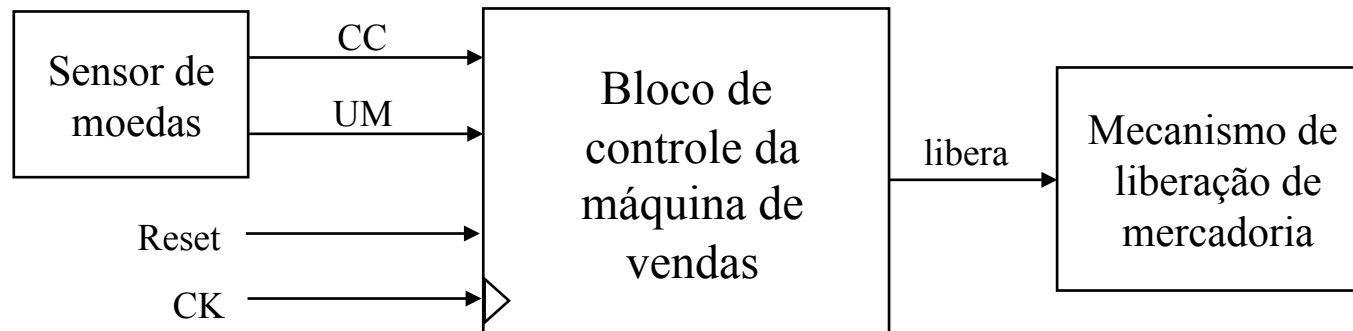


## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

#### Exemplo 6: compreendendo o problema

- Desenhar um diagrama de blocos com todos os elementos envolvidos e identificando os sinais que são entradas e saída (primárias) para o bloco de controle (FSM) a ser projetado!



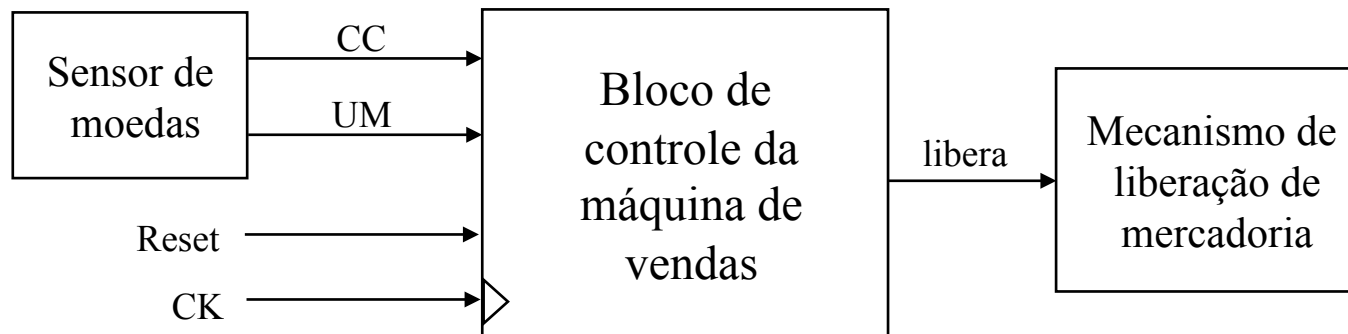
CC = moeda de R\$ 0,50 detectada

UM = moeda de R\$ 1,00 detectada

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: compreendendo o problema (novas assertivas...)**



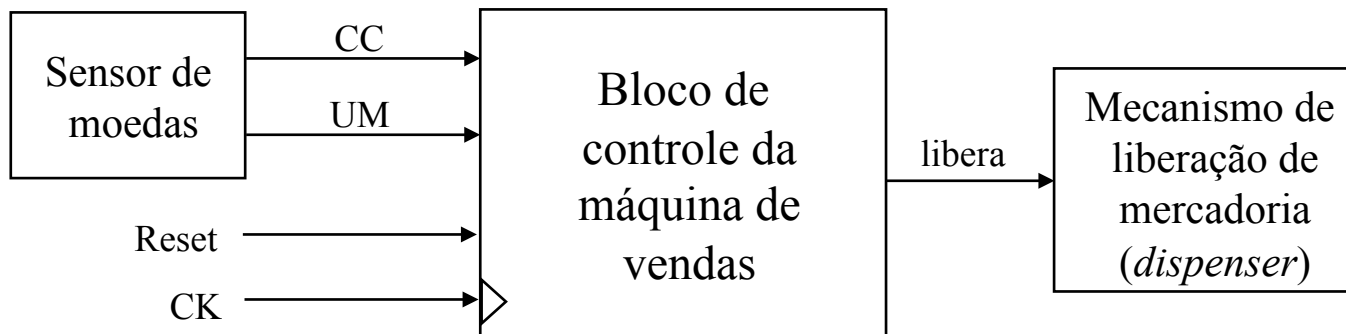
Iremos assumir que:

- Quando uma moeda de R\$ 0,50 é inserida, o sensor faz o sinal “CC” ficar no valor “1” durante um ciclo de relógio.
- Quando uma moeda de R\$ 1,00 é inserida, o sensor faz o sinal “UM” ficar no valor “1” durante um ciclo de relógio.
- Para liberar um item, basta que o sinal “libera” fique no valor “1” durante um ciclo de relógio.

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: compreendendo o problema (novas assertivas...)**



E se algum usuário inserir uma moeda diferente de R\$ 0,50 e de R\$ 1,00?

- Assumamos que o sensor de moedas seja capaz de retornar as moedas diferentes de R\$ 0,50 e de R\$ 1,00 (mantendo “CC” e “UM” no valor “0”).

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

#### Exemplo 6: representando o comportamento

- Uma vez compreendido o comportamento, deve-se mapeá-lo para alguma forma de representação mais adequada à síntese da FSM.
- Poder-se-ia partir diretamente para o diagrama de estados.
- Porém, às vezes pode ser mais seguro iniciar listando-se todas as sequências de entradas ou de “configurações” que o sistema pode assumir. No caso em questão, a listagem de todas as sequências de moedas possíveis é perfeitamente factível:

Sequência de moedas	Sequência de sinais
0,50; 0,50; 0,50	CC, CC, CC
0,50; 0,50; 1,00	CC, CC, UM
0,50; 1,00	CC, UM
1,00; 0,50	UM, CC
1,00; 1,00	UM, UM

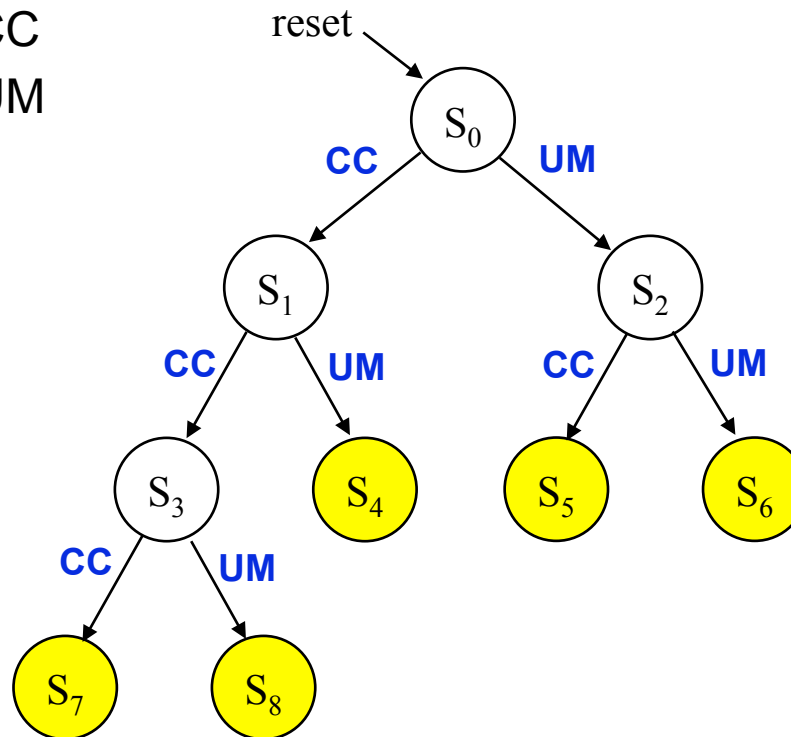
## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: representando o comportamento (diagrama de estados)**

- Representando graficamente todas as seqüências possíveis

- CC, CC, CC
- CC, CC, UM
- CC, UM
- UM, CC
- UM, UM



- Neste diagrama de estados não há arestas com destino igual a origem!
- Ele pode ser simplificado, pois há excesso de estados...

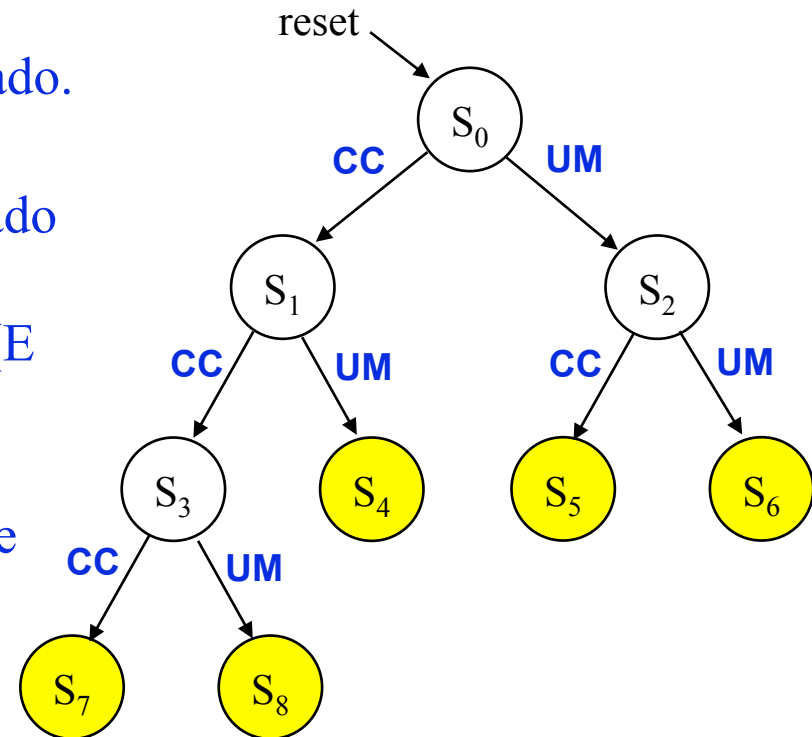
O sinal “libera”  
deve valer “1”  
nos estados  
amarelos

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: representando o comportamento (diagrama de estados)**

- Os estados  $S_4$ ,  $S_5$ ,  $S_6$ ,  $S_7$  e  $S_8$  têm a mesma função (abrir o *dispenser*) e portanto, podem ser combinados em um único estado.
- Para reduzir ainda mais o número de estados, podemos imaginar que cada estado represente **o total de dinheiro recebido pela máquina até um dado momento**. (E neste caso, não importa se o total de R\$ 1,00 foi atingido pela inserção de uma moeda de R\$ 1,00 ou por duas moedas de R\$ 0,50...)



## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

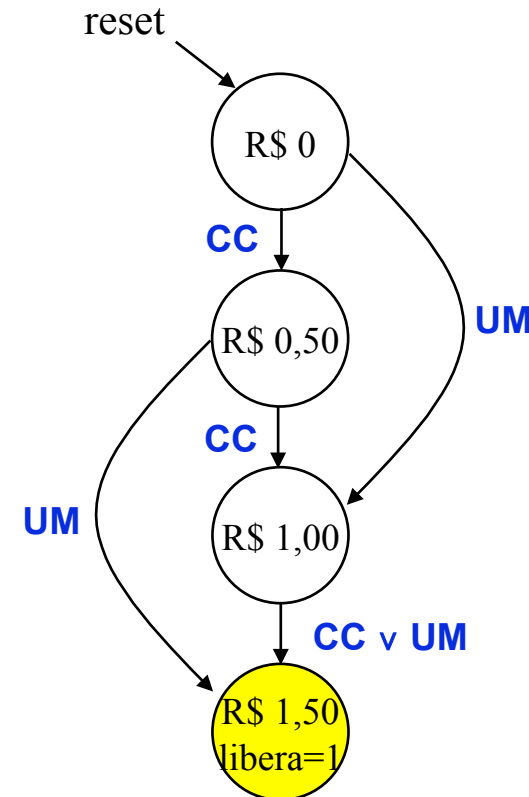
### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

#### Exemplo 6: minimização de estados

Sequências possíveis:

- CC, CC, CC
- CC, CC, UM
- CC, UM
- UM, CC
- UM, UM

Mas onde estão os arcos que partem e chegam em um mesmo estado?



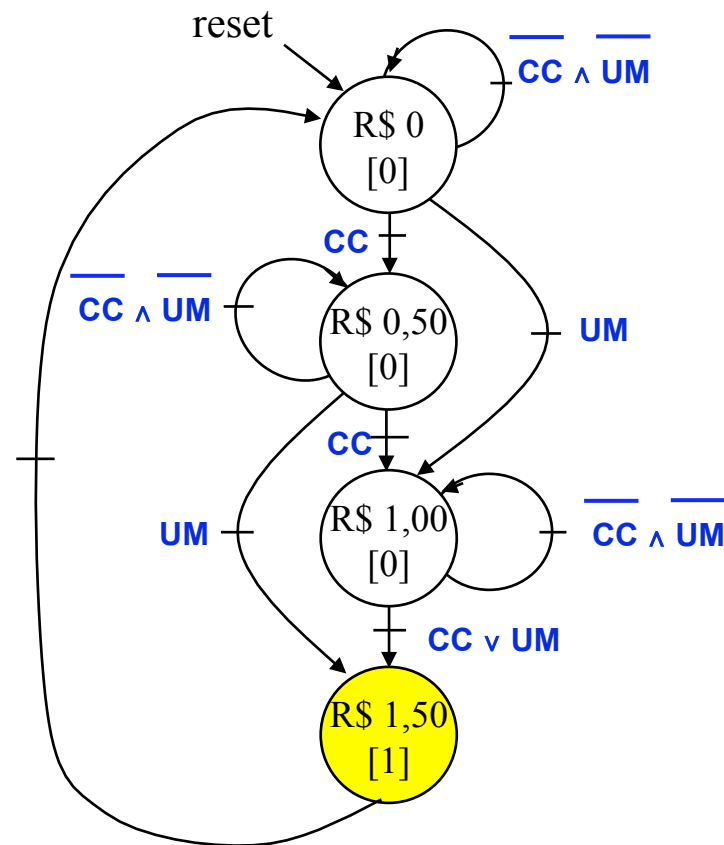
## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: uma representação mais completa**

Sequências possíveis:

- CC, CC, CC
- CC, CC, UM
- CC, UM
- UM, CC
- UM, UM

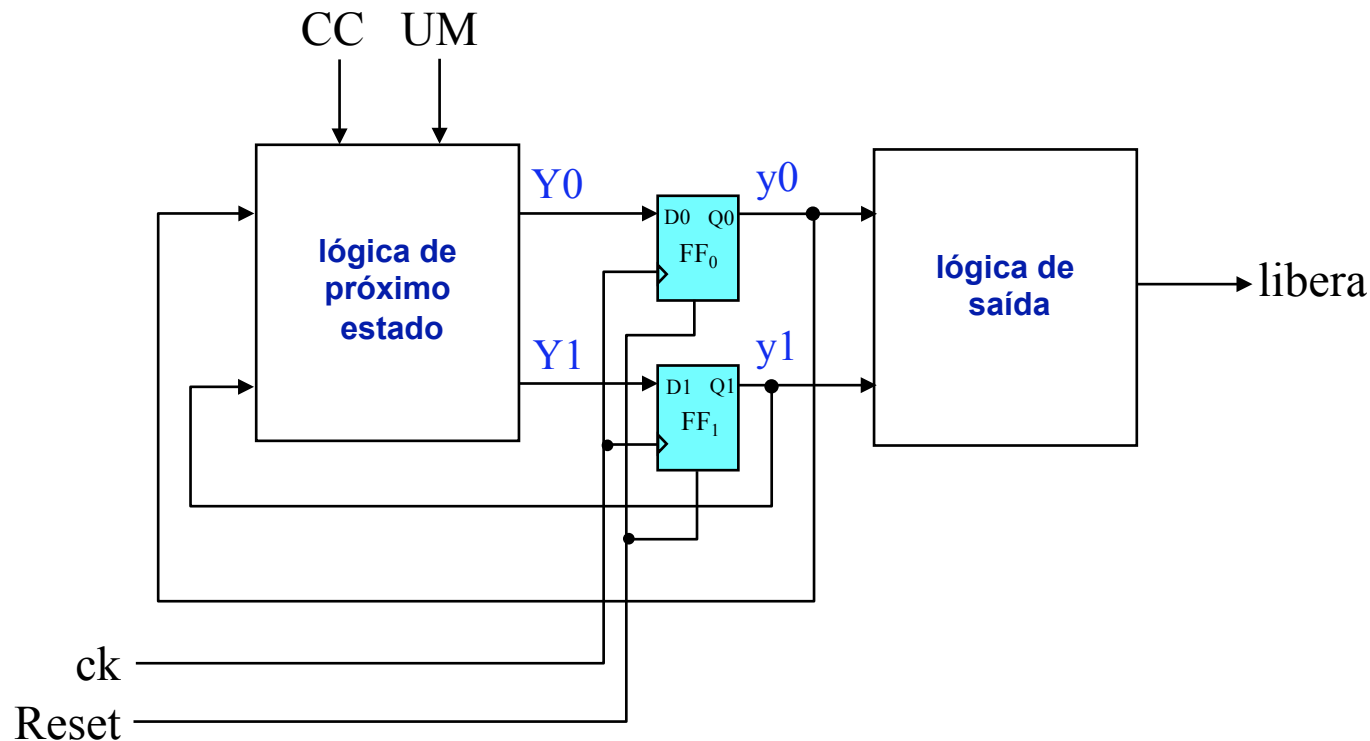




## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: projeto usando Modelo de Moore**



## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: tabela de transição de estados e tabela de saída**

Estado atual	Entradas		Próximo estado	Saída (Moore)
	UM	CC		libera
R\$ 0	0	0	R\$ 0	0
	0	1	R\$ 0,50	0
	1	0	R\$ 1,00	0
	1	1	-	-
R\$ 0,50	0	0	R\$ 0,50	0
	0	1	R\$ 1,00	0
	1	0	R\$ 1,50	0
	1	1	-	-
R\$ 1,00	0	0	R\$ 1,00	0
	0	1	R\$ 1,50	0
	1	0	R\$ 1,50	0
	1	1	-	-
R\$ 1,50	0	0	R\$ 0	1
	0	1	R\$ 0	1
	1	0	R\$ 0	1
	1	1	-	-

## 2. Máquinas Sequenciais Síncronas

### ► Síntese de Circuitos Sequenciais

**Exemplo 6: tabela de transição de estados e tabela de saída**

Supondo a seguinte codificação de estados:

R\$ 0 → 00

R\$ 0,50 → 01

R\$ 1,00 → 10

R\$ 1,50 → 11

Estado atual	Entradas		Próximo estado	Saída (Moore)
y1 y0	UM	CC		libera
0 0	0	0	0 0	0
	0	1	0 1	0
	1	0	1 0	0
	1	1	-	-
0 1	0	0	0 1	0
	0	1	1 0	0
	1	0	1 1	0
	1	1	-	-
1 0	0	0	1 0	0
	0	1	1 1	0
	1	0	1 1	0
	1	1	-	-
1 1	0	0	0 0	1
	0	1	0 0	1
	1	0	0 0	1
	1	1	-	-