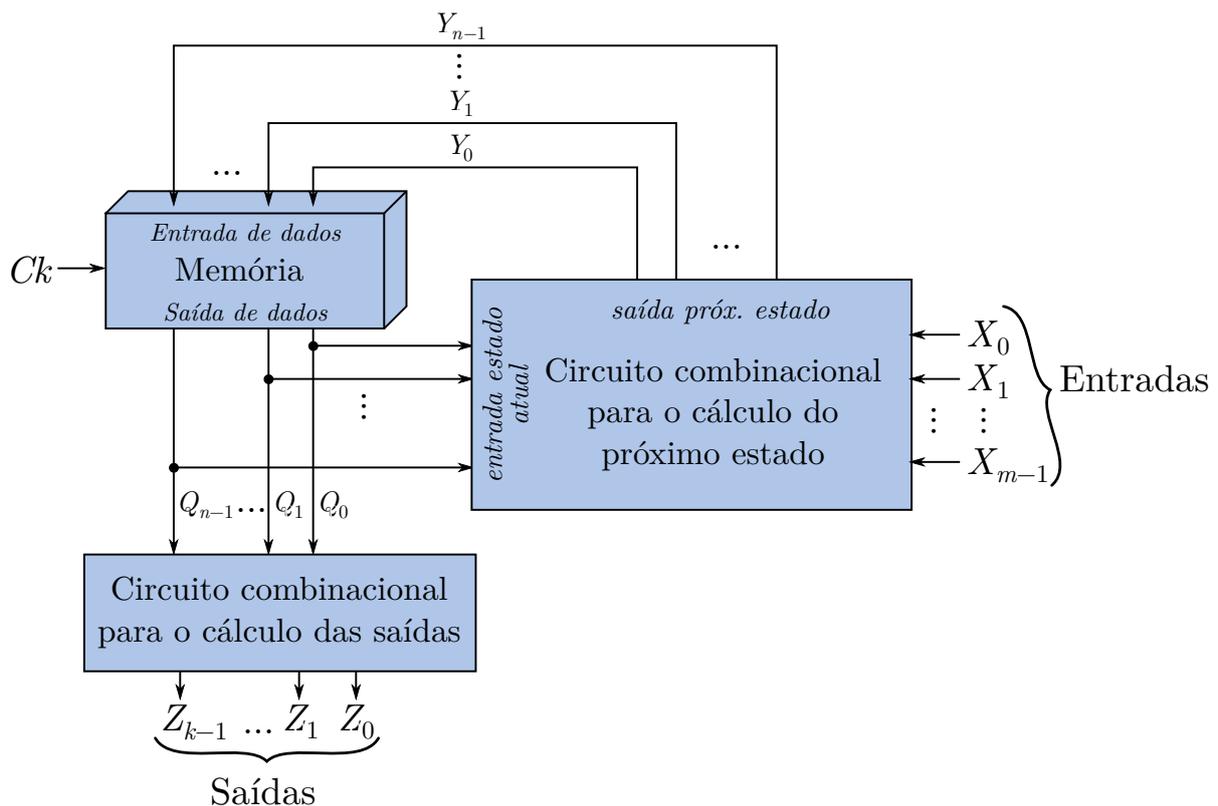


Máquinas de estado

Rodrigo Hausen

1 Modelo geral de máquinas de estado



Na aula passada, vimos casos específicos de máquinas de estado chamadas *contadores*, onde o único sinal de entrada é o *clock*, e cada transição é feita em uma borda do clock (seja de subida ou de descida, a depender dos flip-flops empregados).

Hoje veremos os casos em que outras entradas, além do clock, influenciam na transição entre estados.

2 Projeto de máquinas de estado

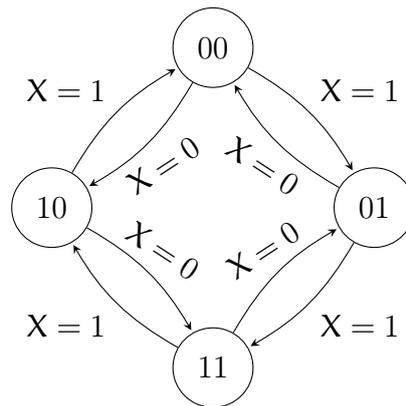
Exemplo 1 Faça um contador progressivo/regressivo para um código de Gray de 2 bits.

A sequência de Gray para 2 bits é: 00, 01, 11, 10.

O contador terá 2 entradas:

- Ck – clock
- X – indica se a transição será feita para o numeral seguinte, se $X = 1$, ou para o anterior, se $X = 0$, na sequência de Gray.

Passo 1: diagrama de estados.



Passo 2: tabelas verdade para os bits do próximo estado (tabelas de transição). Estado atual: Q_1, Q_0 . Próximo estado: Y_1, Y_0 .

Q_1	Q_0	X	Y_1	Y_0
0	0	1	0	1
0	0	0	1	0
0	1	1	1	1
0	1	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	0	0	1	1

Passo 3: obter expressões para Y_1 e Y_0 .

Mapa de Karnaugh para Y_1

X	$Q_1 Q_0$			
	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	0	1	1	0

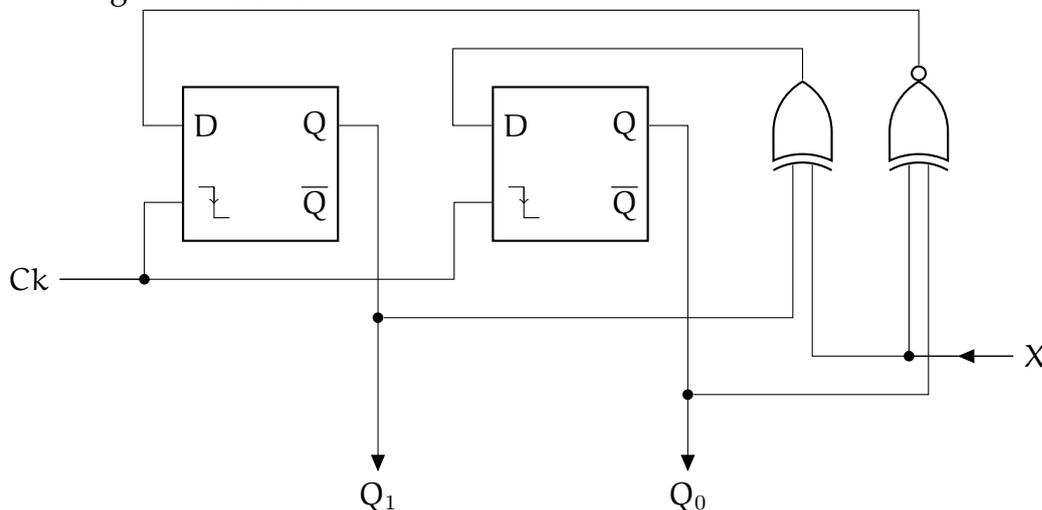
$$Y_1 = \overline{X} \overline{Q_0} + X Q_0 = \overline{X} \oplus \overline{Q_0}$$

Mapa de Karnaugh para Y_0

X	$Q_1 Q_0$			
	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	1	0	0

$$Y_0 = X \overline{Q_1} + \overline{X} Q_1 = X \oplus Q_1$$

Passo 4: diagrama do circuito.



Exemplo 2 Projete uma máquina de venda de água e refrigerante que aceite moedas de R\$ 0,50 e R\$ 1,00 e permita que o comprador escolha água se as moedas inseridas totalizam R\$1,50 ou mais ou refrigerante se o total depositado é de R\$2,00 ou mais.

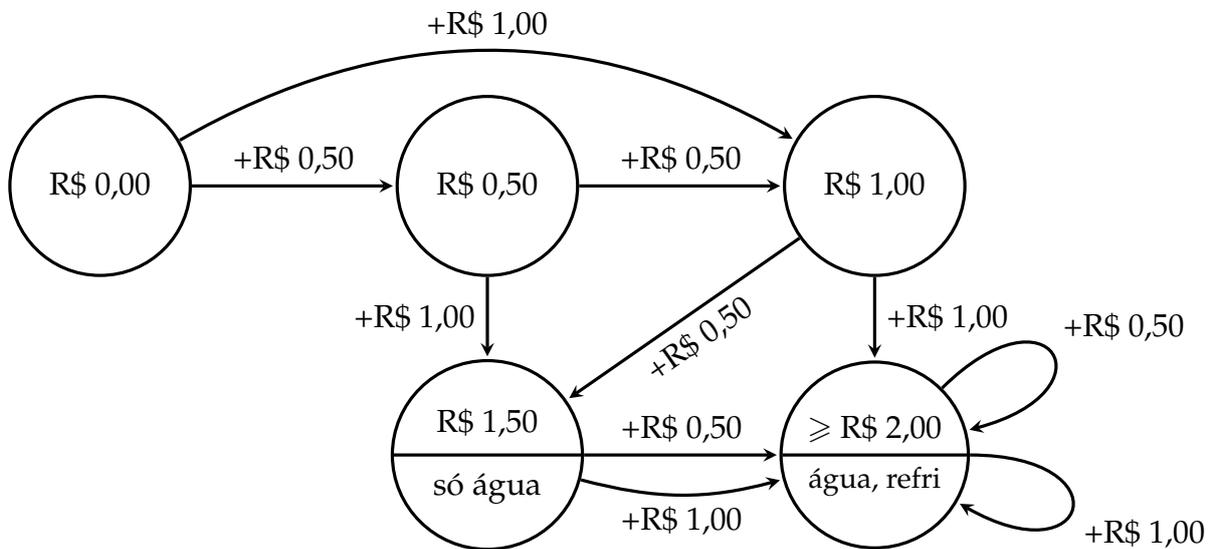
A detecção de moedas é feita por um dispositivo eletromecânico que possui duas saídas:

- Ck – que identifica por meio de uma transição $1 \rightarrow 0$ (borda de descida) quando uma moeda inserida é considerada válida.
- X – que é 0 se a moeda inserida é de 50 centavos ou 1 se a moeda é de um real.

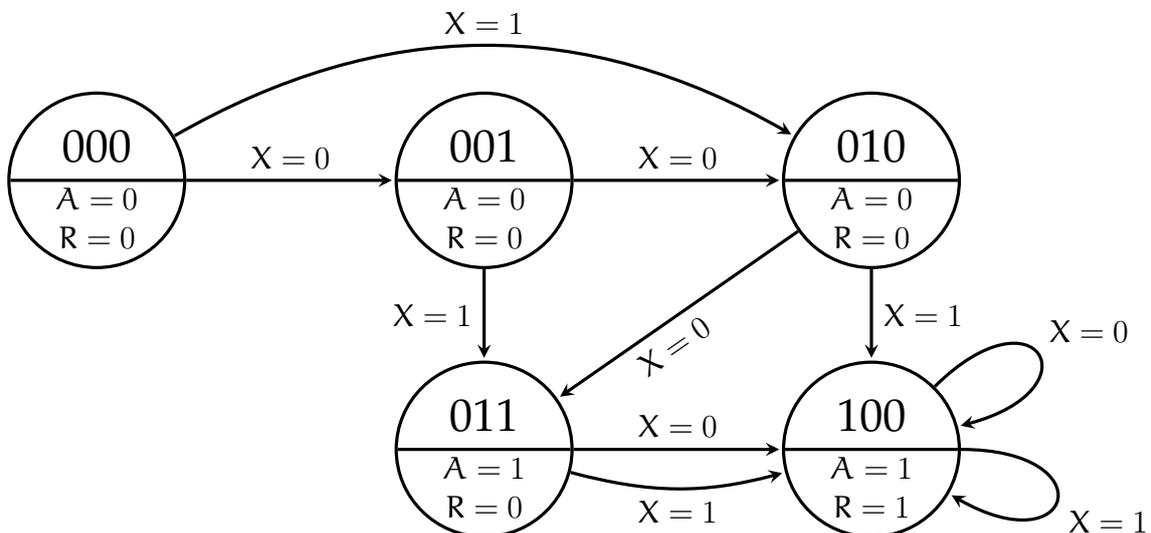
Para simplificar, considere que a máquina não dá troco nem mostra o valor total inserido.

Passo 1: diagrama de estados.

Primeiramente, vamos fazer o diagrama colocando em cada estado o valor total (em R\$) de moedas introduzidas e em cada transição (setas) o valor da moeda a ser inserida para que tenhamos a transição. Começamos com um total de R\$ 0,00.



Agora, vamos transformar cada estado em um número binário, assim como as transições, e vamos determinar também os valores das saídas A (água) e R (refrigerante) para cada estado. Escolheremos o estado inicial como sendo a um código binário que corresponda a zero. Como temos 5 estado, precisaremos de 3 bits para identificar cada um dos estados.



Passo 2: Tabelas de transição.

X	estado atual			próx. estado		
	Q ₂	Q ₁	Q ₀	Y ₂	Y ₁	Y ₀
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	×	×	×
0	1	1	0	×	×	×
0	1	1	1	×	×	×
1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	×	×	×
1	1	1	0	×	×	×
1	1	1	1	×	×	×

Note que algumas combinações para XQ₂Q₁Q₀ nunca devem ocorrer, pois a máquina nunca deverá chegar nos estados 101, 110 nem 111. Nas linhas da tabela que correspondem a estados inválidos, as saídas foram marcadas com o símbolo ×, chamado *don't care* (não importa), que indica que não precisamos nos importar com o estado de Y₂, Y₁ e Y₀ para aquelas combinações específicas; nestes casos, podemos atribuir às saídas qualquer valor, 1 ou 0, de tal forma que as expressões fiquem mais simples, mas mantendo o perfeito funcionamento do circuito.

Passo 3: obtenção de expressões para Y₂, Y₁ e Y₀. Note que as células marcadas com × podem ser interpretadas como 1 ou como 0, dependendo do caso, de modo a obter as expressões mais simples na forma de soma de produtos.

XQ ₂	Q ₁ Q ₀			
	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	1	×	×	×
11	1	×	×	×
10	0	0	1	1

XQ ₂	Q ₁ Q ₀			
	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	×	×	×
11	0	×	×	×
10	1	1	0	0

XQ ₂	Q ₁ Q ₀			
	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	×	×	×
11	0	×	×	×
10	0	1	0	0

$$Y_2 = Q_1 Q_0 + Q_2 + X Q_1 \quad Y_1 = \overline{Q_1} Q_0 + \overline{X} Q_1 \overline{Q_0} + X \overline{Q_2} \overline{Q_1} \quad Y_0 = X \overline{Q_1} Q_0 + \overline{X} \overline{Q_2} \overline{Q_0}$$

Passo 4: diagrama do circuito.

Usaremos tanto as saídas Q quanto as saídas \overline{Q} de cada flip-flop.

Na Figura 1 temos o circuito incompleto, ainda sem a detecção dos estados finais (só água e água/refrigerante). Adicionaremos a detecção destes estados nas etapas a seguir.

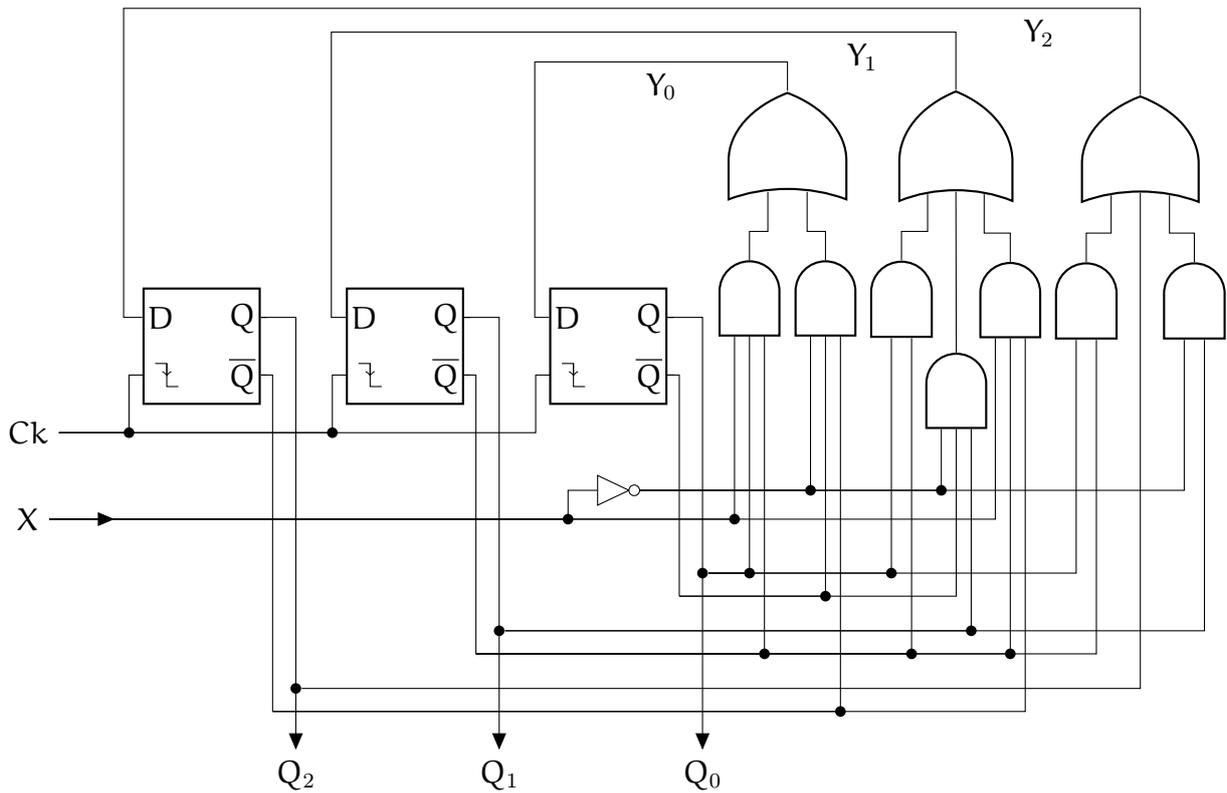


Figura 1: Máquina de estados incompleta.

Precisamos, agora, de um circuito combinacional para permitir a seleção de *água* quando o estado for 011 ou 100 e *refrigerante* quando o estado for 100. Teremos os seguintes mapas de Karnaugh para as funções lógicas A e R, que dependem dos bits de estado Q_2 , Q_1 e Q_0 :



O circuito completo da máquina de estados é mostrado na Figura 2.

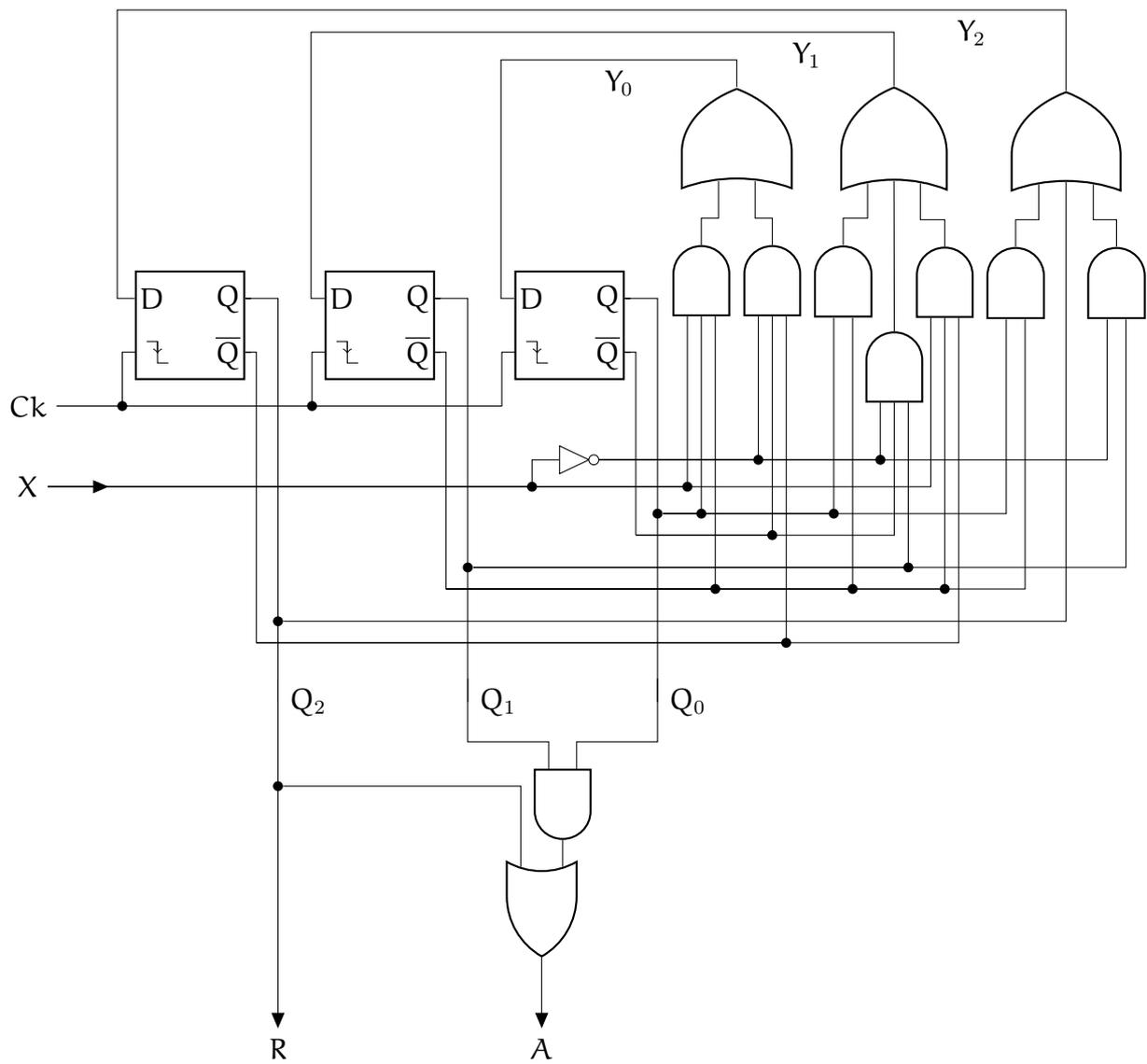


Figura 2: Máquina de estados completa, com a detecção dos estados finais.