

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUENCIAIS

Profª Letícia Rittner

Projeto de lógica sequencial

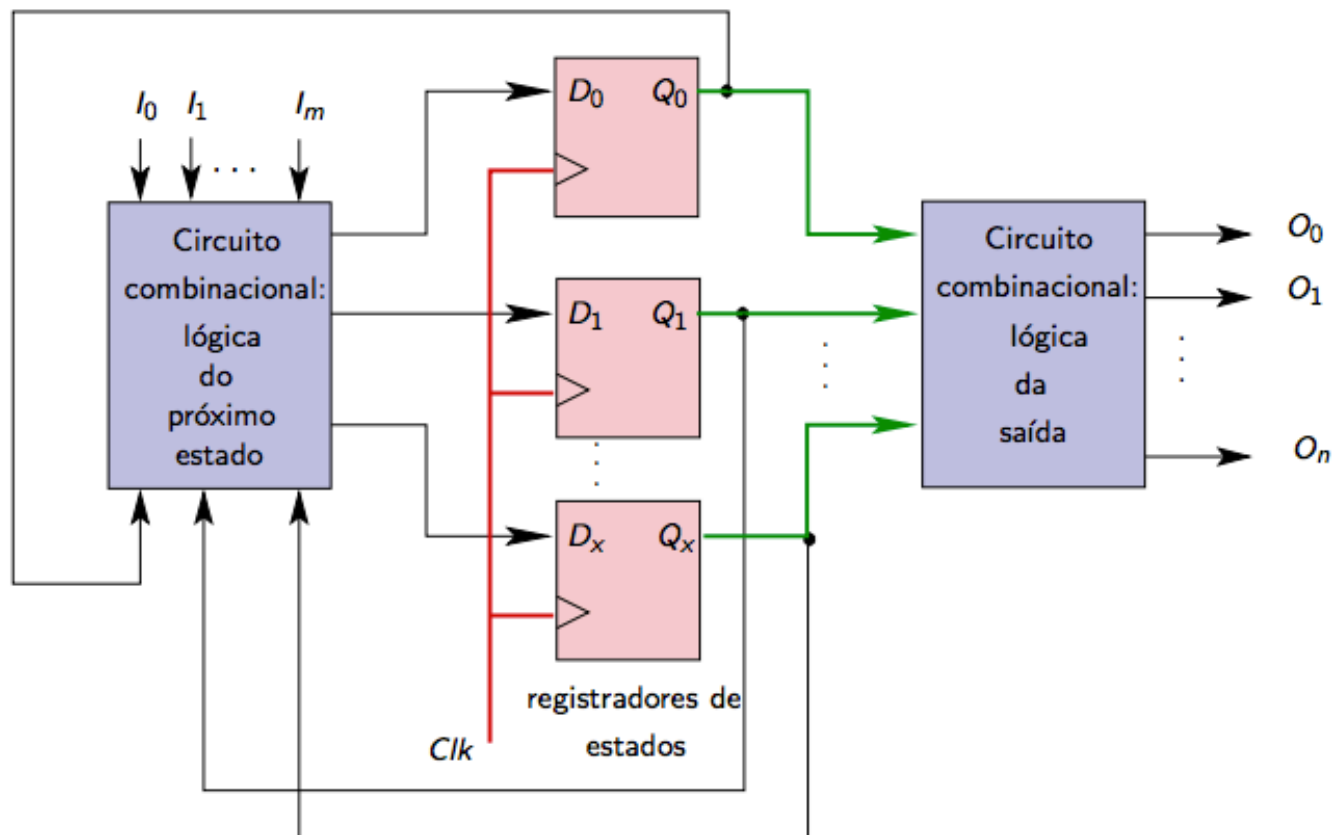
1. Descrição do problema: saída em função das entradas e do estado
2. Máquina de Estados Finita (FSM)
3. Atribuição dos estados e escolha do tipo de elemento de memória
4. Tabela de estados do circuito
5. Equações booleanas
6. Minimização das equações (Mapa de Karnaugh)
7. Circuito com portas lógicas

Construindo uma FSM

- ❑ Liste todos os possíveis estados
- ❑ Declare todas as variáveis
- ❑ Para cada estado, liste as transições possíveis com condições associadas
- ❑ Cheque que há uma única transição possível, dados estado + condições

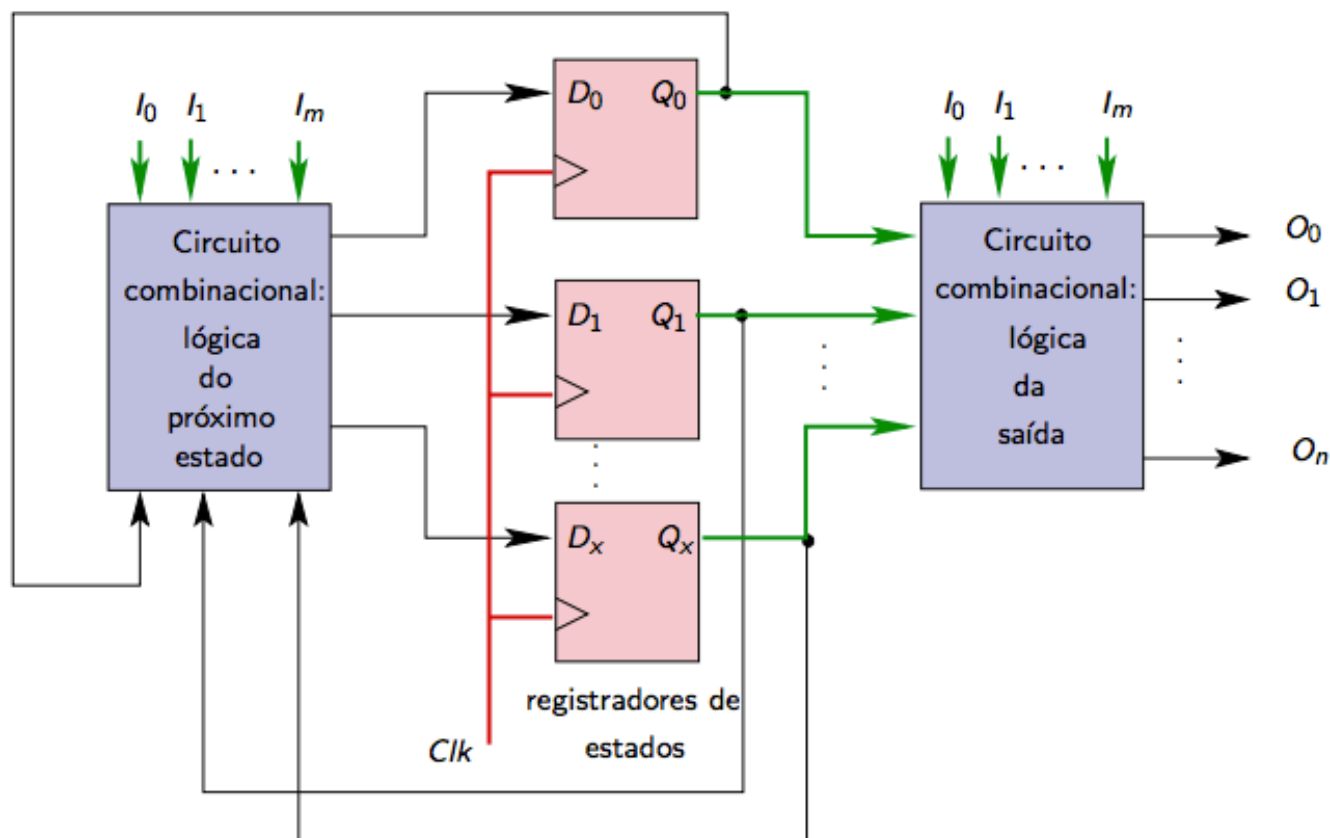
Máquina de Moore

- A saída só depende do estado atual



Máquina de Mealy

- A saída depende do estado atual e das entradas





Exemplo

Síntese circuito sequencial

Deseja-se obter um circuito que identifique a ocorrência da sequência '0101' na sua única entrada w . Quando a saída for detectada a saída y deve ser igual a 1. Considerar a possibilidade de sobreposição, ou seja:

entrada: $w \dots 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1$
saída: $y \dots 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1$

Máquina de estados finita (FSM)

- A será o estado inicial e os estados B, C, D e/ou E representarão a detecção do 1º, 2º, 3º e/ou 4º bits da sequência
- Na máquina de Mealy, uma vez detectado o 3º bit, não é necessário aguardar o pulso de clock para a detecção do 4º, sendo necessário um estado a menos.
- Logo, utilizaremos 2 FFs para o projeto na máquina de Mealy e 3 FFs para realizar o mesmo projeto com a máquina de Moore.
- Utilizaremos a codificação binária mais simples descrita a seguir :

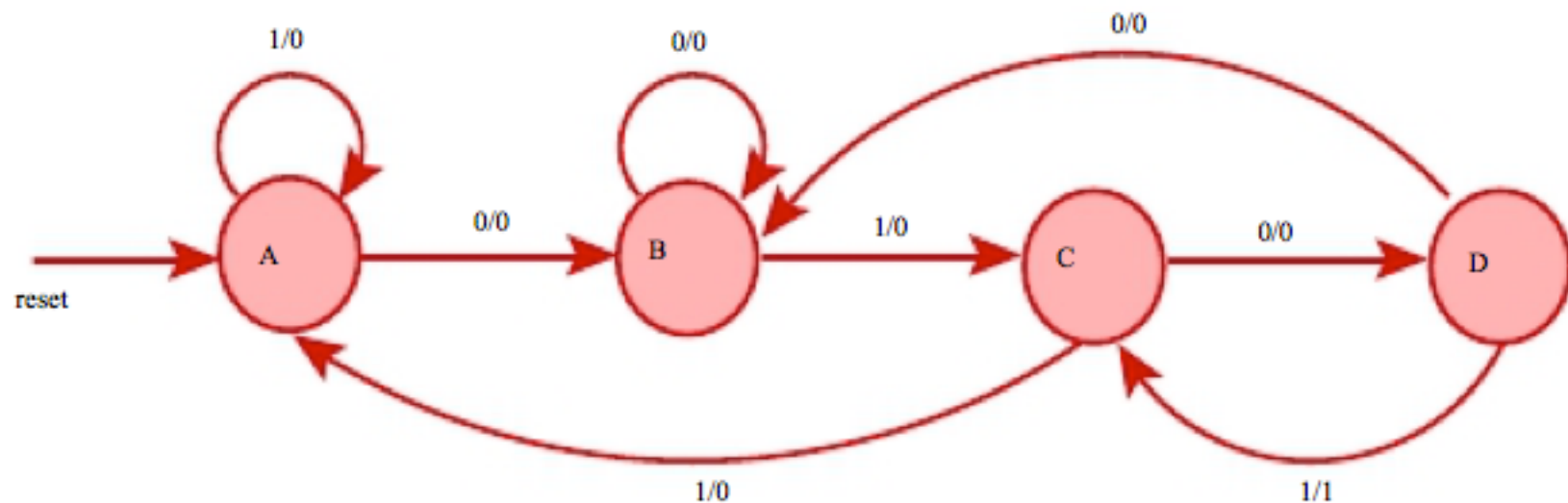
Máquina de Moore

Estados	Q_2	Q_1	Q_0
A	0	0	0
B	0	0	1
C	0	1	0
D	0	1	1
E	1	0	0

Máquina de Mealy

Estados	Q_1	Q_0
A	0	0
B	0	1
C	1	0
D	1	1

Máquina de Mealy



- Para cada estado, as transições representam as condições possíveis da entrada w , e a saída correspondente: w/y .

Máquina de Mealy

Tabela de transição

Estado atual		Próximo estado			
		$w = 0$		$w = 1$	
Q_1	Q_0	Q_1^*	Q_0^*	Q_1^*	Q_0^*
0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0

Tabela de saída

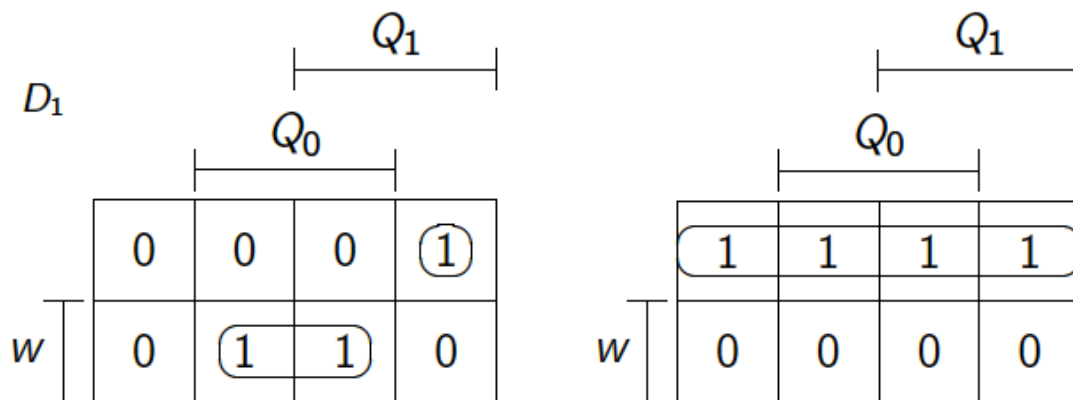
Estado atual		Saída	
		$w = 0$	$w = 1$
Q_1	Q_0	y	y
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

Tabela de Excitação

Estado atual		Próximo estado			
		$w = 0$		$w = 1$	
Q_1	Q_0	D_1	D_0	D_1	D_0
0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0

Obtenção das equações

□ Equações de excitação



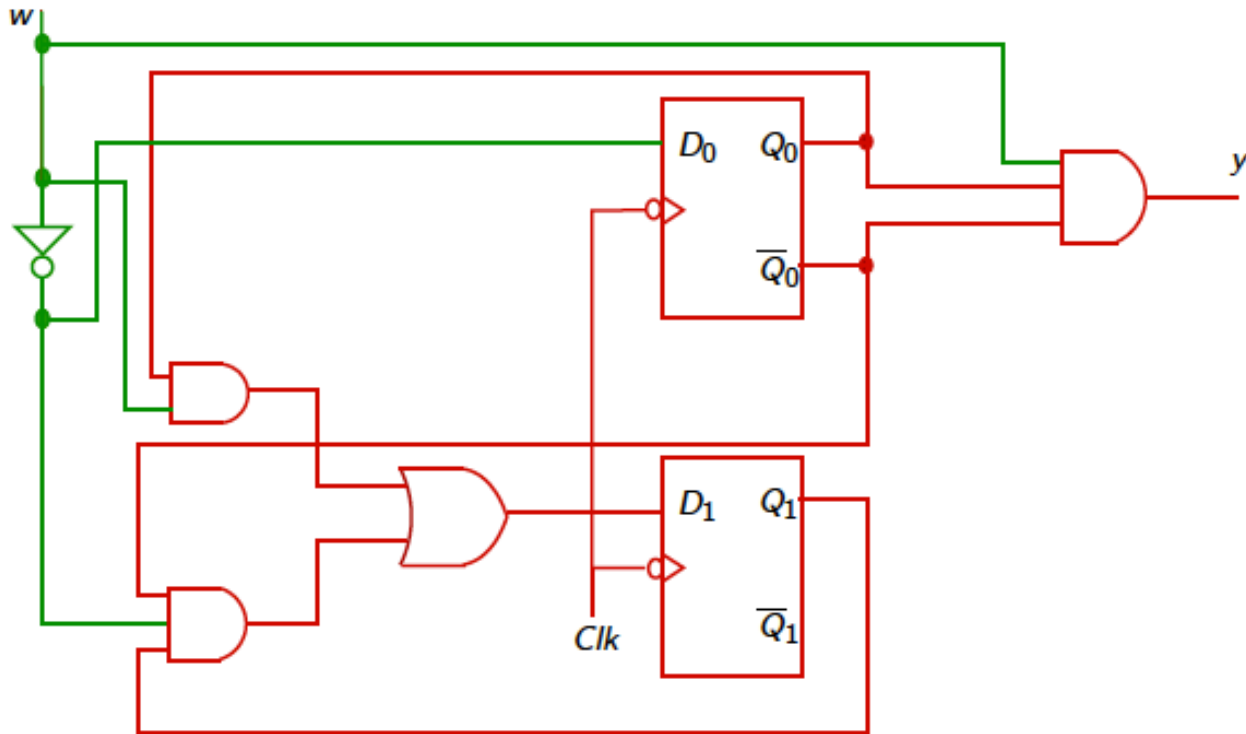
$$D_1 = w \cdot Q_0 + \overline{w} \cdot Q_1 \cdot \overline{Q_0}$$

$$D_0 = \overline{w}$$

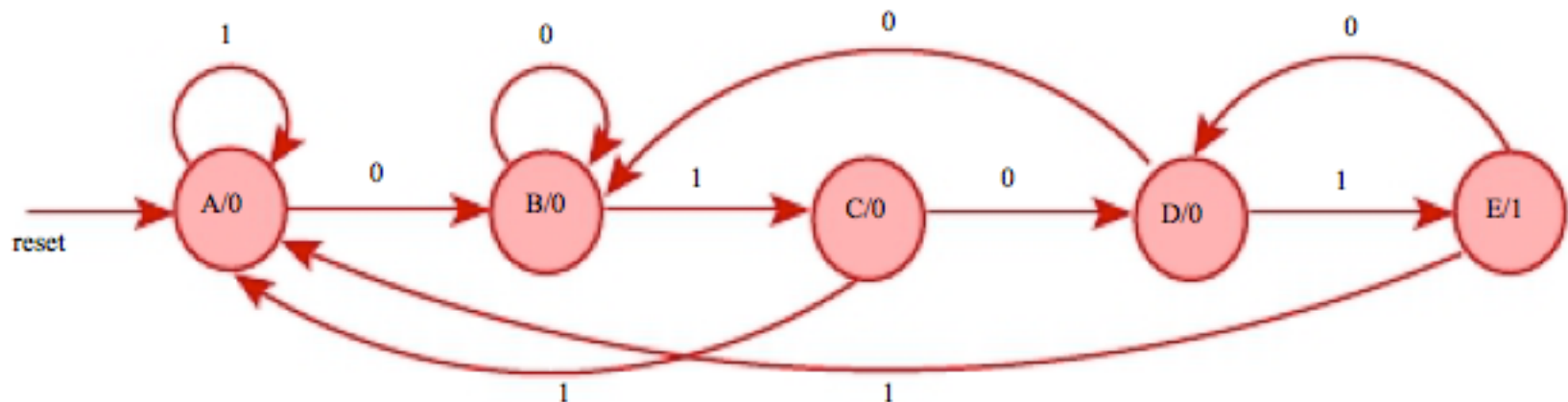
□ Equação de saída

$$y = w \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

Circuito resultante



Máquina de Moore



- Para cada estado, as transições representam as condições possíveis da entrada w , e a saída está apresentada junto aos estados: Estado/ y .

Máquina de Moore

Tabela de transição

Estado atual			Próximo estado					
			$w = 0$			$w = 1$		
Q_2	Q_1	Q_0	Q_2^*	Q_1^*	Q_0^*	Q_2^*	Q_1^*	Q_0^*
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	0

Tabela de saída

Estado atual			Saída
Q_2	Q_1	Q_0	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1

Tabela de Excitação

Estado atual			Próximo estado					
			$w = 0$			$w = 1$		
Q_2	Q_1	Q_0	D_2	D_1	D_0	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	0

Obtenção das equações

□ Equações de excitação

$$D_2 = w \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

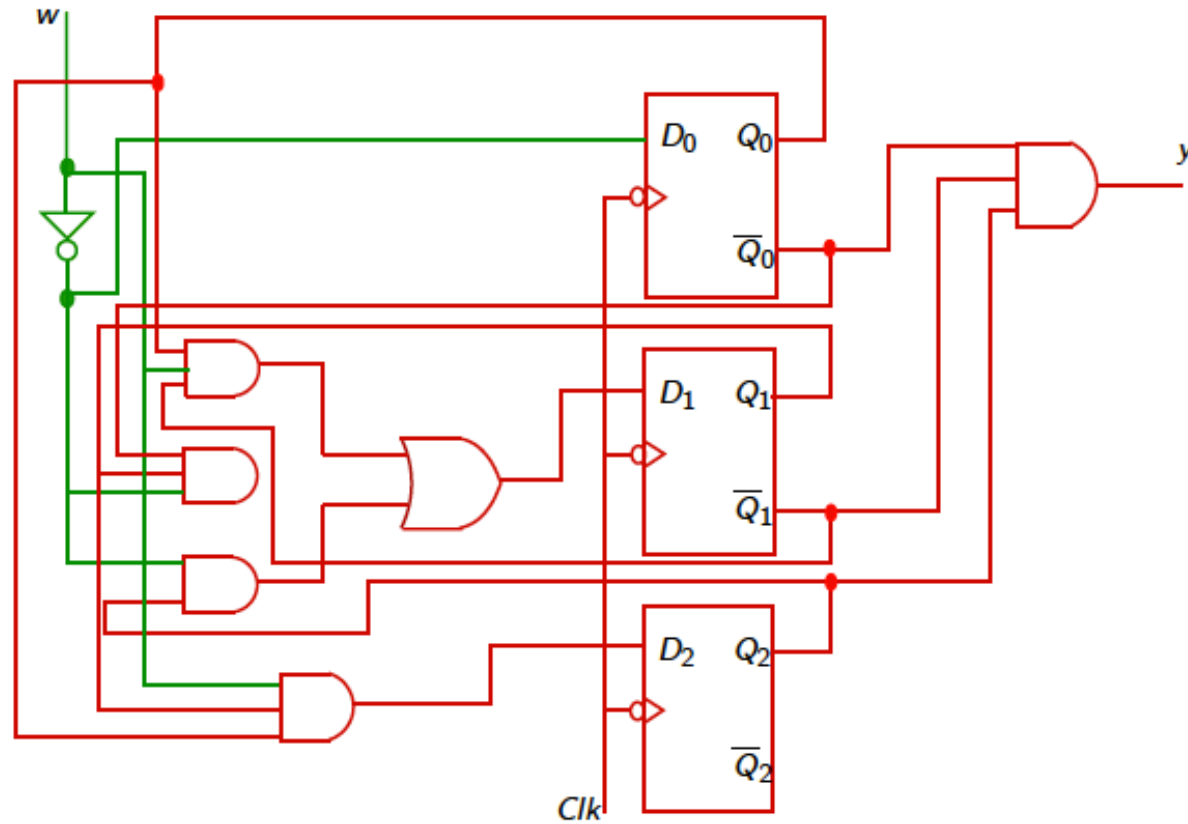
$$D_1 = \overline{w} \cdot Q_2 + \overline{w} \cdot Q_1 \cdot \overline{Q_0} + w \cdot \overline{Q_1} \cdot Q_0$$

$$D_0 = \overline{w}$$

□ Equação de saída

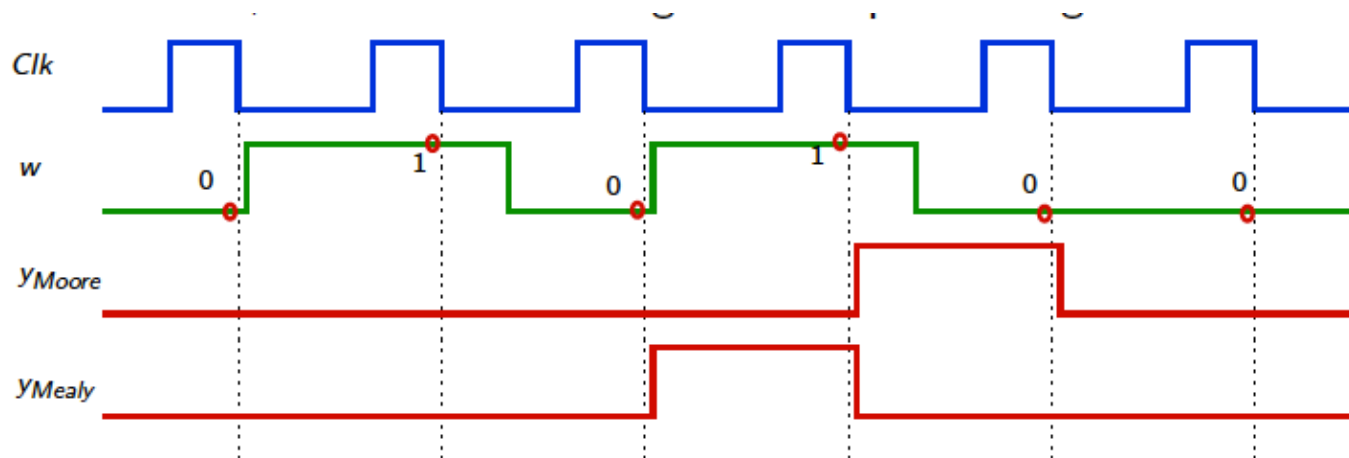
$$y = Q_2 \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$$

Circuito resultante



Escolha do modelo

- A escolha do modelo (Mealy ou Moore) depende da aplicação.
- As respostas de ambos no tempo são diferentes



Para casa

Projete uma máquina de refrigerante que devolva uma lata de refrigerante (saída = 1) cada vez que o usuário insere R\$1,50. A máquina aceita apenas moedas de R\$0,50