



Tema 5:

# Especificación de sistemas secuenciales síncronos

Fundamentos de computadores I

**José Manuel Mendías Cuadros**

*Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática  
Universidad Complutense de Madrid*





# Contenidos

- ✓ Especificación basada en estados.
- ✓ Diagramas de estados.
- ✓ Máquinas de Moore y Mealy.

Transparencias basadas en los libros:

- R. Hermida, F. Sánchez y E. del Corral. *Fundamentos de computadores*.
- D. Gajsky. *Principios de diseño digital*.



# Sistemas secuenciales

- La salida en cada instante depende del valor de la entrada en ese instante y de todos los valores que la entrada ha tomado con anterioridad.
  - En ocasiones, a misma entrada, distinta salida.



$$z(t_i) = F( x( [0, t_i] ) ), \text{ con } x(t_i) \in E, z(t_i) \in S$$

- Para especificar su comportamiento deberán definirse:
  - Los conjuntos discretos de valores de entrada/salida: E, S
  - ¿Cómo especificar la función F?

# Especificación basada en estados



- **Estado:** clase de equivalencia formada por todas las secuencias de valores de entrada que producen una misma salida actual y futura.



# Especificación basada en estados

- **Estado:** clase de equivalencia formada por todas las secuencias de valores de entrada que producen una misma salida actual y futura.



$$x(t) \in E = \{ A, B, C \}, z(t) \in S = \{ 0, 1 \}$$

<b>x(t)</b>	A	B	C	B	B	A	C	B	A	A	C	C	A	B	B
<b>z(t)</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0

→ tiempo



# Especificación basada en estados

- **Estado**: clase de equivalencia formada por todas las secuencias de valores de entrada que producen una misma salida actual y futura.



$$x(t) \in E = \{ A, B, C \}, z(t) \in S = \{ 0, 1 \}$$

<b>x(t)</b>	<b>A</b>	B	C	B	B	<b>A</b>	C	B	<b>A</b>	<b>A</b>	C	C	<b>A</b>	B	B
<b>z(t)</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0

—————→ tiempo

# Especificación basada en estados



$x( [0...t] )$

B	B	A	B
---	---	---	---

A	B	A	A	B	C
---	---	---	---	---	---

C	C	C	B	A
---	---	---	---	---

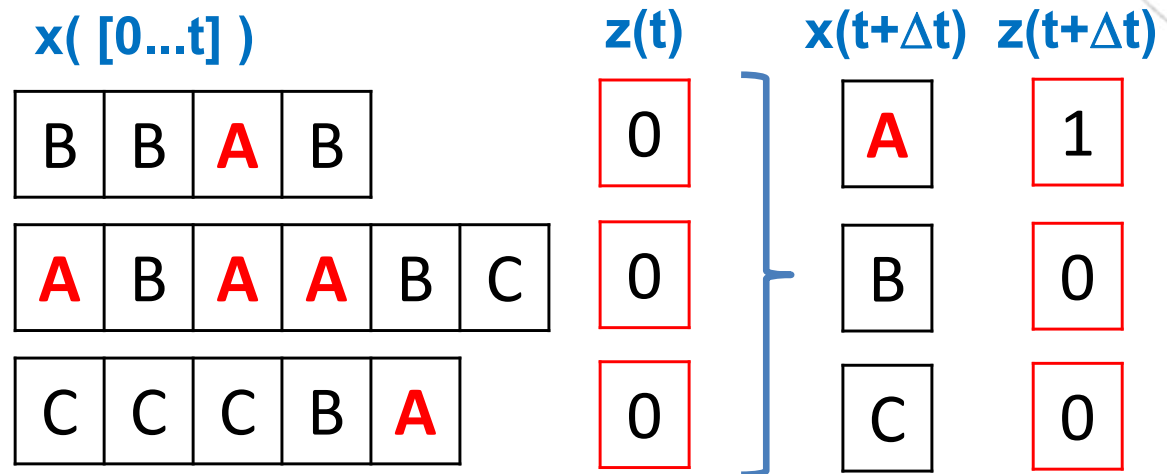
# Especificación basada en estados



$x( [0...t] )$	$z(t)$							
<table border="1"><tr><td>B</td><td>B</td><td>A</td><td>B</td></tr></table>	B	B	A	B	<table border="1"><tr><td>0</td></tr></table>	0		
B	B	A	B					
0								
<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>A</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr></table>	A	B	A	A	B	C	<table border="1"><tr><td>0</td></tr></table>	0
A	B	A	A	B	C			
0								
<table border="1"><tr><td>C</td><td>C</td><td>C</td><td>B</td><td>A</td></tr></table>	C	C	C	B	A	<table border="1"><tr><td>0</td></tr></table>	0	
C	C	C	B	A				
0								



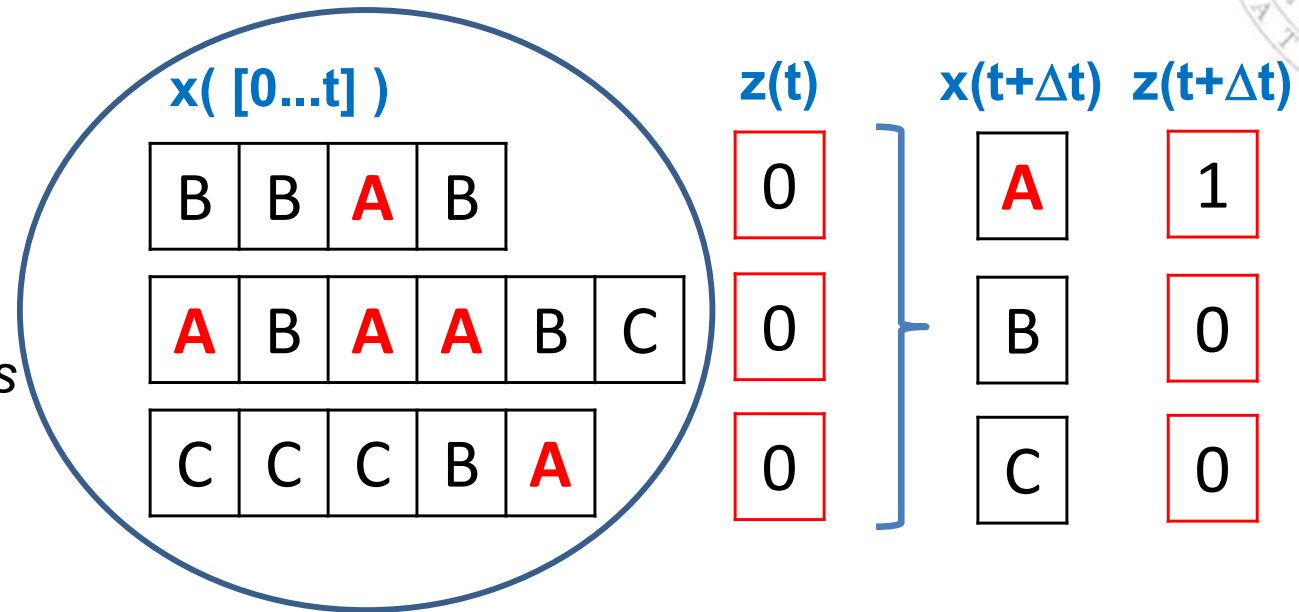
# Especificación basada en estados





# Especificación basada en estados

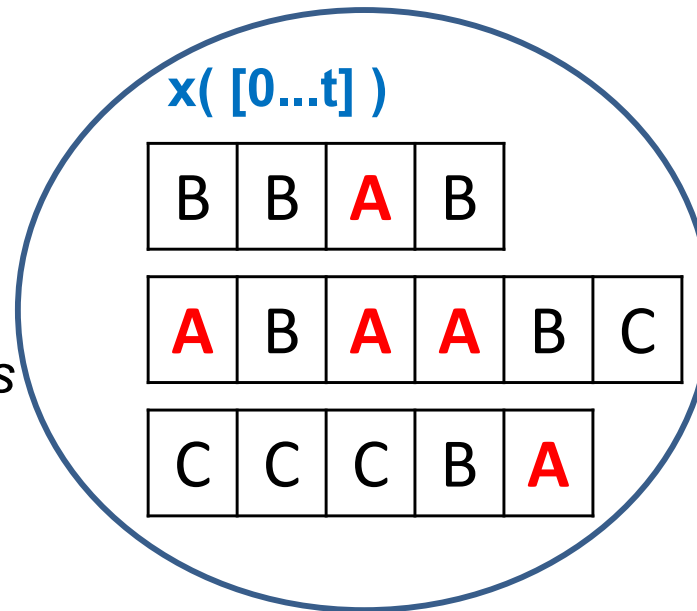
**Estado IMPAR:**  
*Han llegado un número **impar** de **A**es*





# Especificación basada en estados

**Estado IMPAR:**  
*Han llegado un número **impar** de **A**s*



$z(t)$

0

0

0

$x(t+\Delta t)$

A

B

C

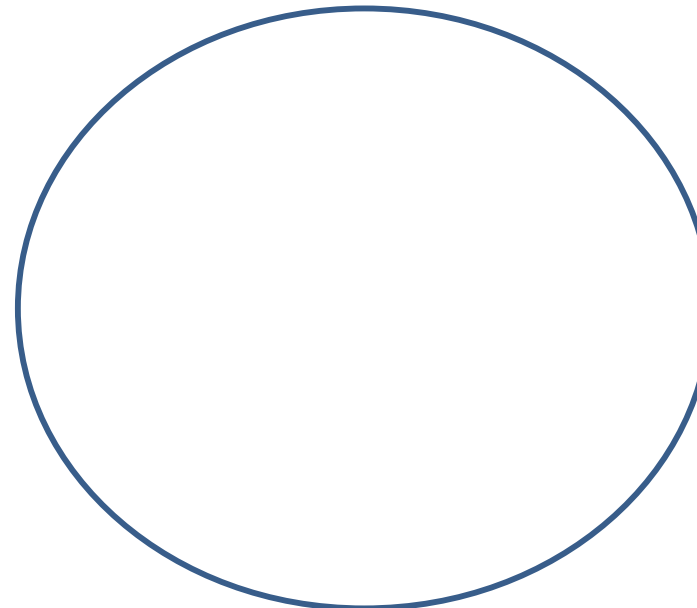
$z(t+\Delta t)$

1

0

0

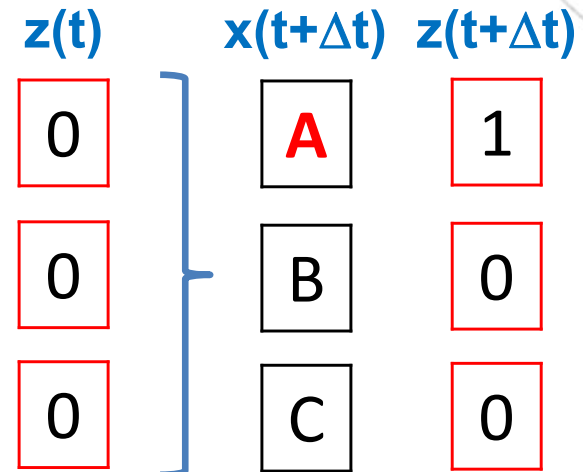
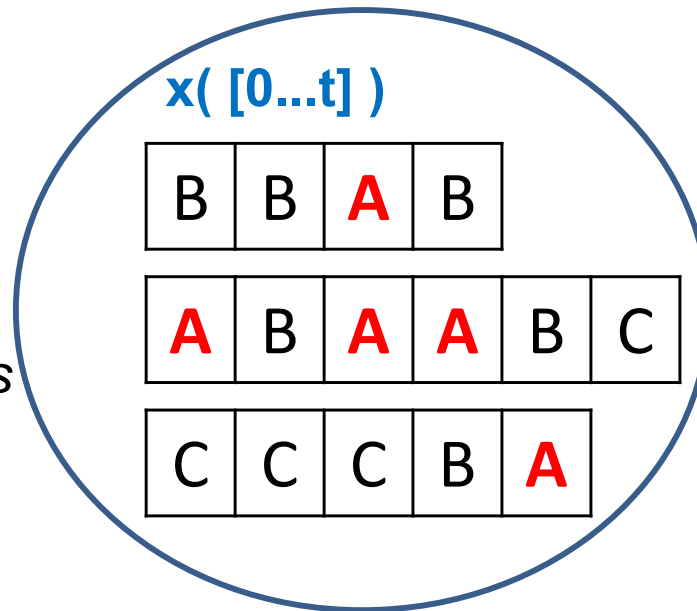
**Estado PAR:**  
*Han llegado un número **par** de **A**s*



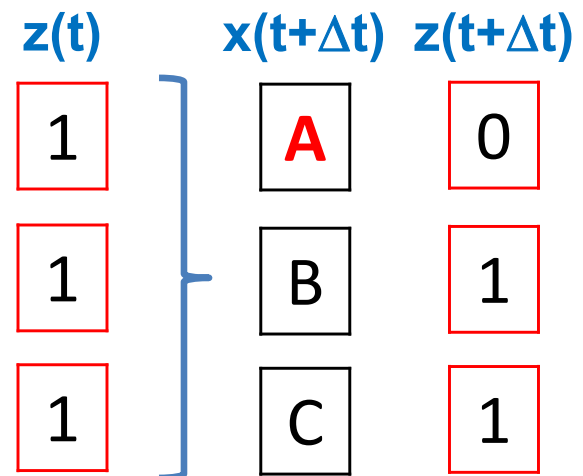
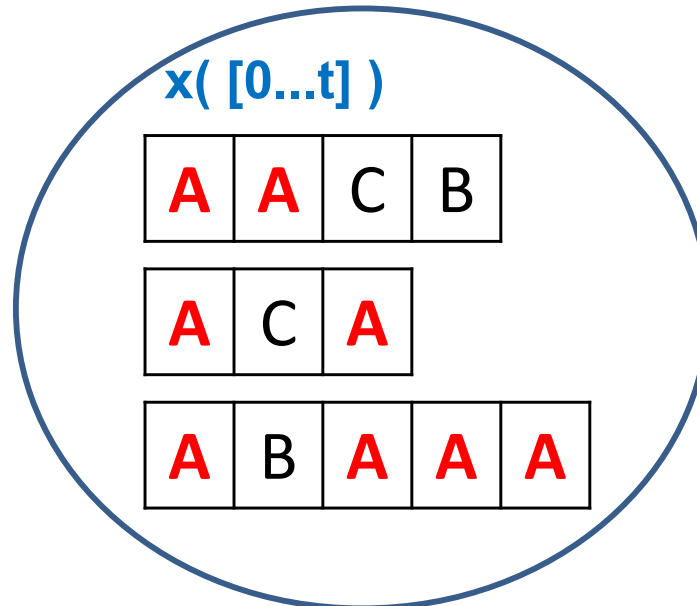


# Especificación basada en estados

**Estado IMPAR:**  
Han llegado un número *impar* de **A**es



**Estado PAR:**  
Han llegado un número *par* de **A**es





# Especificación basada en estados

- **Especificación del dominio:** E
  - Conjunto discreto de valores que puede tomar la entrada.
- **Especificación del codominio:** S
  - Conjunto discreto de valores que puede tomar la salida.
- **Especificación del conjunto de estados:** Q
  - Conjunto discreto de estados en los que puede estar el sistema.
- **Función de transición de estados:**  $G: Q \times E \rightarrow Q$ 
  - Define el estado siguiente del sistema para cada par (estado, entrada).
- **Función de salida:**  $H: Q \times E \rightarrow S$ 
  - Define la salida del sistema para cada par (estado, entrada)
- Un sistema así especificado se denomina **máquina de estados finitos** o **FSM** (*Finite State Machine*)



# Especificación basada en estados



$$x(t) \in E = \{ A, B, C \}, z(t) \in S = \{ 0, 1 \}$$

$$q(t) \in Q = \{ \text{par}, \text{impar} \}$$

Función de transición  
de estados

q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

Función de salida

q	x	z
par	A	0
par	B	1
par	C	1
impar	A	1
impar	B	0
impar	C	0



# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.



# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0

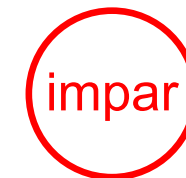
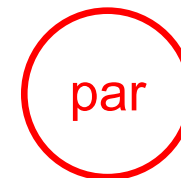




# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0

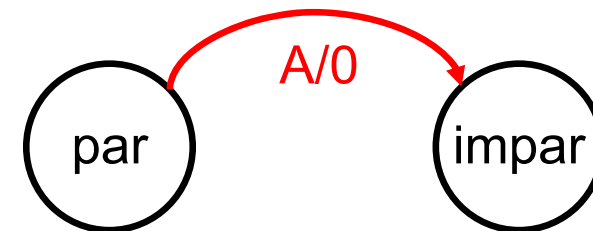




# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0

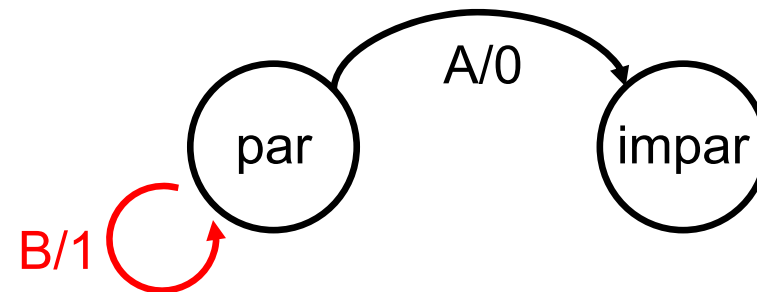




# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
<b>par</b>	<b>B</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0

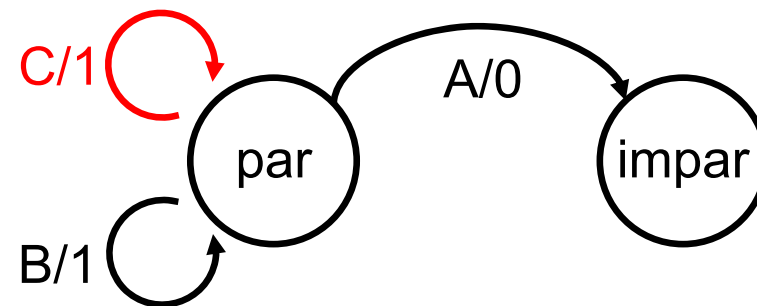




# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un **grafo**:
  - Cada **estado** se representa por un **nodo**.
  - Cada **transición de estado** por un **arco dirigido y etiquetado**:
    - Cada arco une un **estado origen** con **estado destino**.
    - La etiqueta indica el **valor de entrada** que provoca la transición y el **valor de la salida** para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
<b>par</b>	<b>C</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0

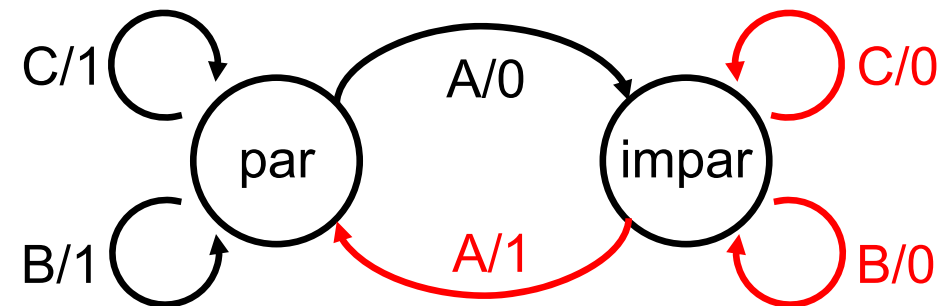




# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
<b>impar</b>	<b>B</b>	<b>impar</b>	<b>0</b>
<b>impar</b>	<b>C</b>	<b>impar</b>	<b>0</b>

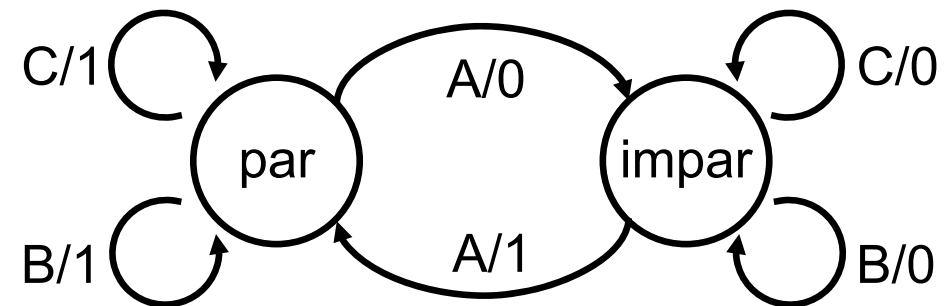




# Diagrama de estados

- Representa el sistema secuencial mediante un grafo:
  - Cada estado se representa por un nodo.
  - Cada transición de estado por un arco dirigido y etiquetado:
    - Cada arco une un estado origen con estado destino.
    - La etiqueta indica el valor de entrada que provoca la transición y el valor de la salida para el par (estado origen, entrada).
    - Esto **NO** quiere decir que la salida se calcule durante la transición.

q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0





# Descripción binaria

- La entrada es un vector de  $n$  bits
  - $\underline{x} \in \{0, 1\}^n$  es decir,  $\underline{x} = (x_{n-1} \dots x_0)$  con  $x_i \in \{0, 1\}$
- La salida es un vector de  $m$  bits
  - $\underline{z} \in \{0, 1\}^m$  es decir,  $\underline{z} = (z_{m-1} \dots z_0)$  con  $z_i \in \{0, 1\}$
- El estado es un vector de  $p$  bits
  - $\underline{q} \in \{0, 1\}^p$  es decir,  $\underline{q} = (q_{p-1} \dots q_0)$  con  $q_i \in \{0, 1\}$
- Función de transición de estados:
  - $p$  funciones de conmutación de  $p+n$  variables
  - $\underline{G} = \{g_i : \{0, 1\}^{p+n} \rightarrow \{0, 1\} / q_i = g_i(\underline{q}, \underline{x}), \text{ con } 0 \leq i \leq p-1\}$
- Función de salida:
  - $m$  funciones de conmutación de  $p+n$  variables
  - $\underline{H} = \{h_i : \{0, 1\}^{p+n} \rightarrow \{0, 1\} / z_i = h_i(\underline{q}, \underline{x}), \text{ con } 0 \leq i \leq m-1\}$



# Descripción binaria

- Codificación domino:  $\{ A \rightarrow (00), B \rightarrow (01), C \rightarrow (10) \}$
- Codificación codomino:  $\{ 0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 1 \}$
- Codificación estados:  $\{ \text{par} \rightarrow 0, \text{impar} \rightarrow 1 \}$

Función de transición  
de estados

q	$x_1$	$x_0$	q'
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	-
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	-

Función de salida

q	$x_1$	$x_0$	z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	-
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	-





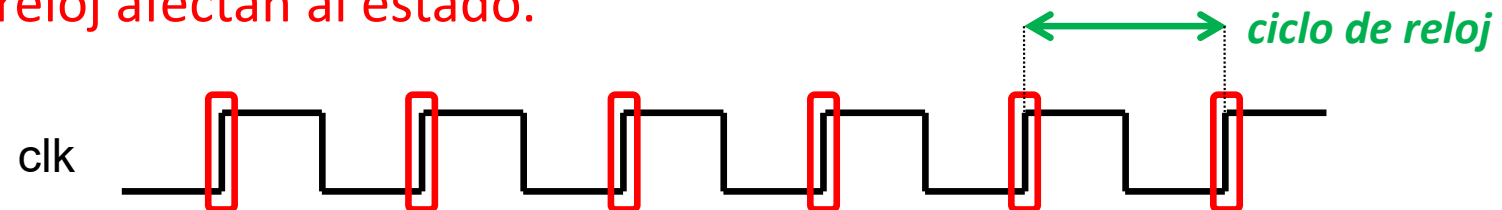
# Asíncrono vs. síncrono

## ■ Sistema secuencial asíncrono:

- El **estado del sistema** puede **cambiar en cualquier instante** en respuesta a un cambio de la entrada.

## ■ Sistema secuencial síncrono:

- El **estado del sistema** solo puede **cambiar en un conjunto discreto de instantes** indicados por una **señal de reloj**.
- Un cambio en la entrada no provoca por sí mismo un cambio de estado.
- **Sólo el valor existente en la entrada en los instantes marcados por el reloj afectan al estado.**

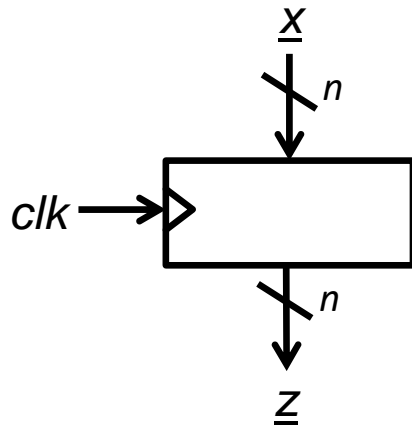


La señal de reloj es cuadrada y periódica de **frecuencia,  $f_{clk}$ , fija**.

Los cambios de 0 a 1 (flanco subida) ó 1 a 0 (flanco de bajada) marcan los instantes.



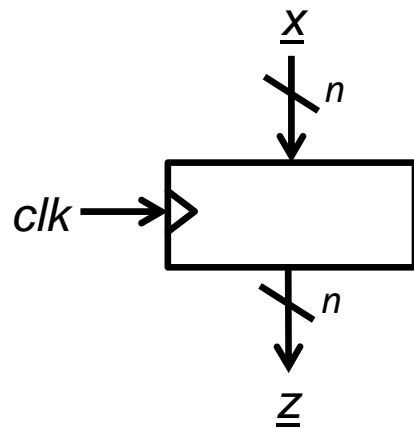
# Concepto de registro de estado



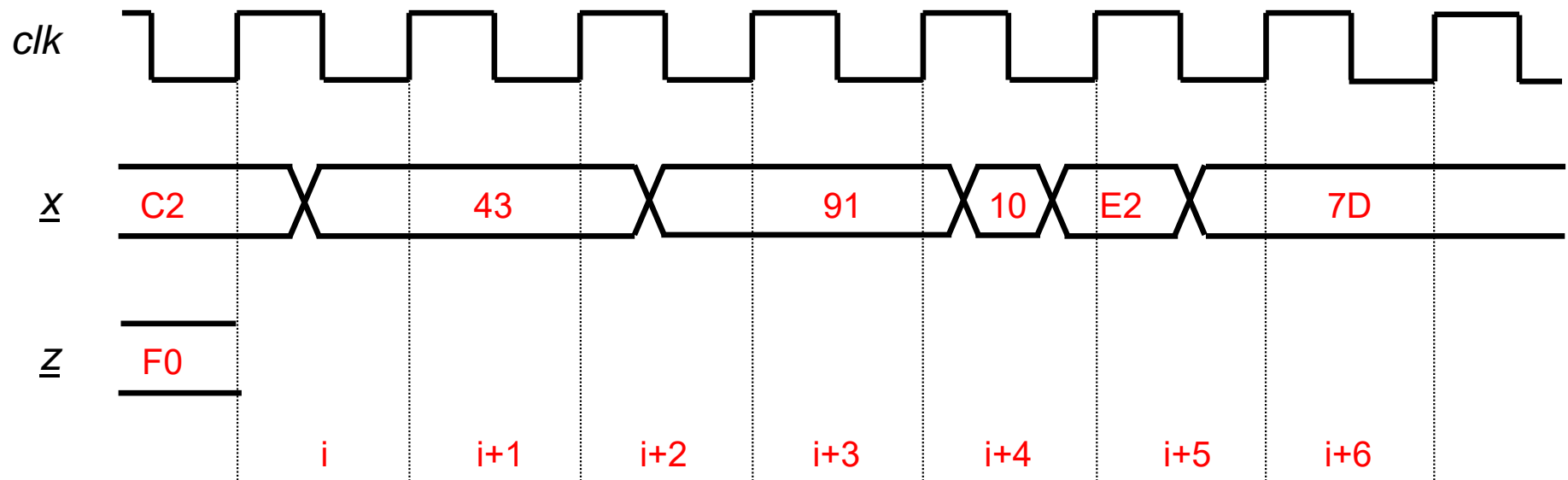
- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.



# Concepto de registro de estado

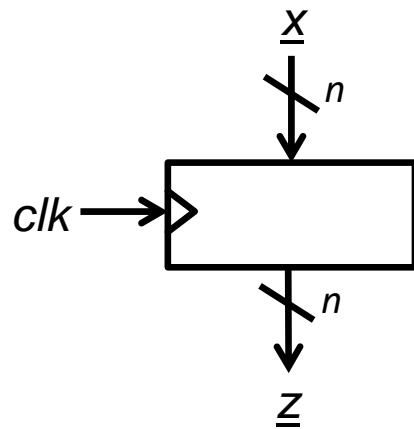


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

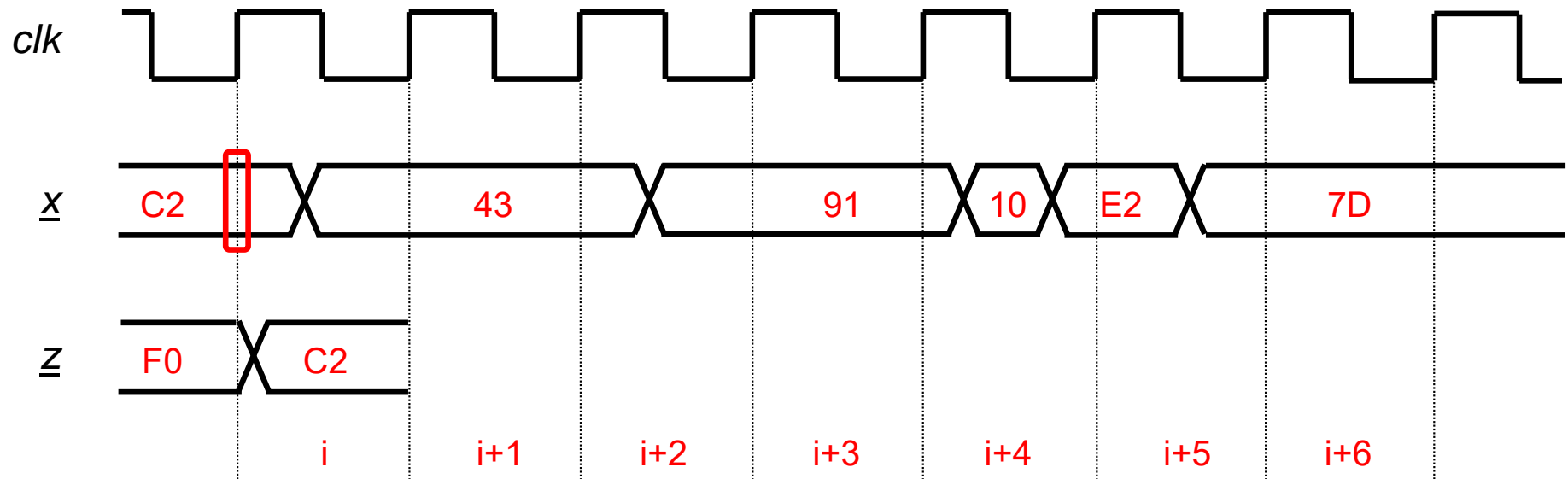




# Concepto de registro de estado

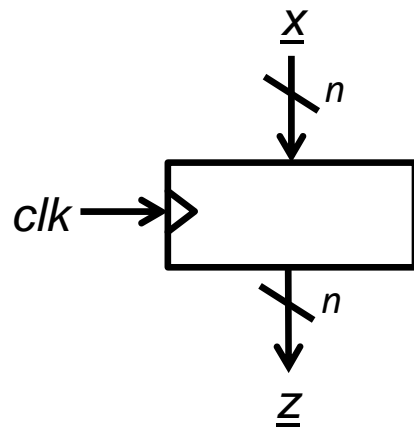


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

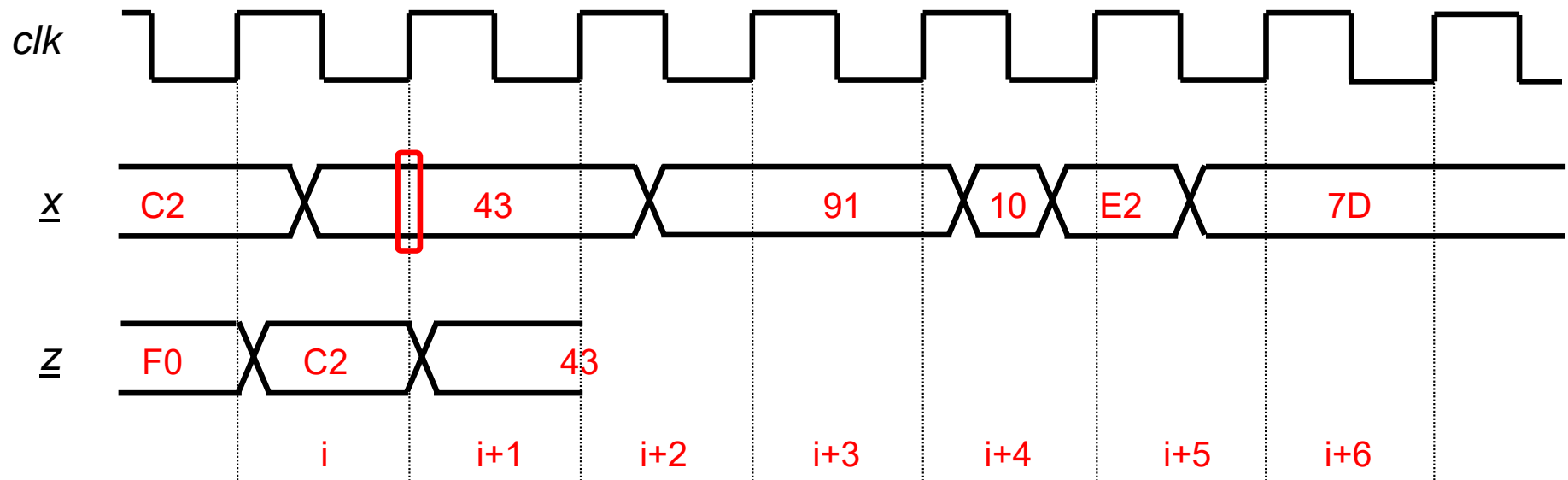




# Concepto de registro de estado

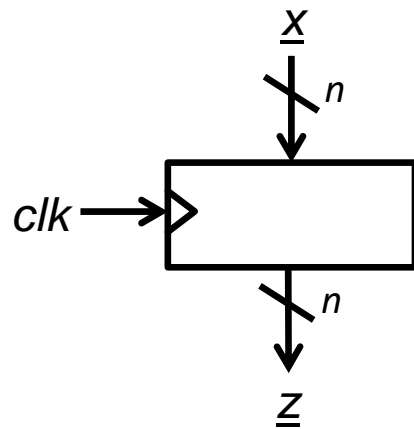


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

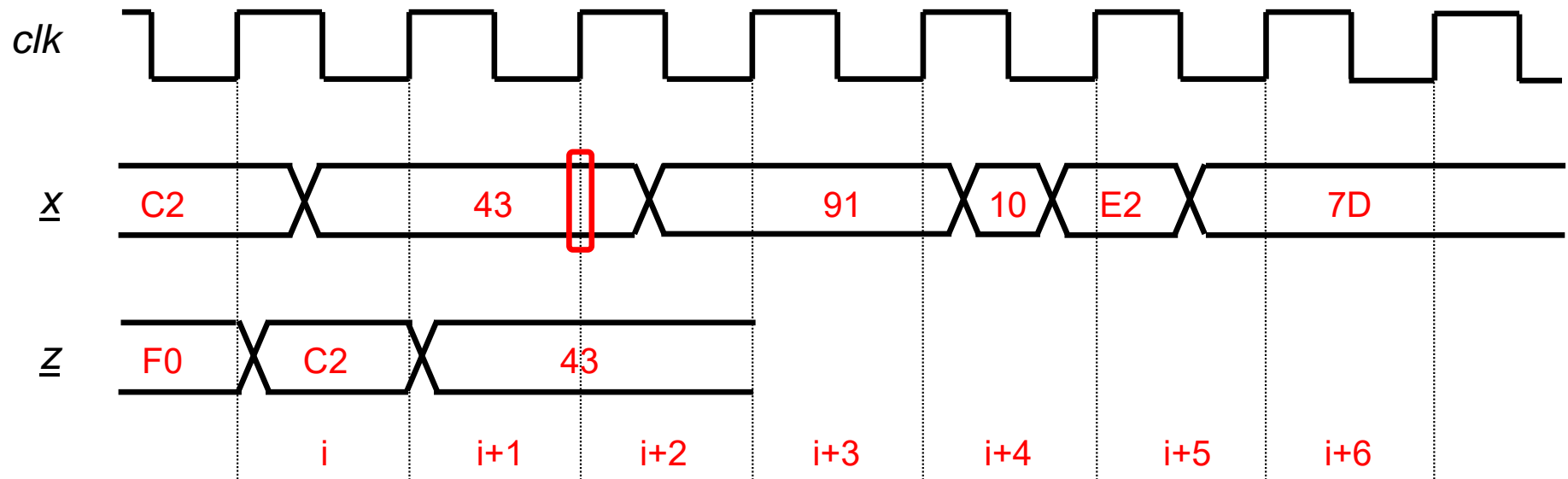




# Concepto de registro de estado

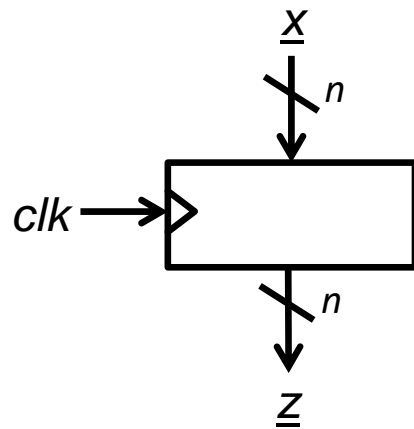


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

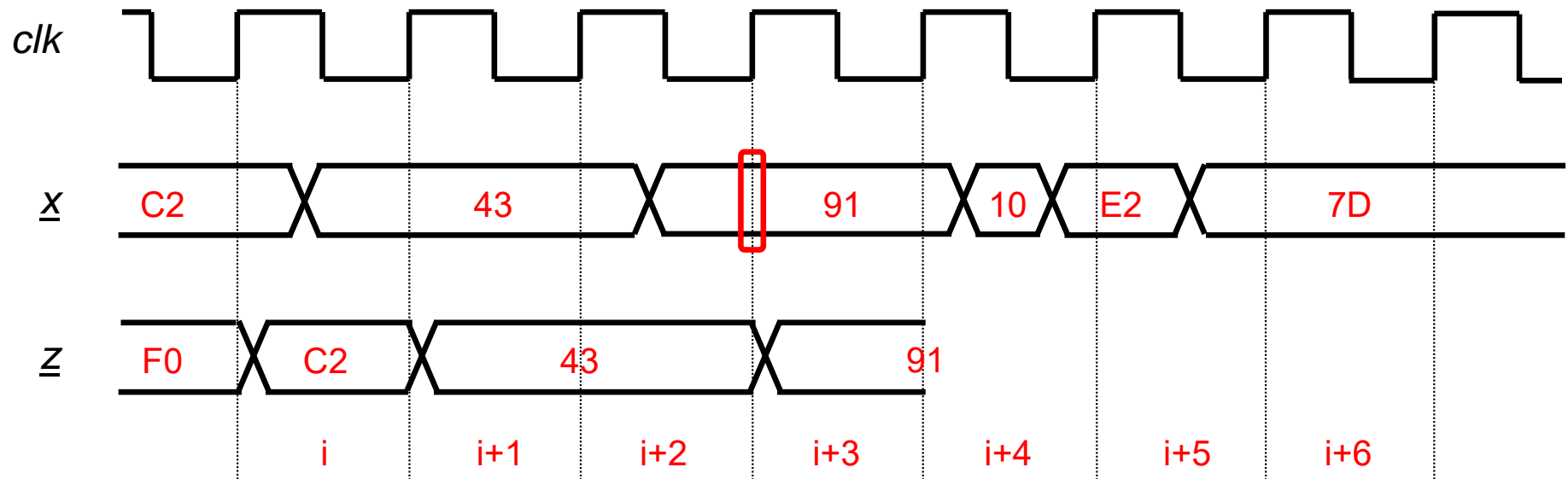




# Concepto de registro de estado

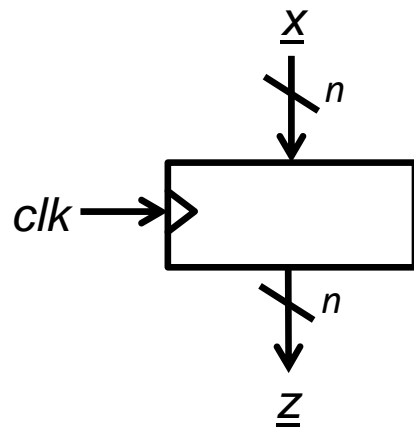


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

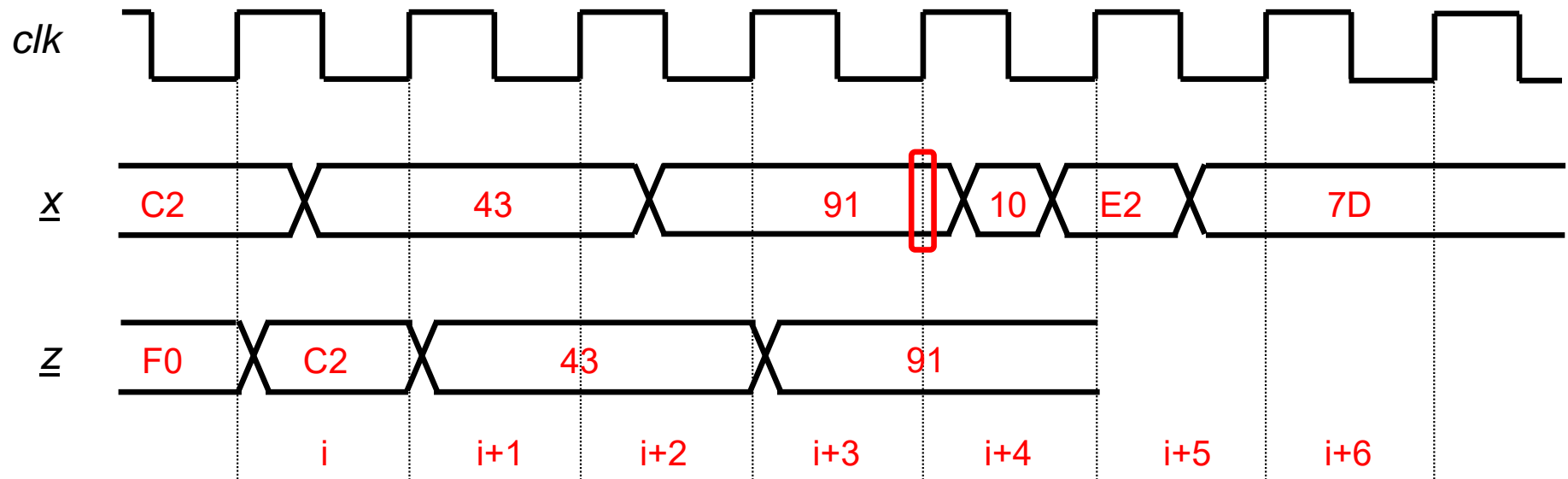




# Concepto de registro de estado



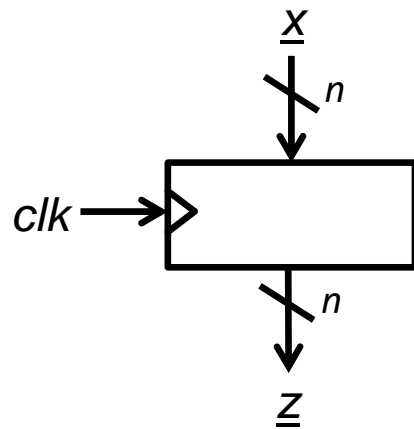
- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.



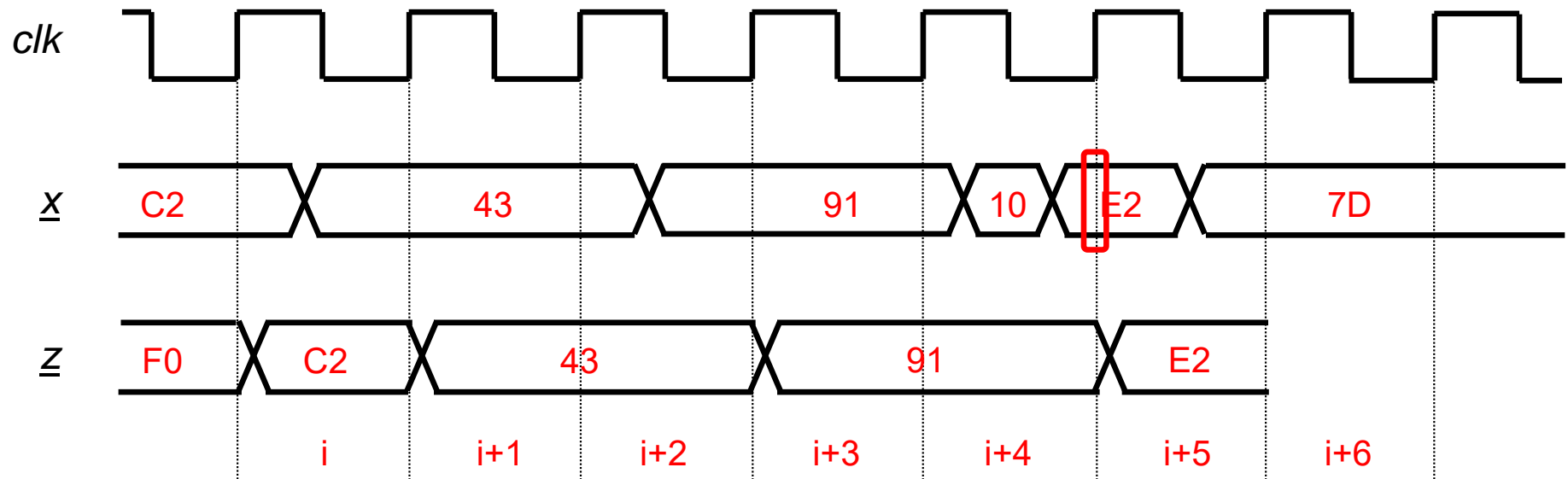




# Concepto de registro de estado

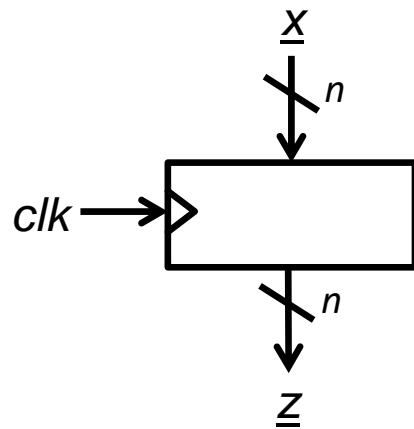


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

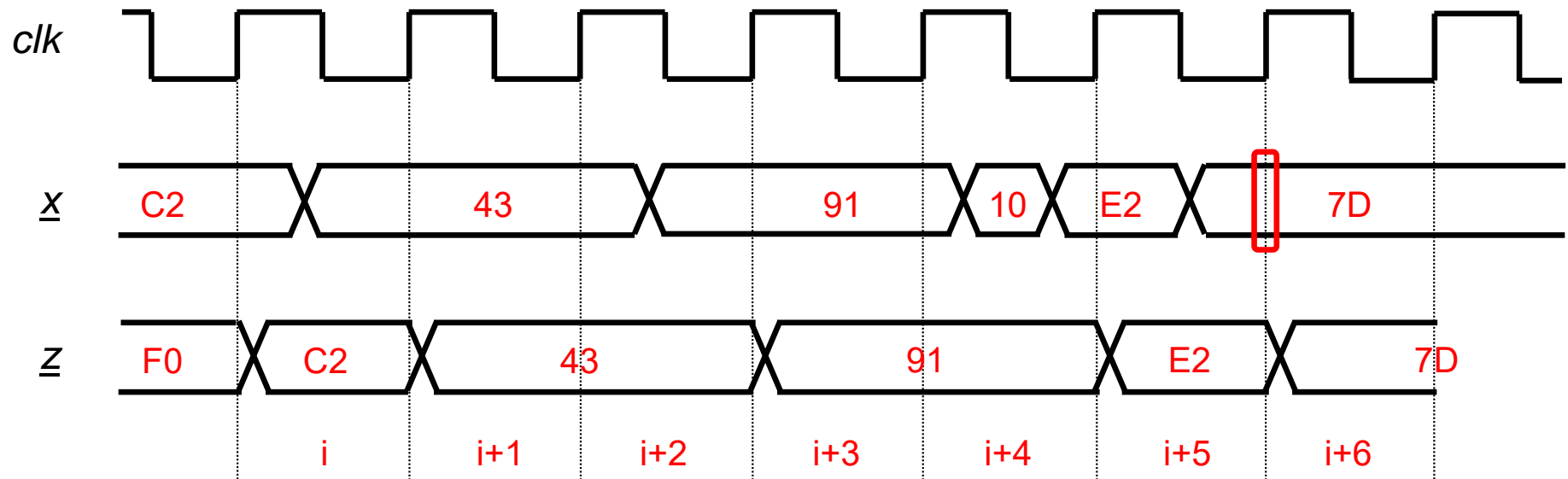




# Concepto de registro de estado

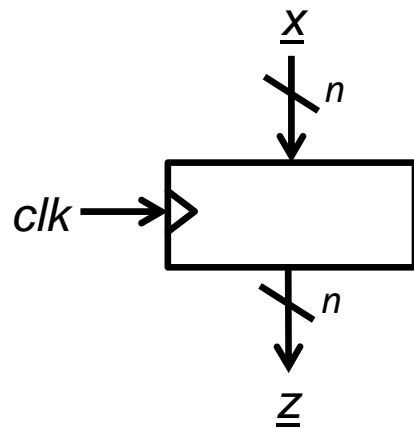


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

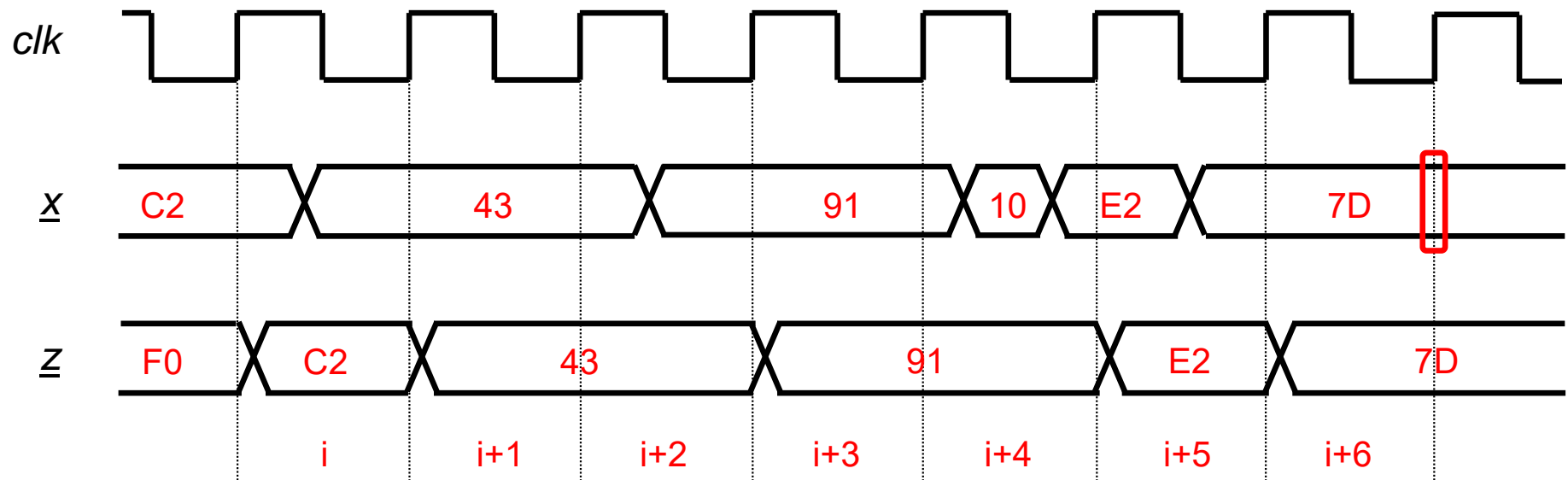




# Concepto de registro de estado

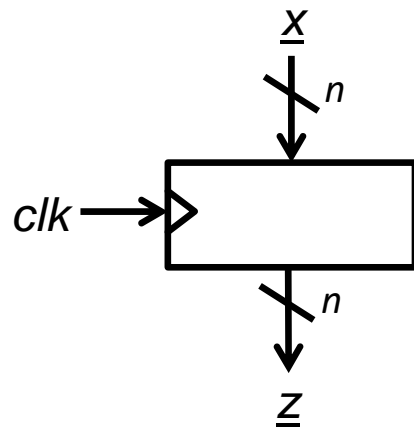


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

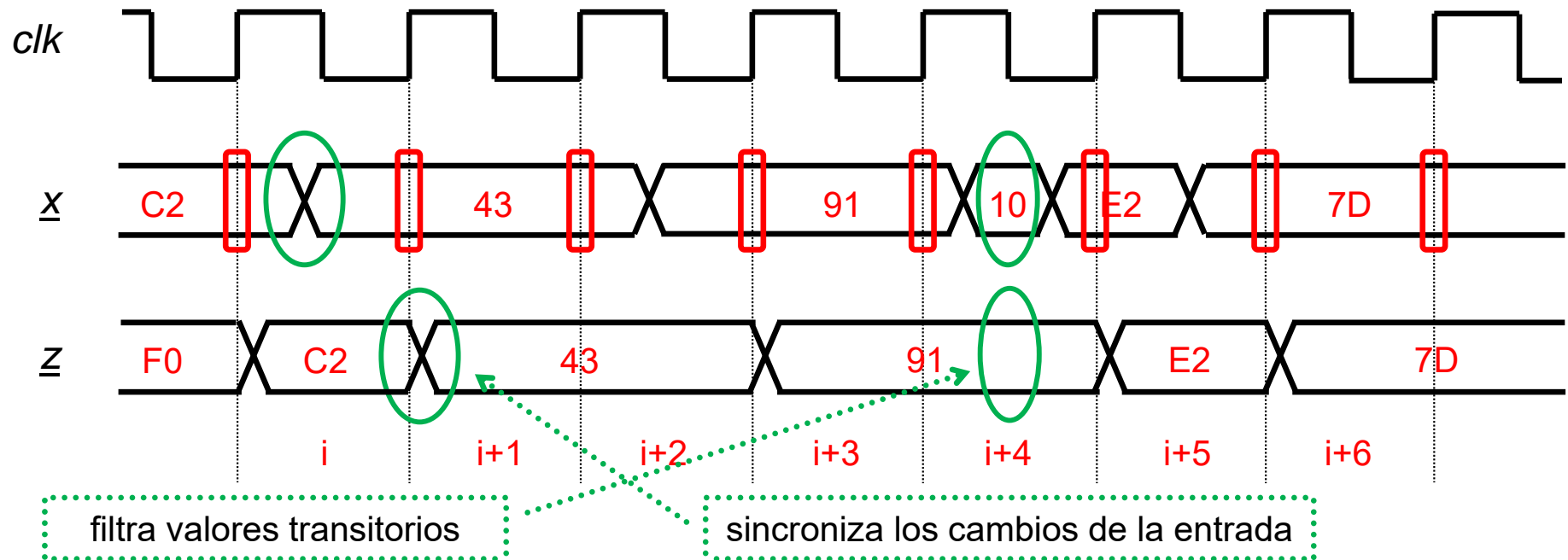




# Concepto de registro de estado

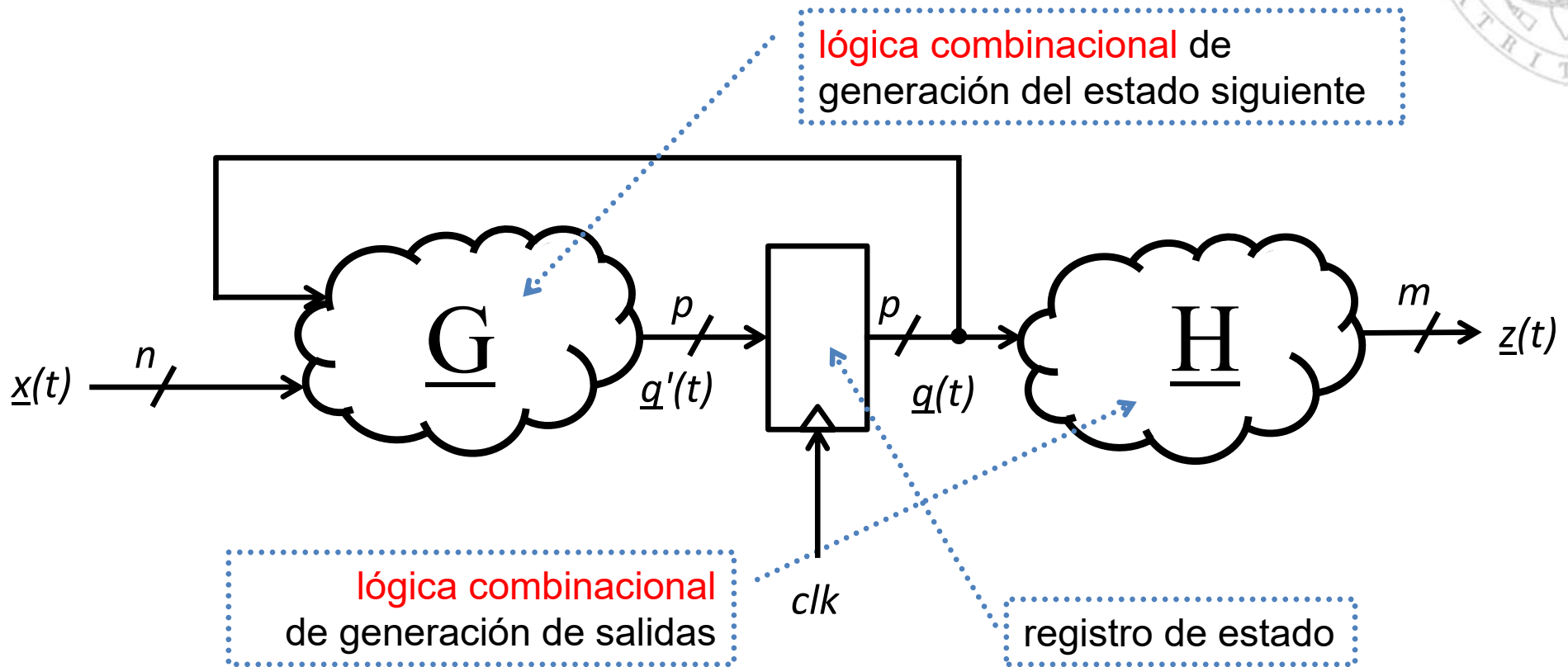


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.





# Máquina de Moore

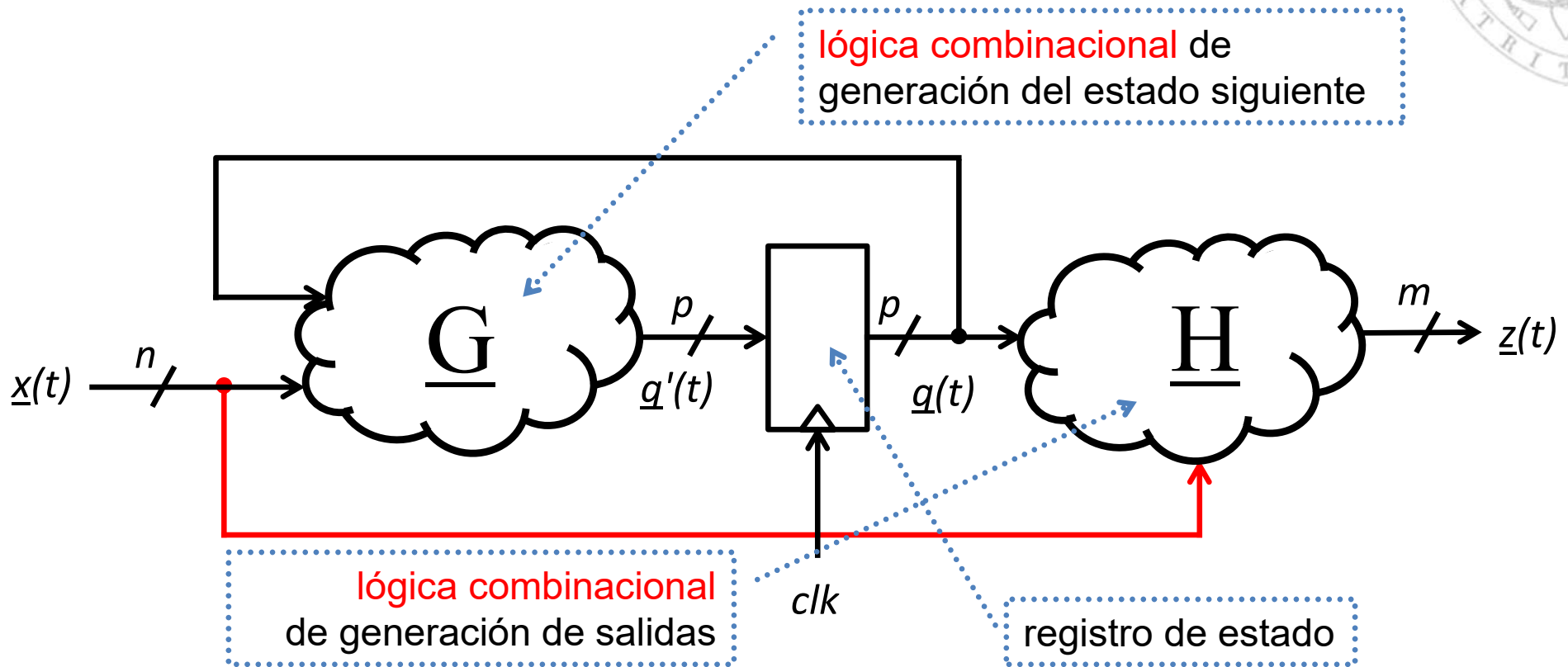


## Estructura de una Máquina de Moore

La **salida** en todo instante **depende exclusivamente del estado** en que se encuentra el sistema.



# Máquina de Mealy



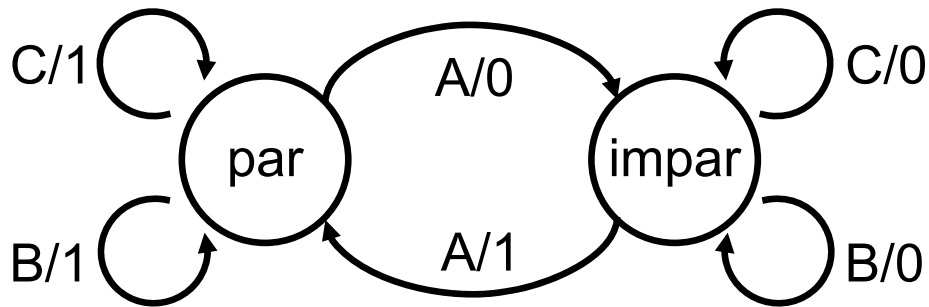
## Estructura de una Máquina de Mealy

La **salida** en cada instante **depende del estado** en que se encuentra el sistema **y del valor de la entrada** en ese instante.



# Mealy vs. Moore

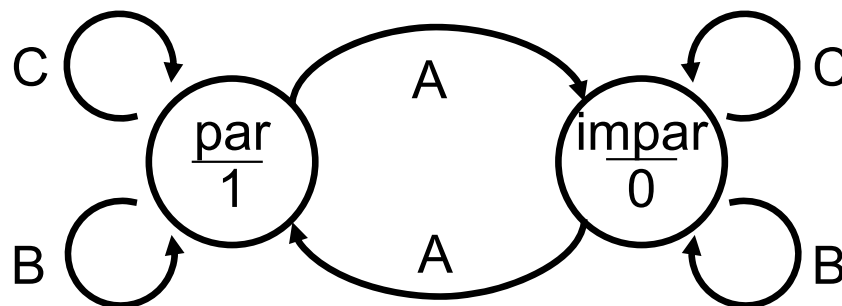
## Mealy:



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	x	z
par	A	0
par	B	1
par	C	1
impar	A	1
impar	B	0
impar	C	0

## Moore:

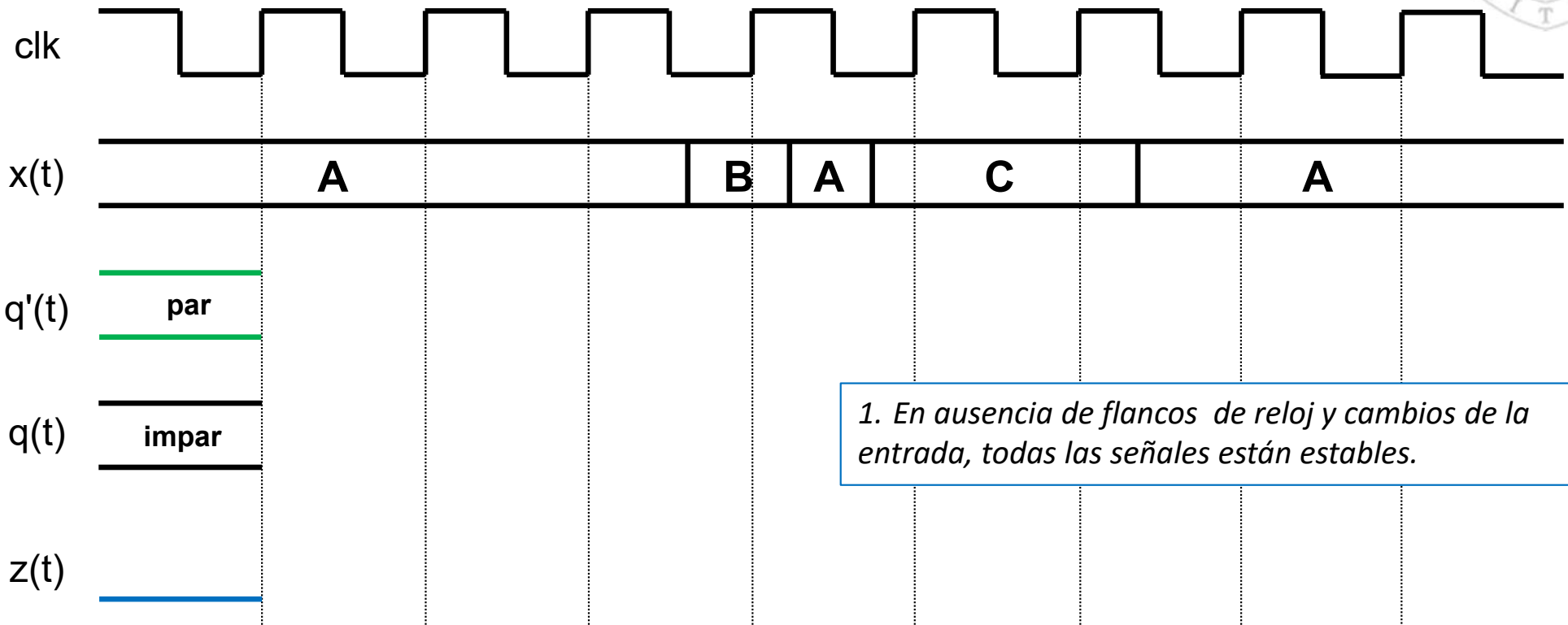


q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

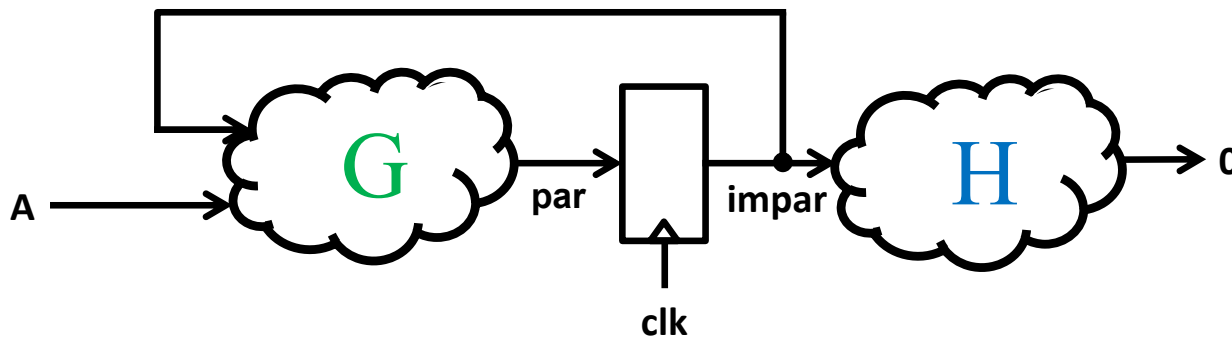
q	z
par	1
impar	0



# Máquina de Moore



1. En ausencia de flancos de reloj y cambios de la entrada, todas las señales están estables.



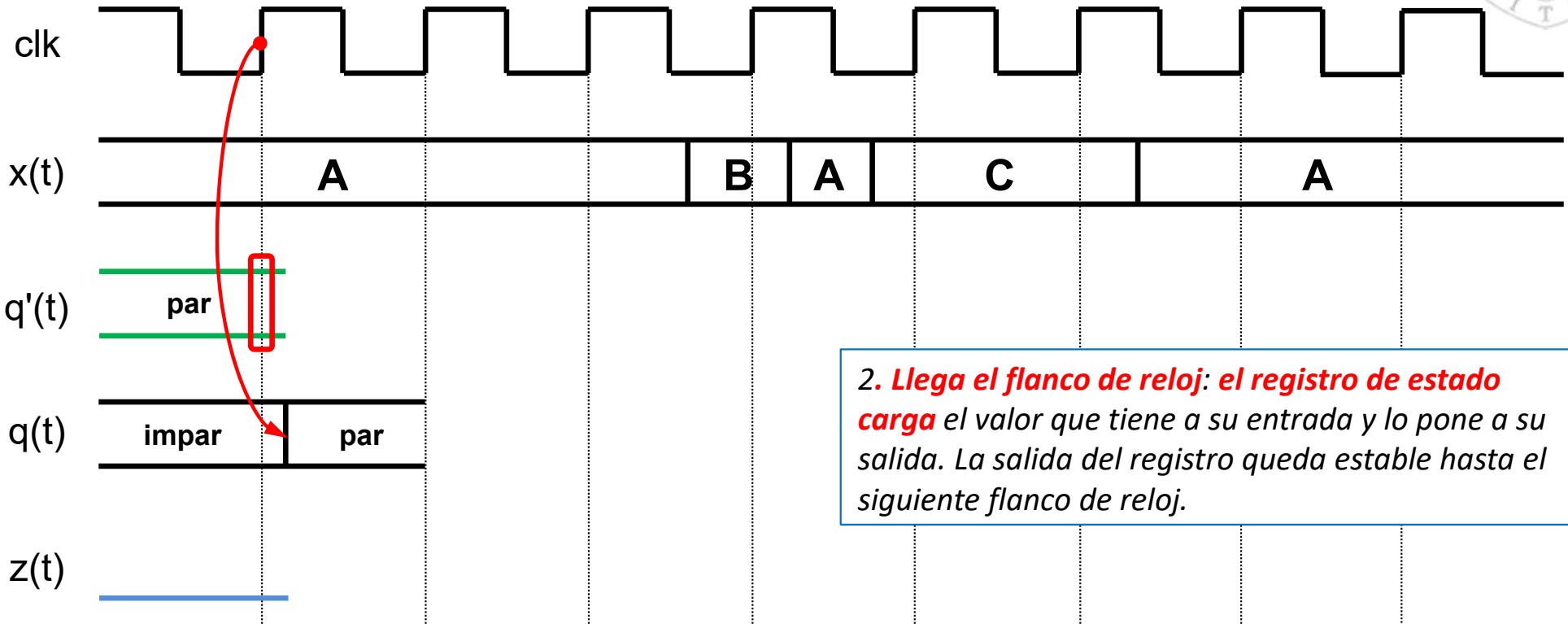
q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
<b>impar</b>	<b>0</b>

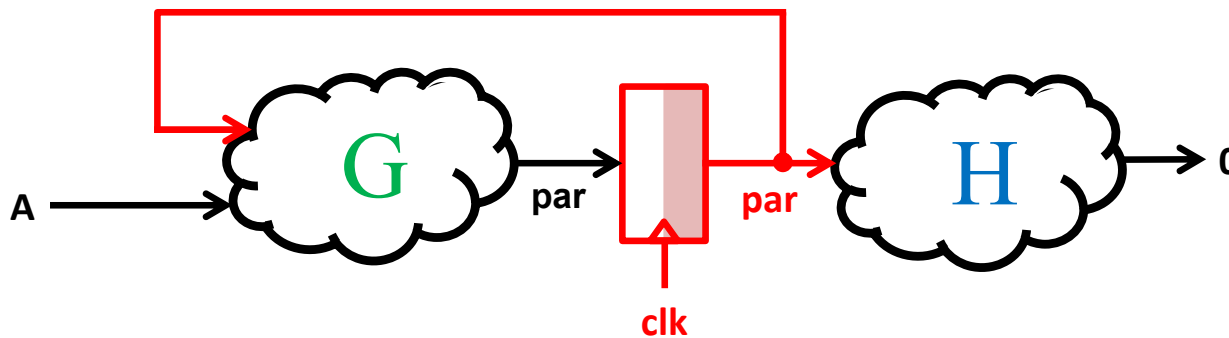




# Máquina de Moore



**2. Llega el flanco de reloj: el registro de estado carga el valor que tiene a su entrada y lo pone a su salida. La salida del registro queda estable hasta el siguiente flanco de reloj.**

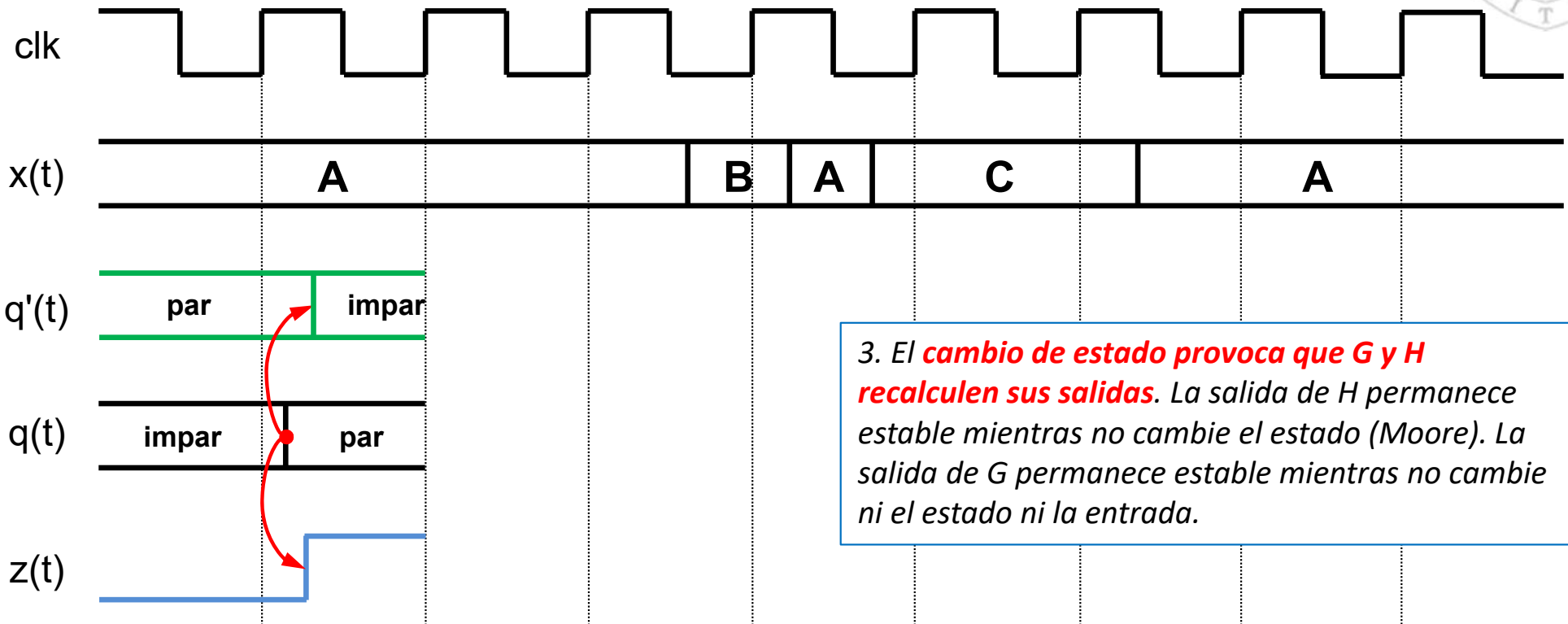


q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

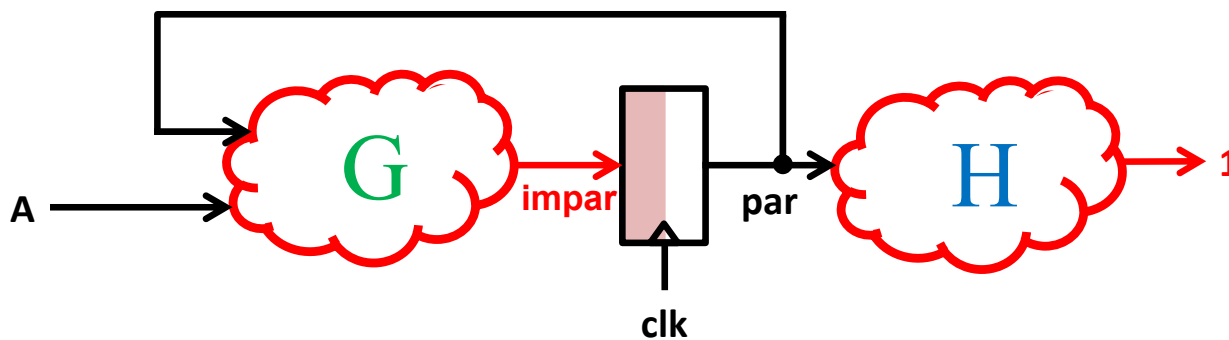
q	z
par	1
impar	0



# Máquina de Moore



3. El **cambio de estado provoca que G y H recalculen sus salidas**. La salida de H permanece estable mientras no cambie el estado (Moore). La salida de G permanece estable mientras no cambie ni el estado ni la entrada.

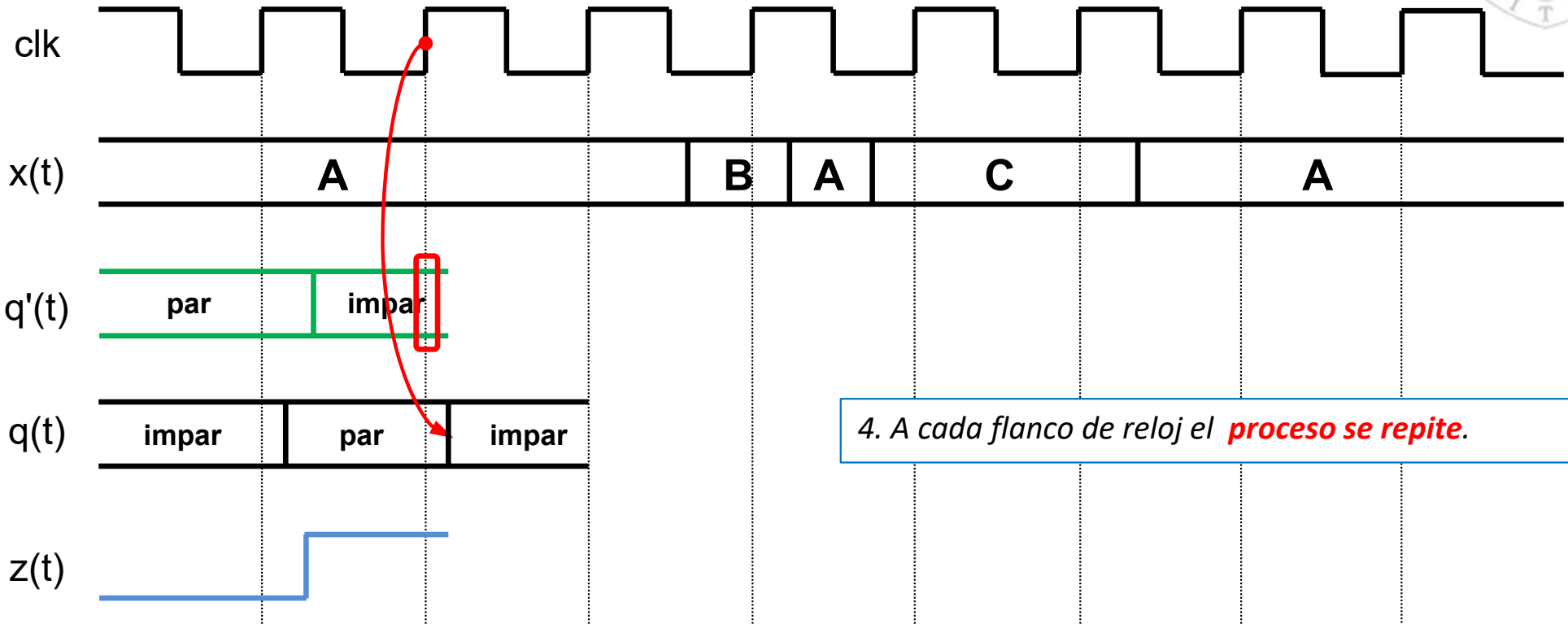


q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

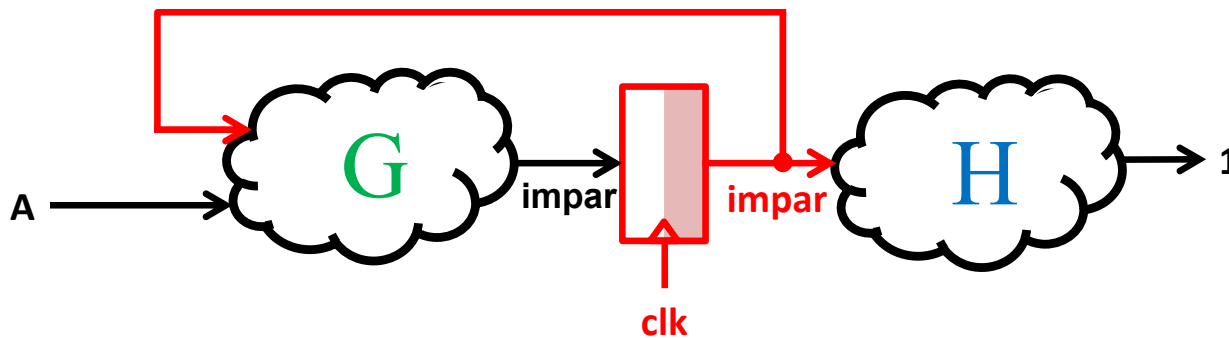
q	z
par	1
impar	0



# Máquina de Moore



4. A cada flanco de reloj el **proceso se repite**.

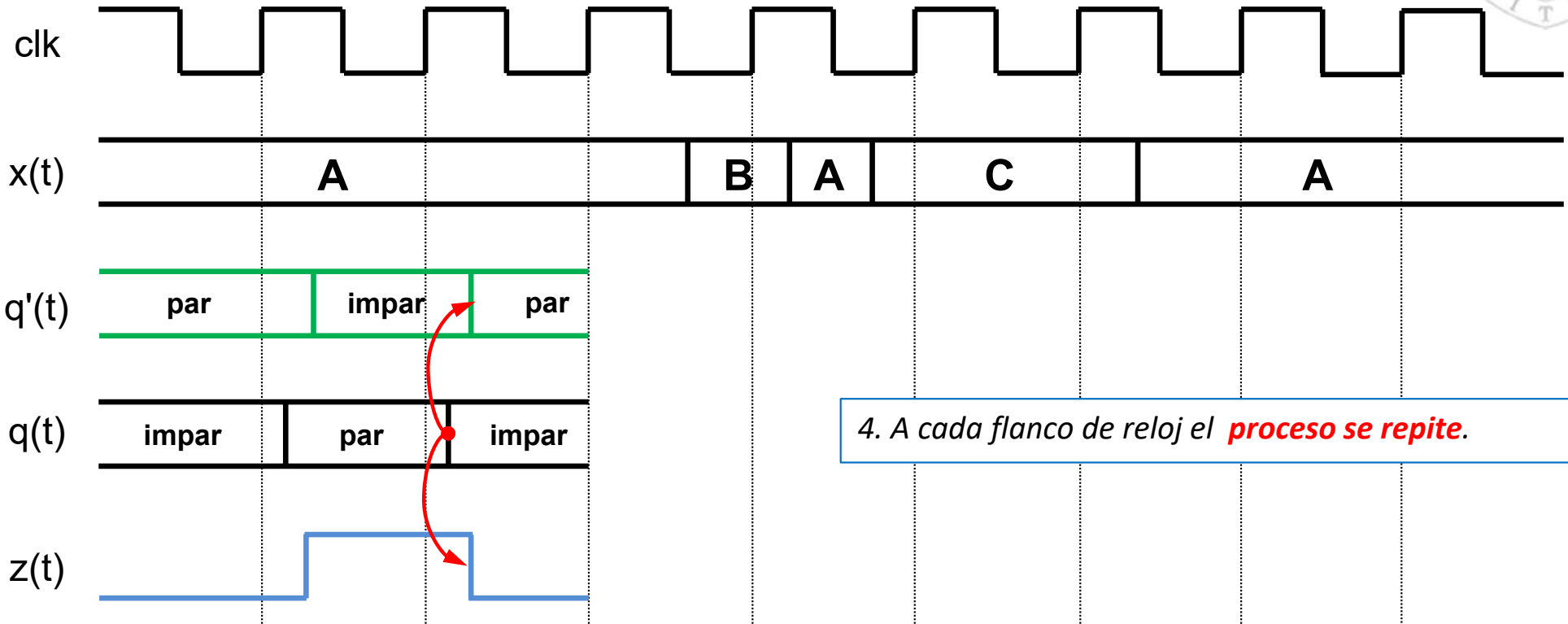


q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

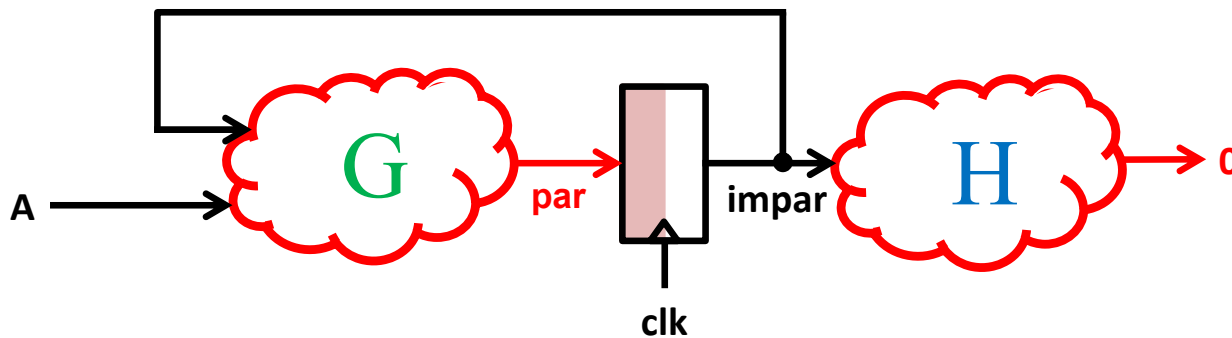
q	z
par	1
impar	0



# Máquina de Moore



4. A cada flanco de reloj el **proceso se repite**.

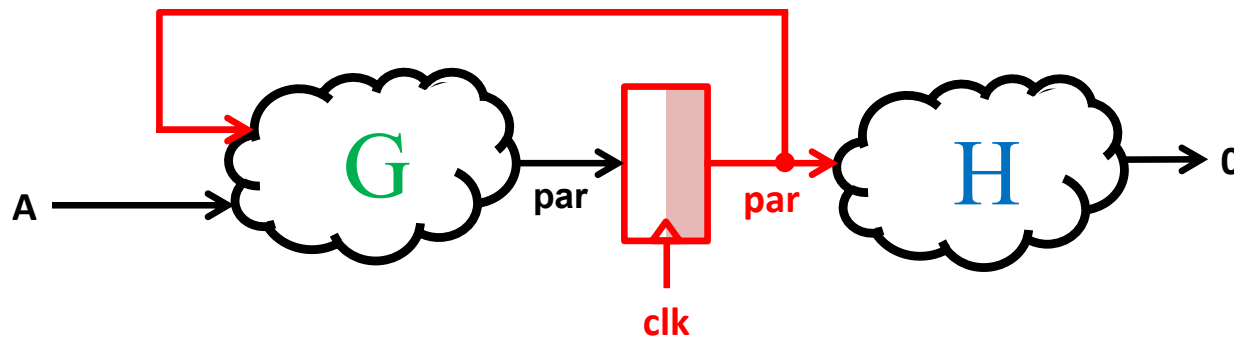
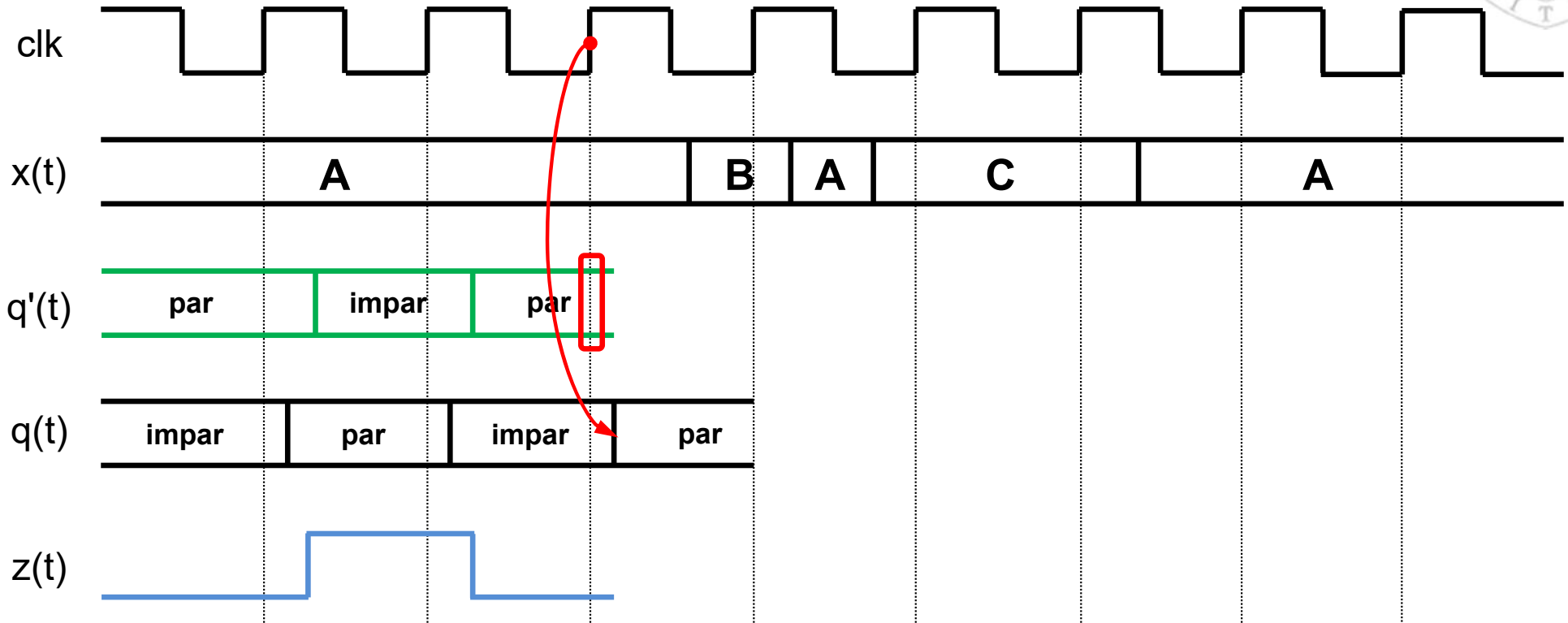


q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
<b>impar</b>	<b>0</b>



# Máquina de Moore



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



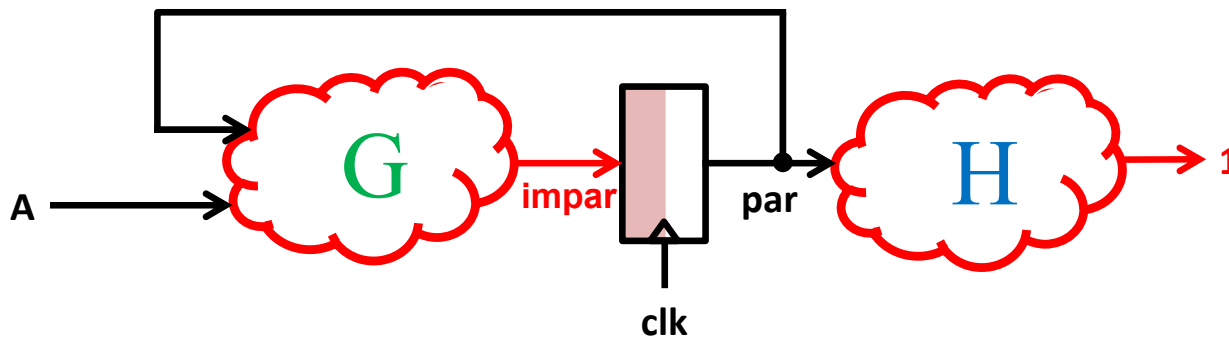
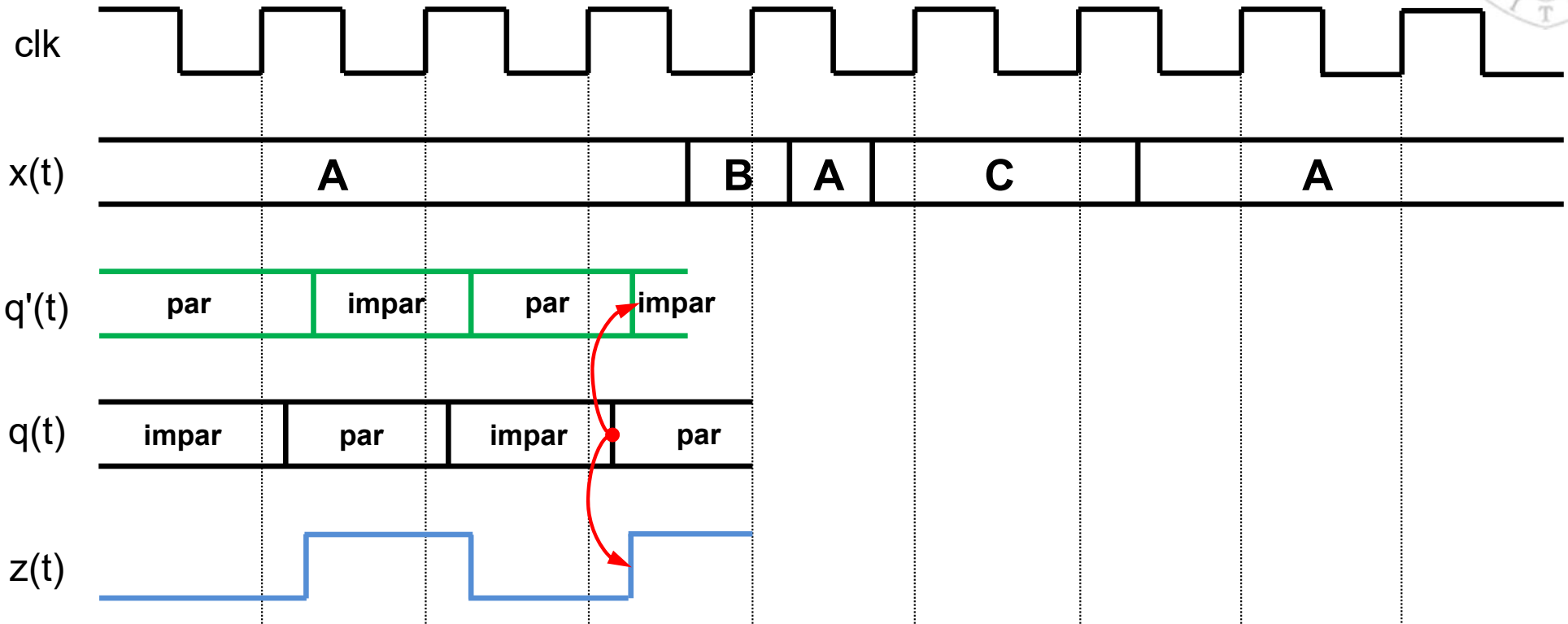
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

46

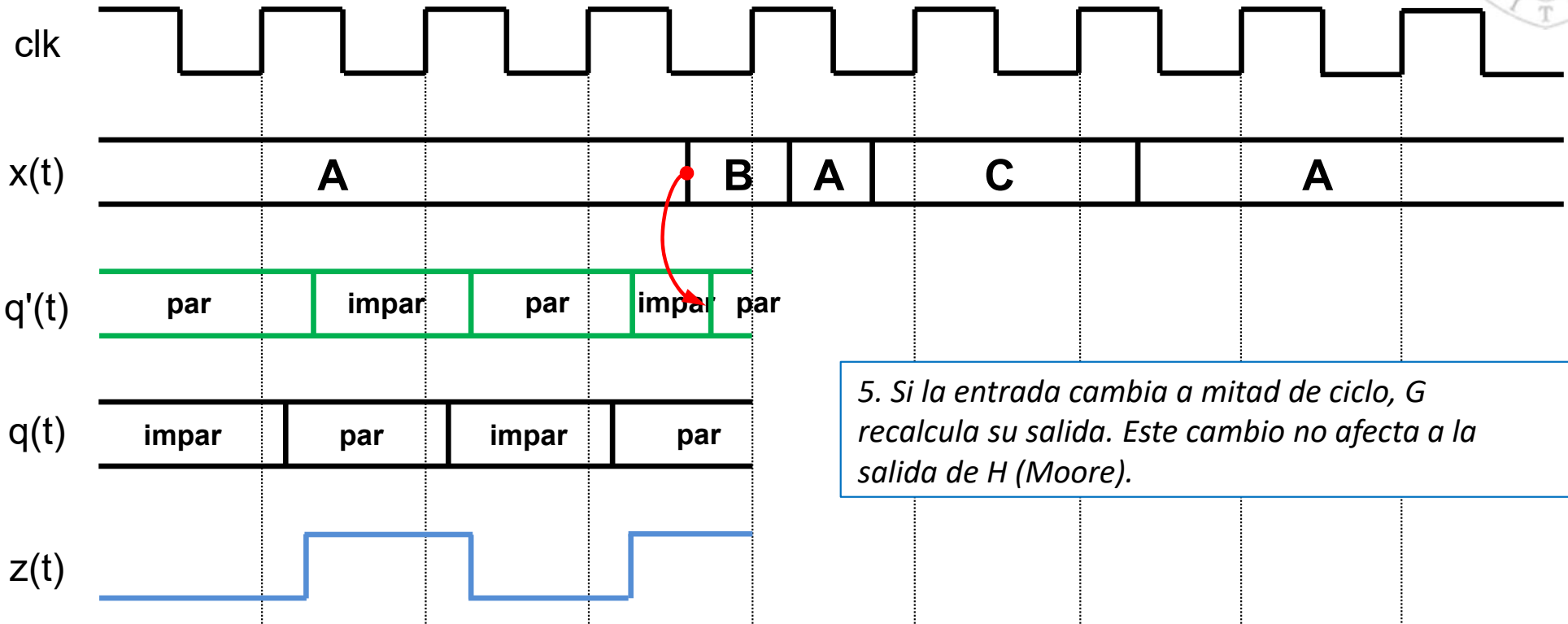


q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

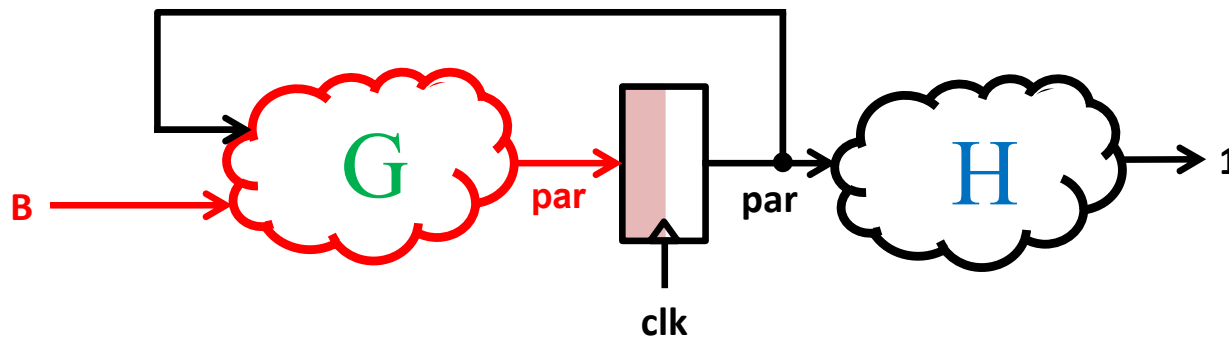
q	z
par	1
impar	0



# Máquina de Moore



5. Si la entrada cambia a mitad de ciclo, G recalcula su salida. Este cambio no afecta a la salida de H (Moore).

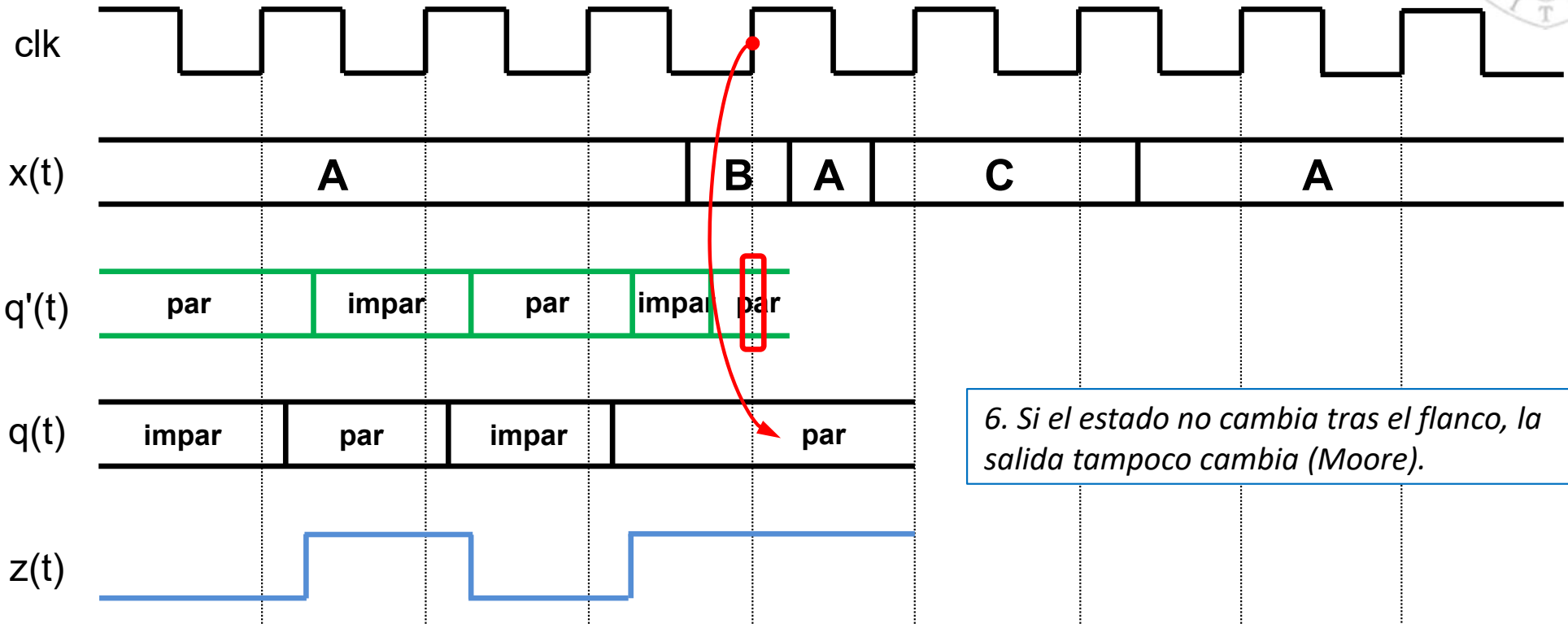


q	x	q'
par	A	impar
<b>par</b>	<b>B</b>	<b>par</b>
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

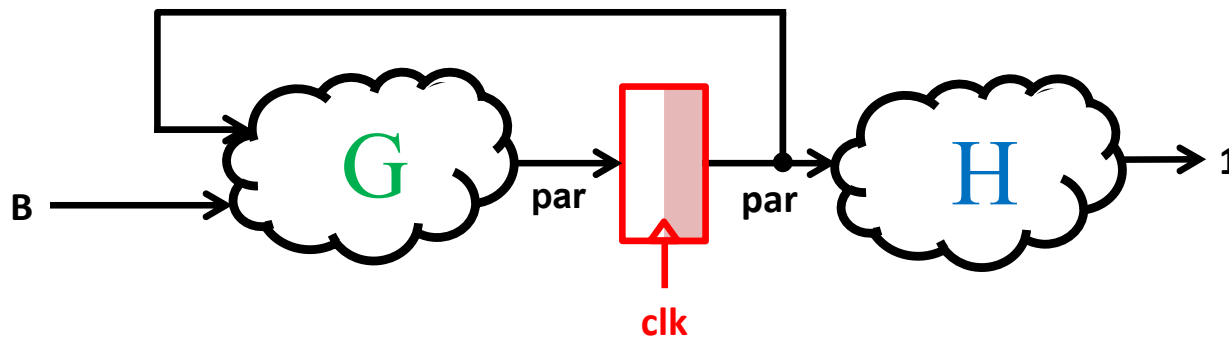
q	z
par	1
impar	0



# Máquina de Moore



6. Si el estado no cambia tras el flanco, la salida tampoco cambia (Moore).



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0





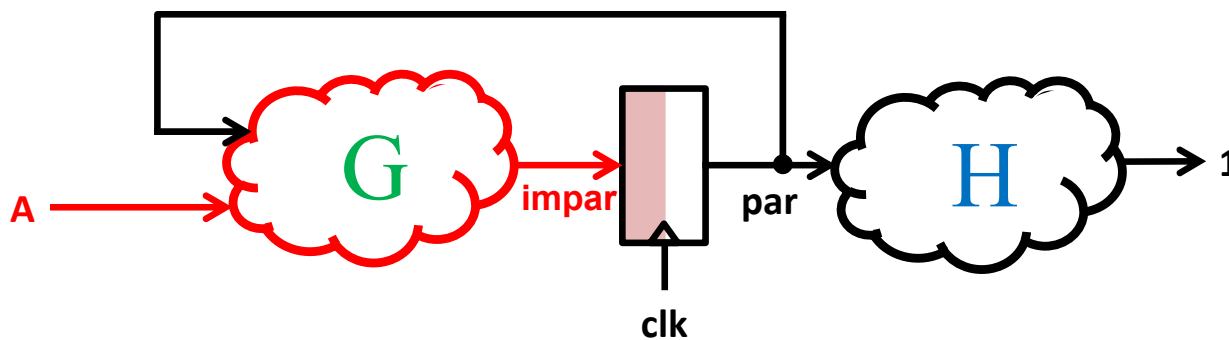
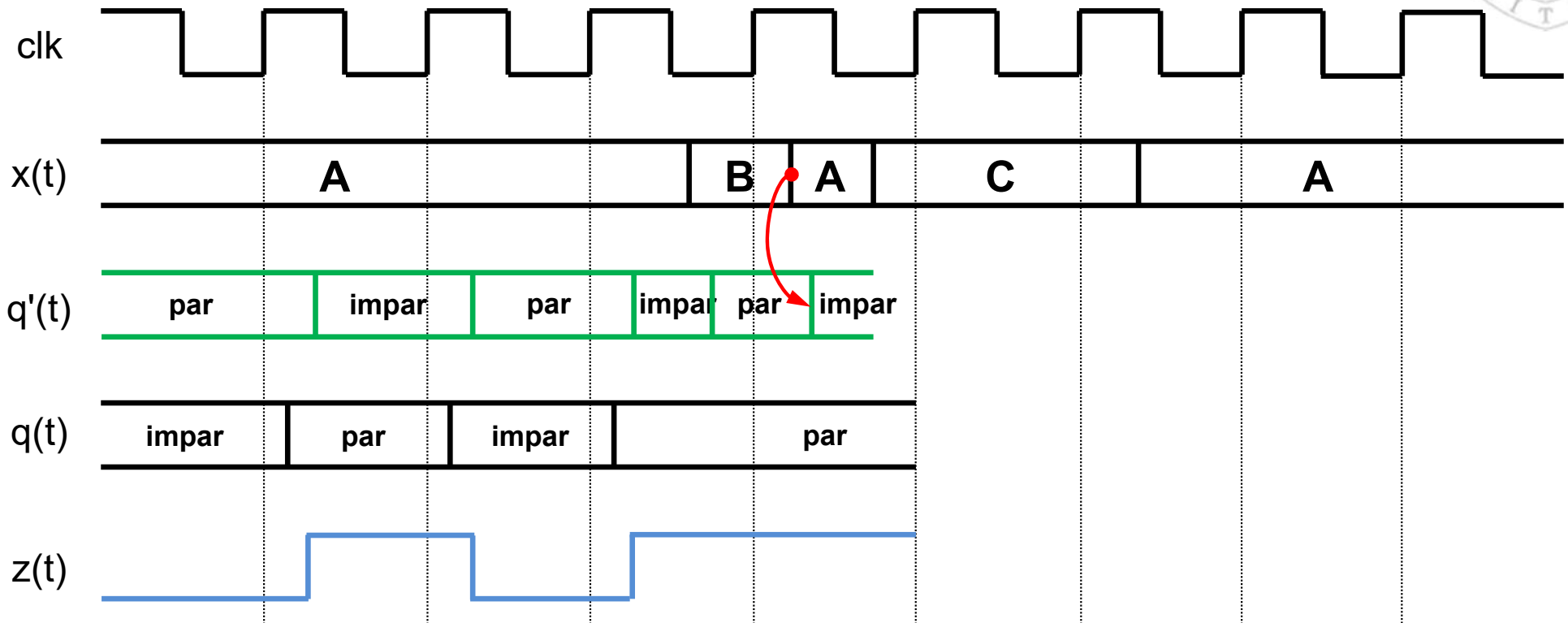
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

49



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



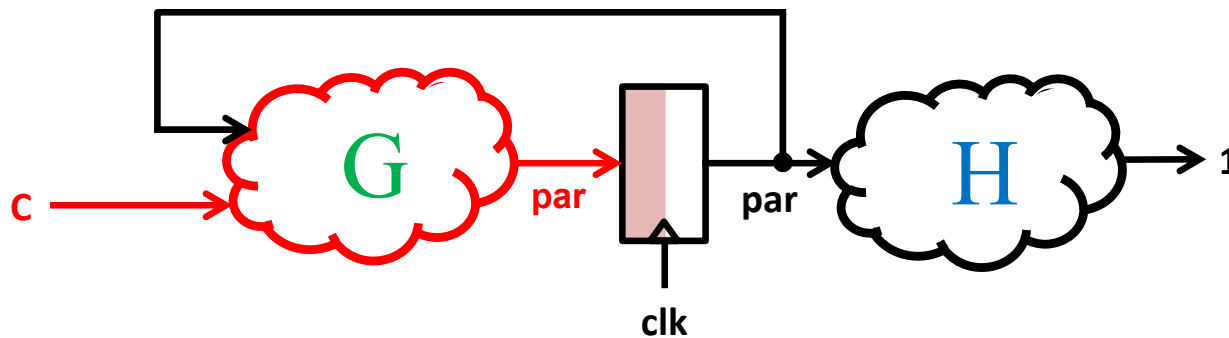
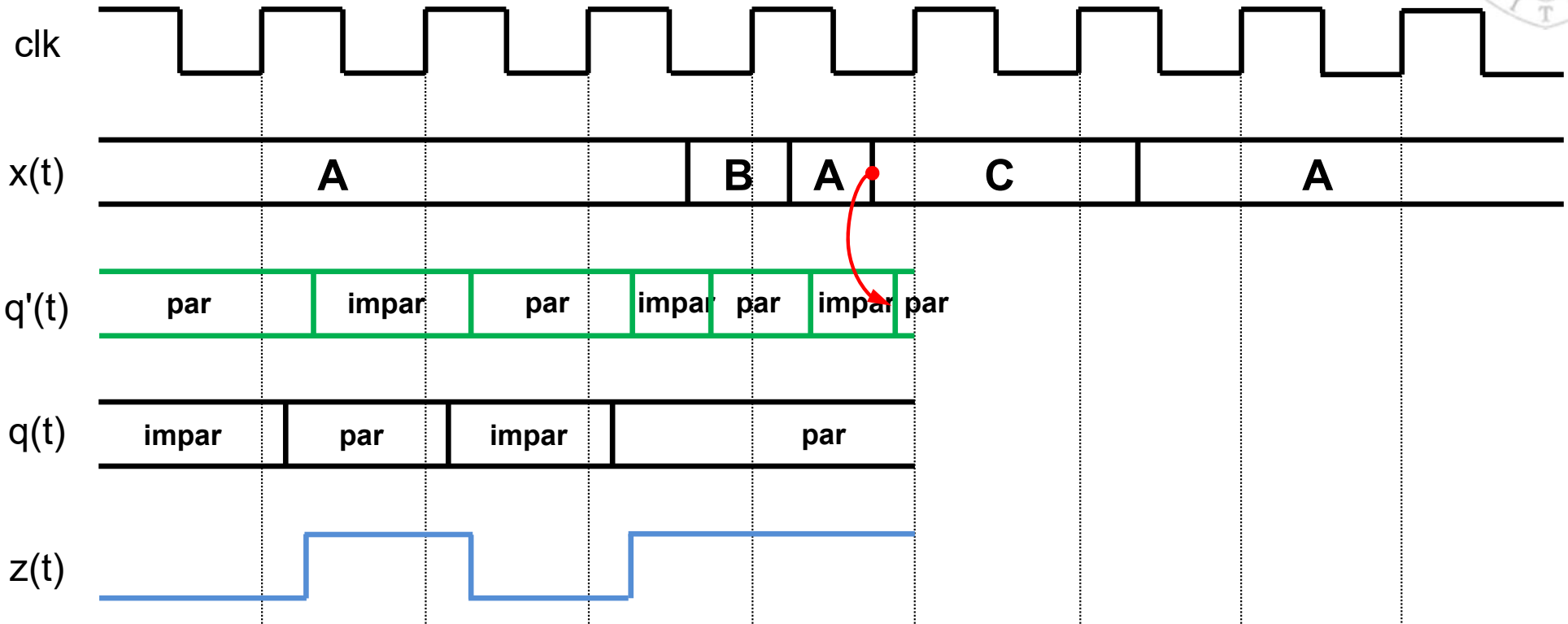
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

50



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
<b>par</b>	<b>C</b>	<b>par</b>
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



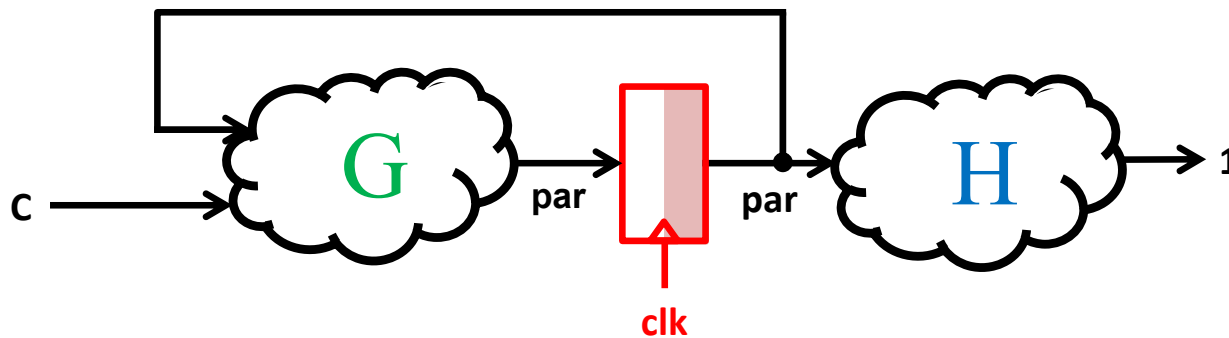
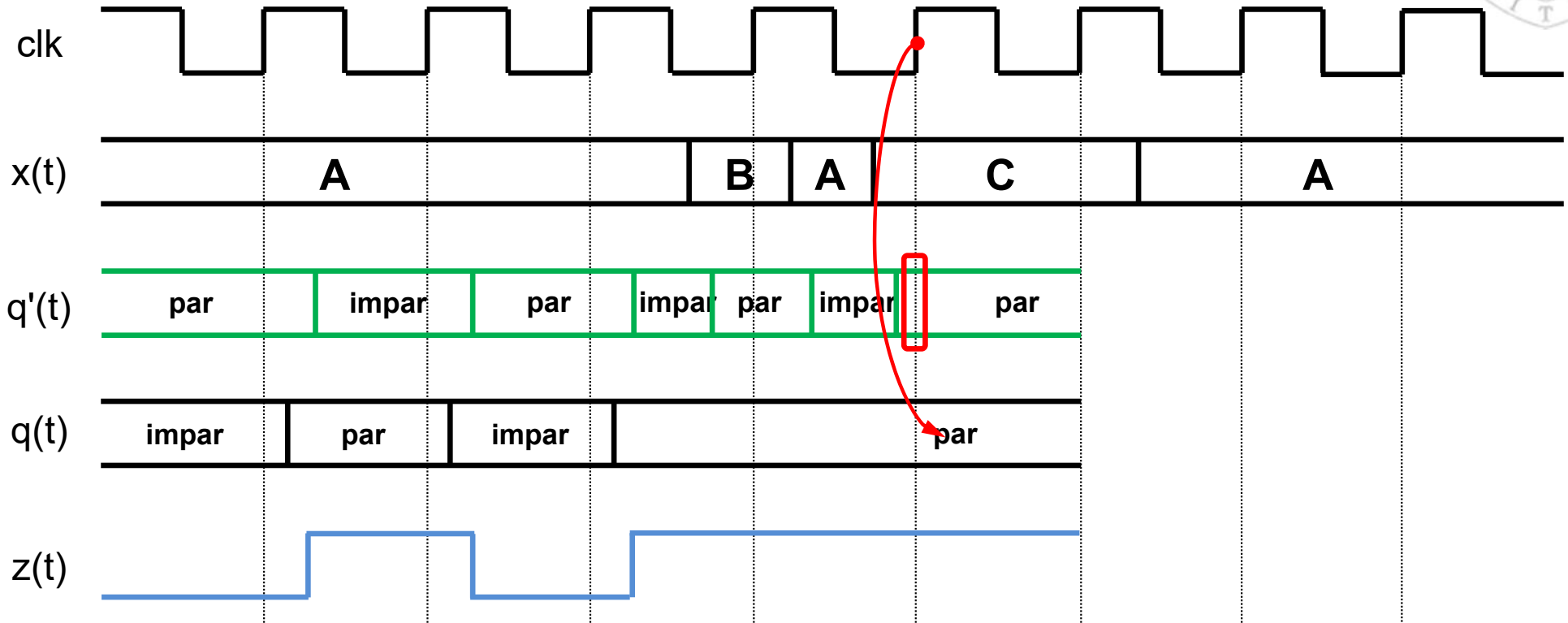
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

51



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



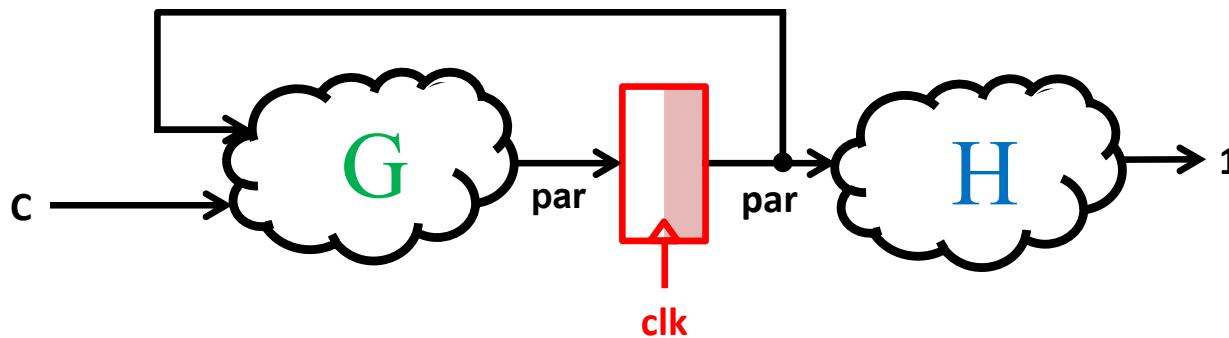
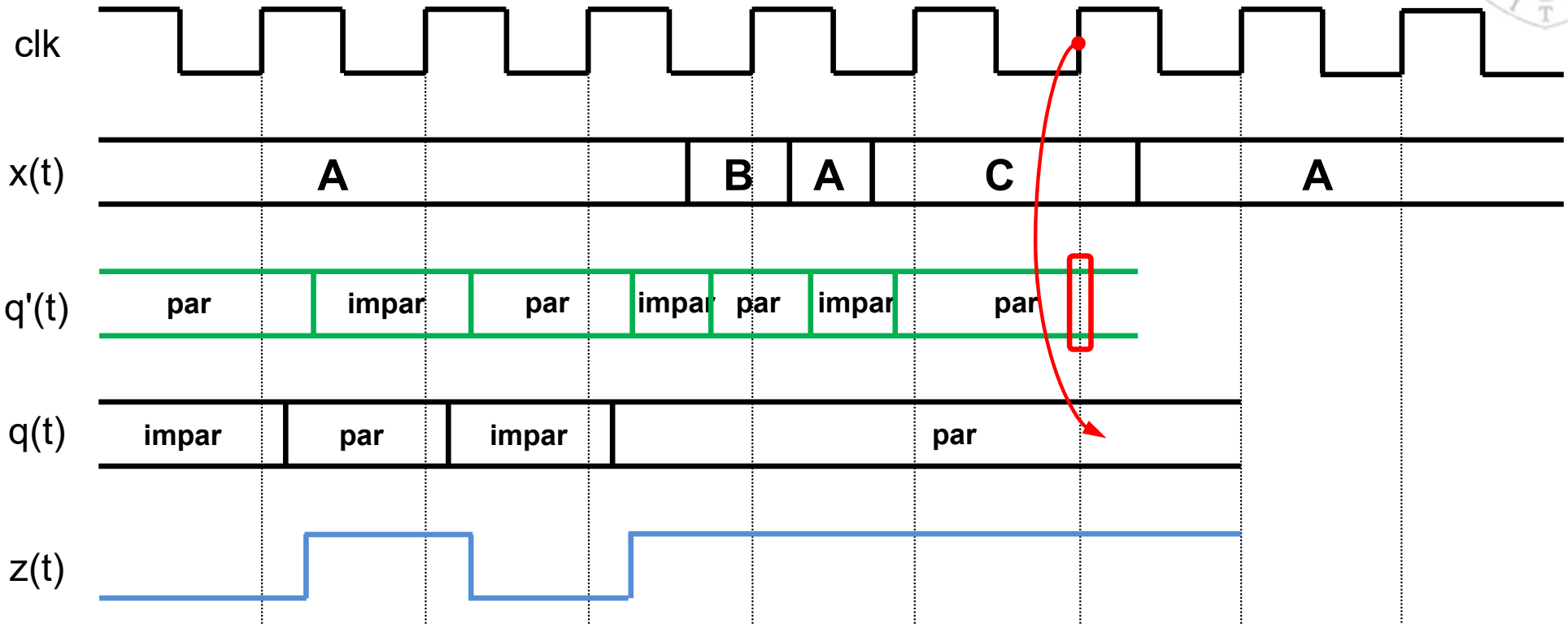
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

52



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



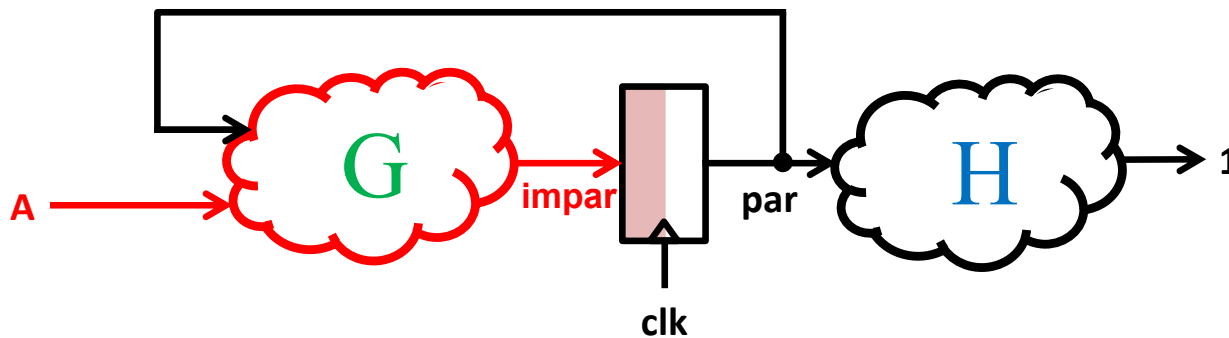
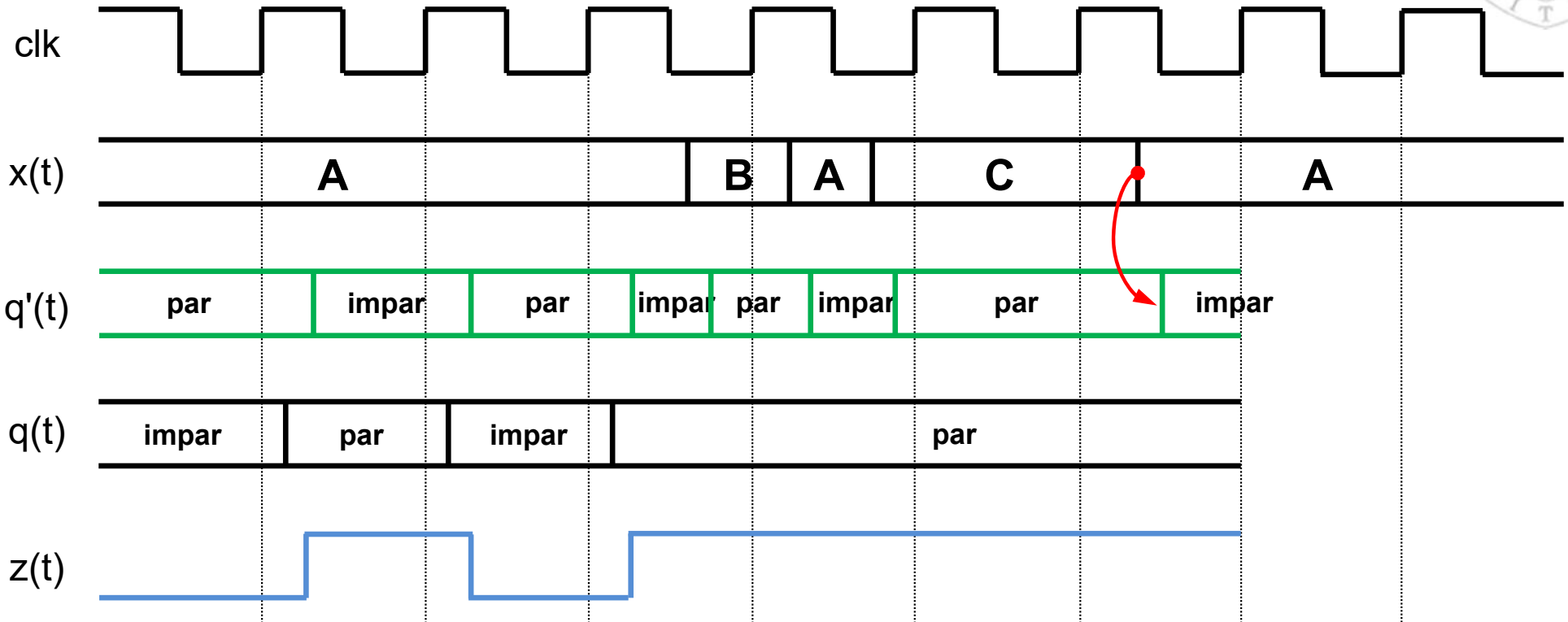
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

53



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



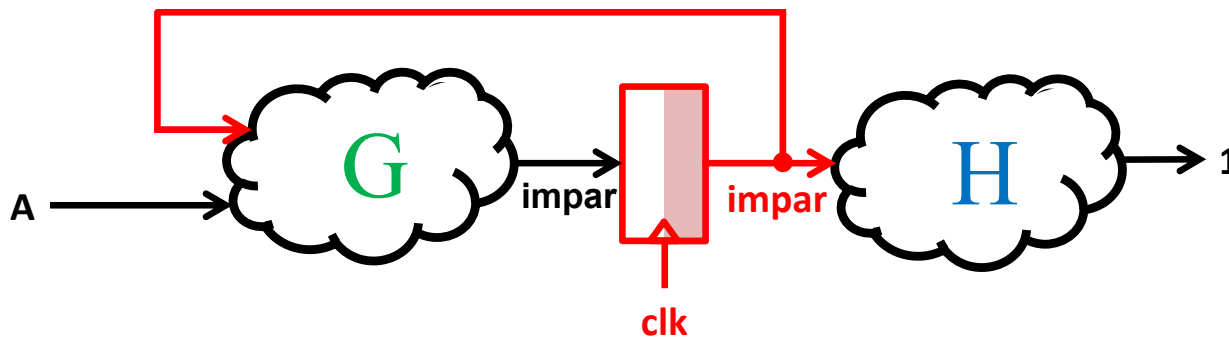
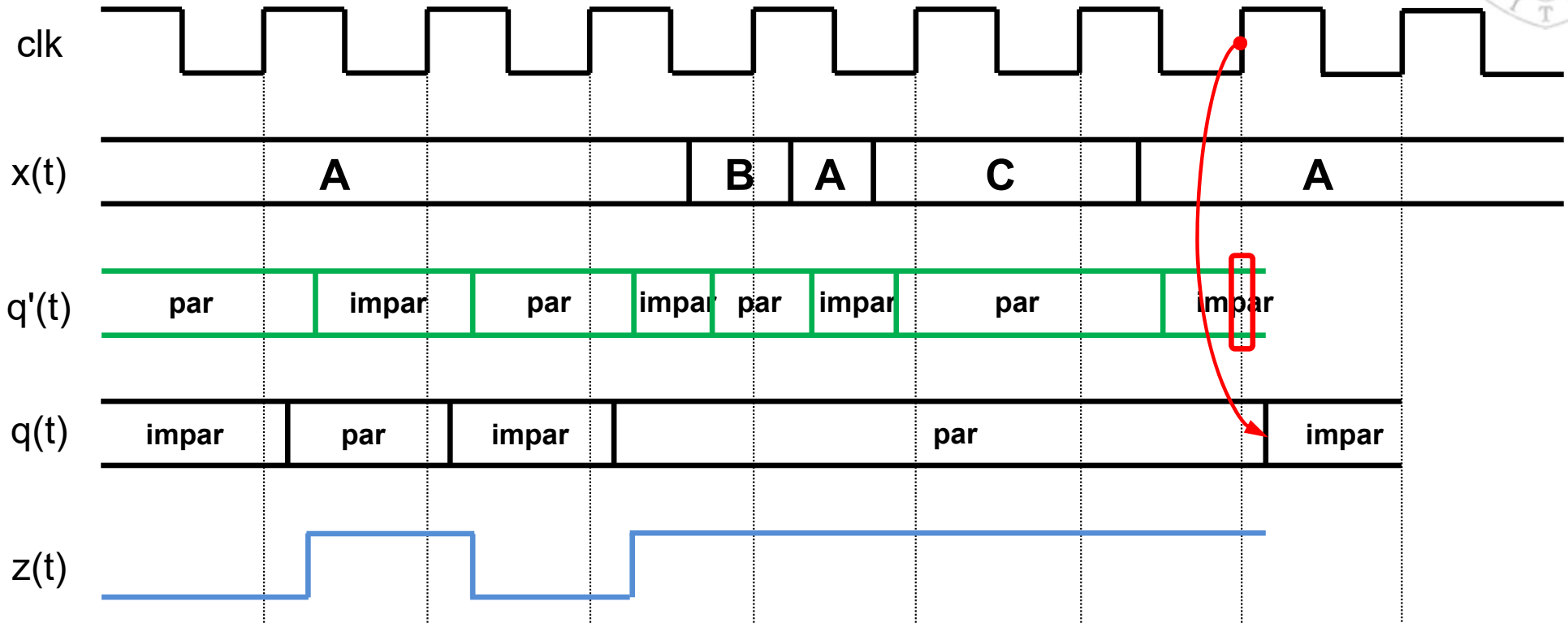
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

54



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



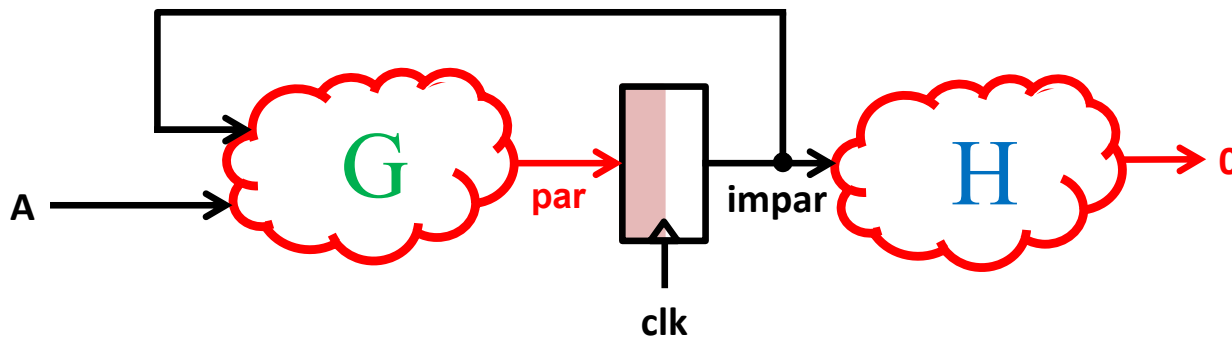
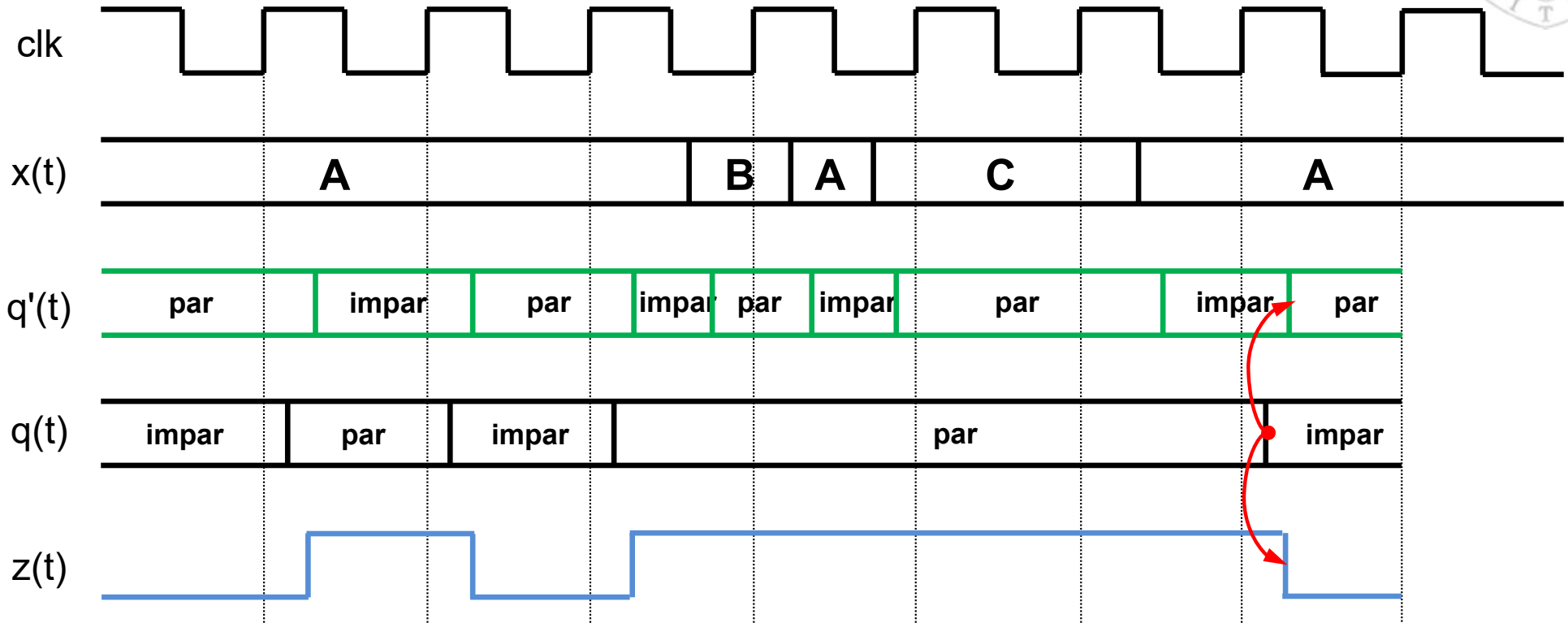
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

55



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
<b>impar</b>	<b>0</b>



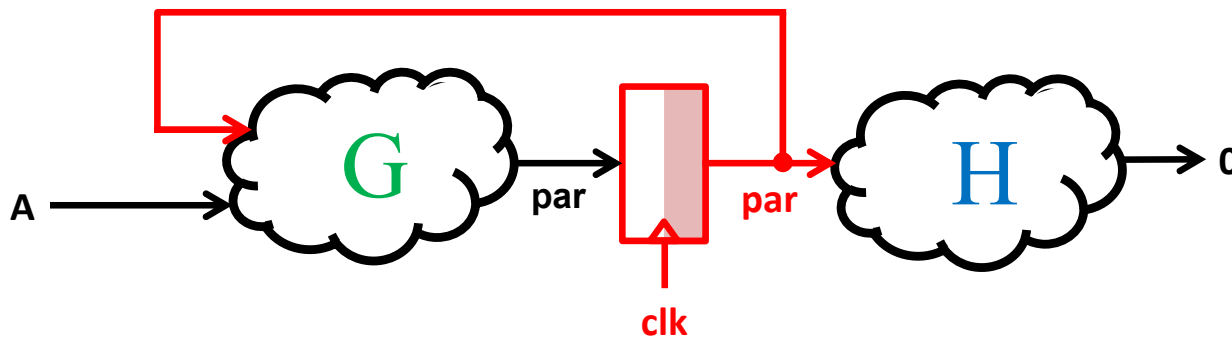
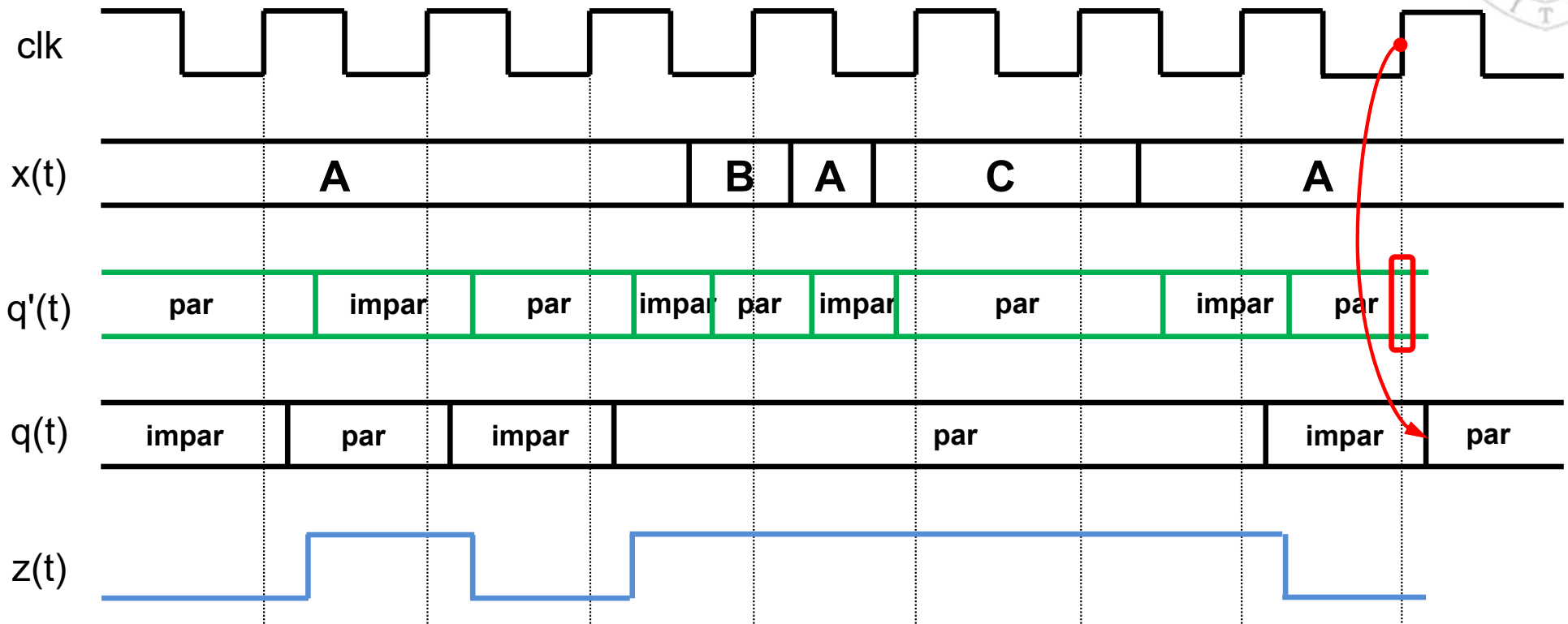
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

56



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0





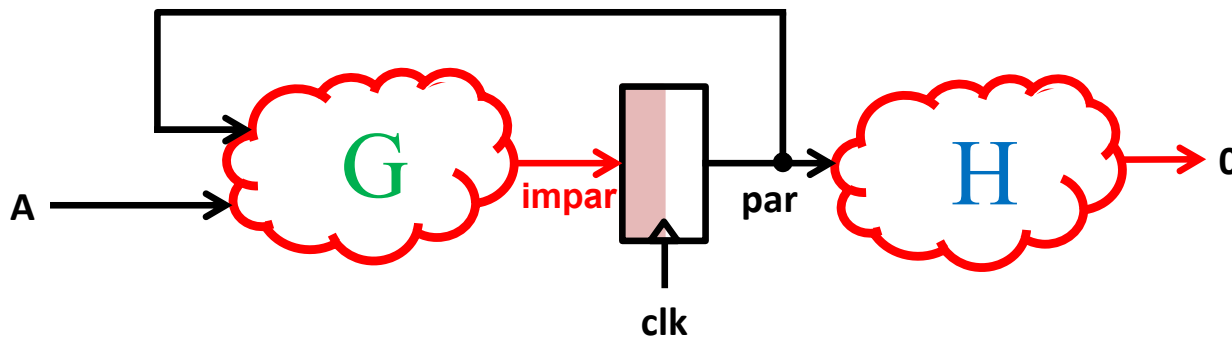
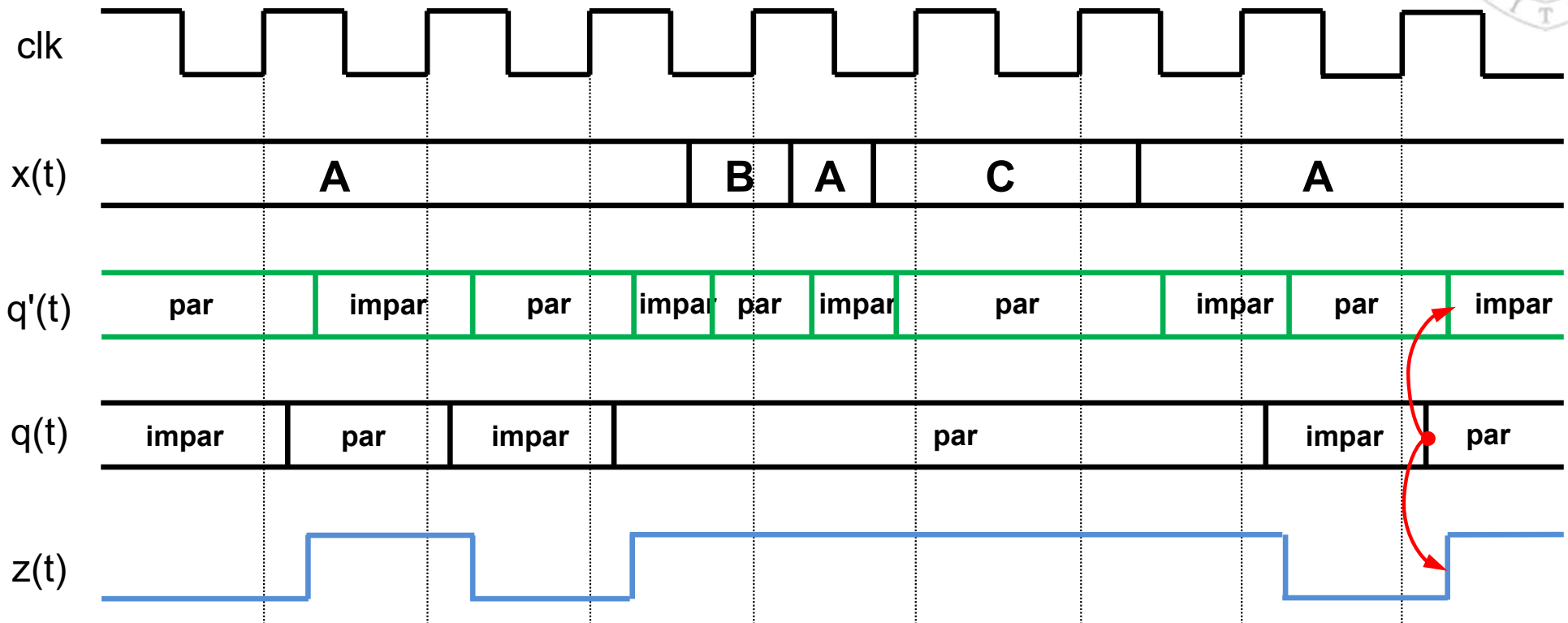
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

57



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



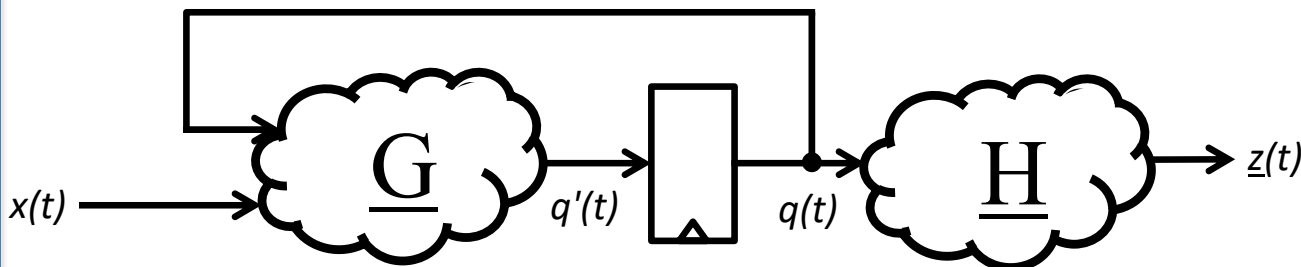
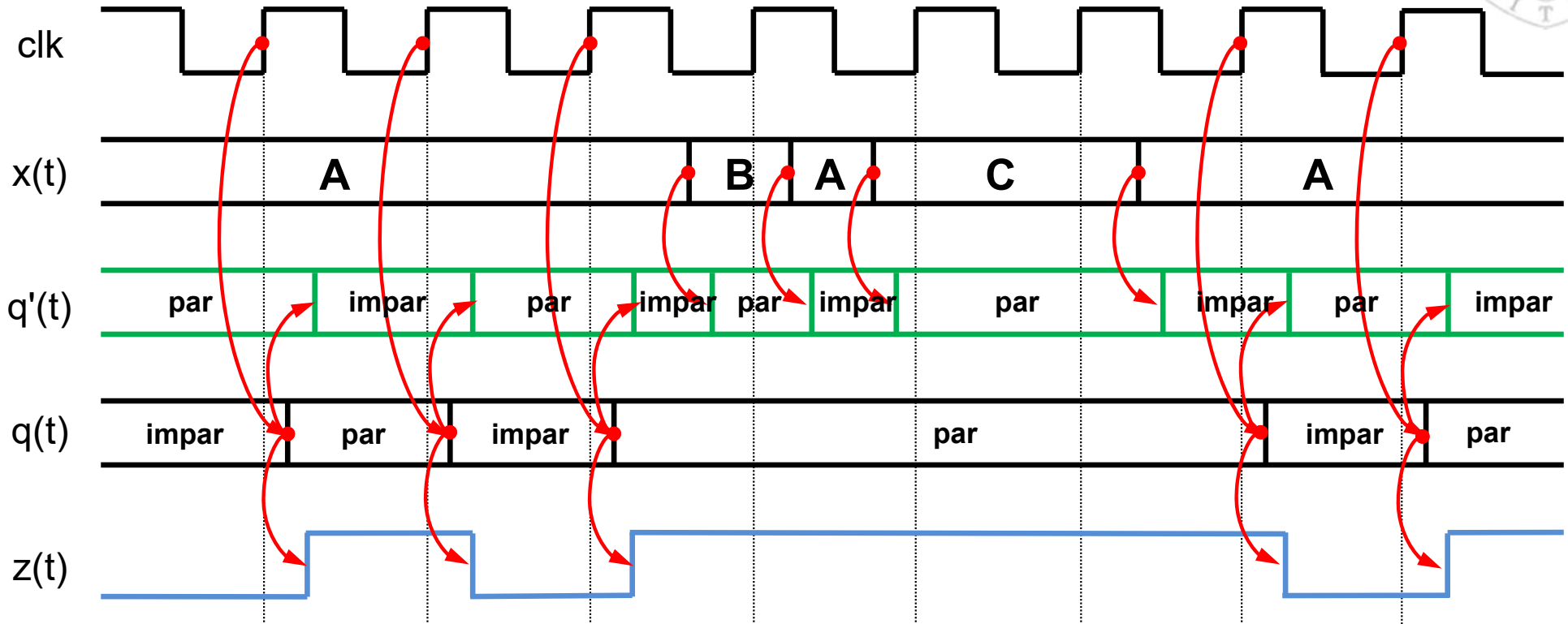
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

58



q	x	q'
par	A	impar
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



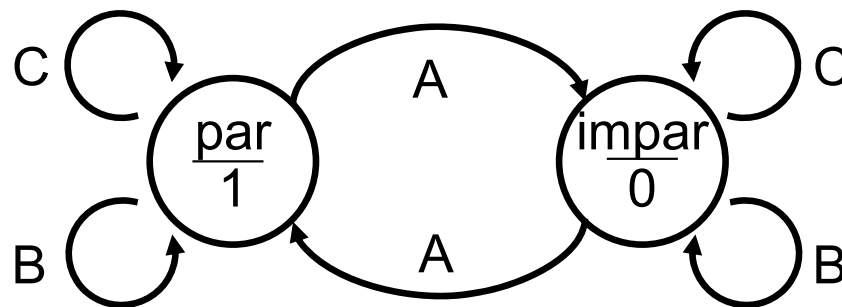
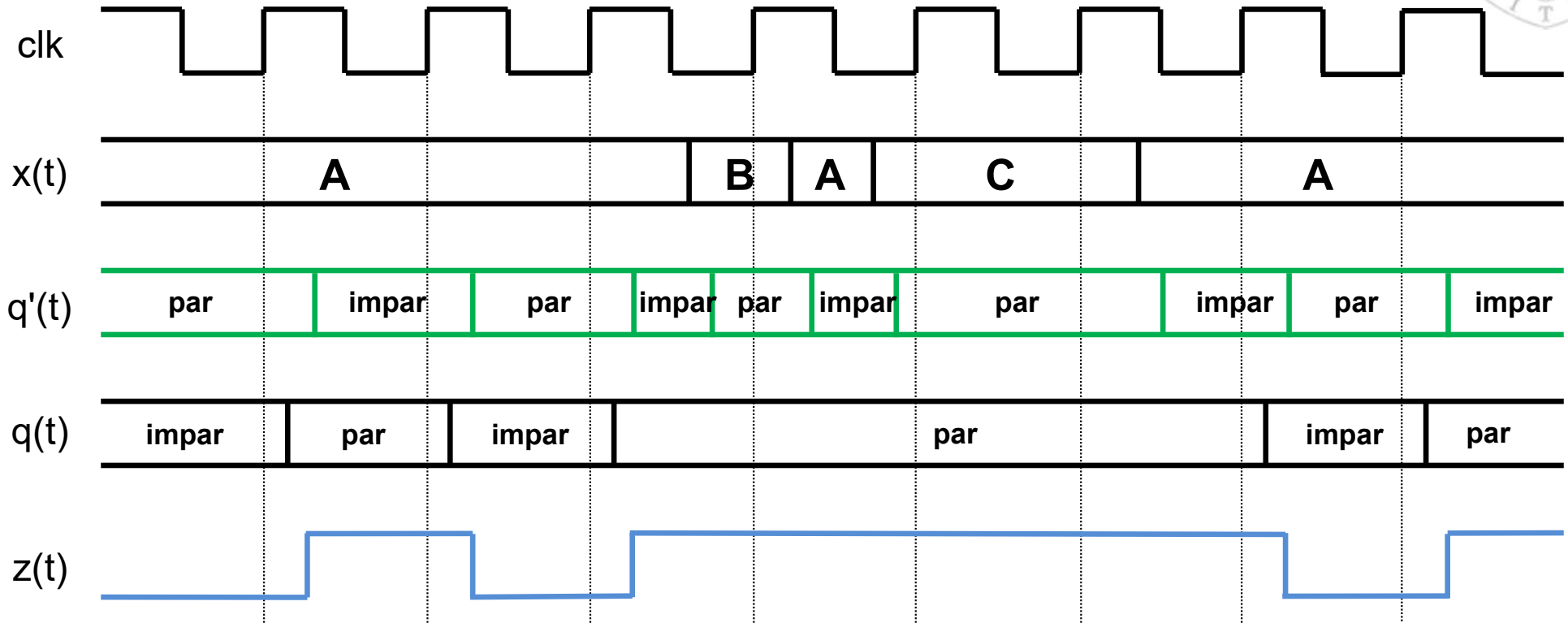
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

59





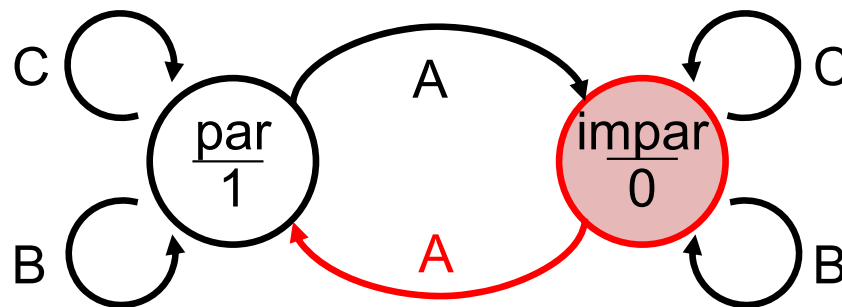
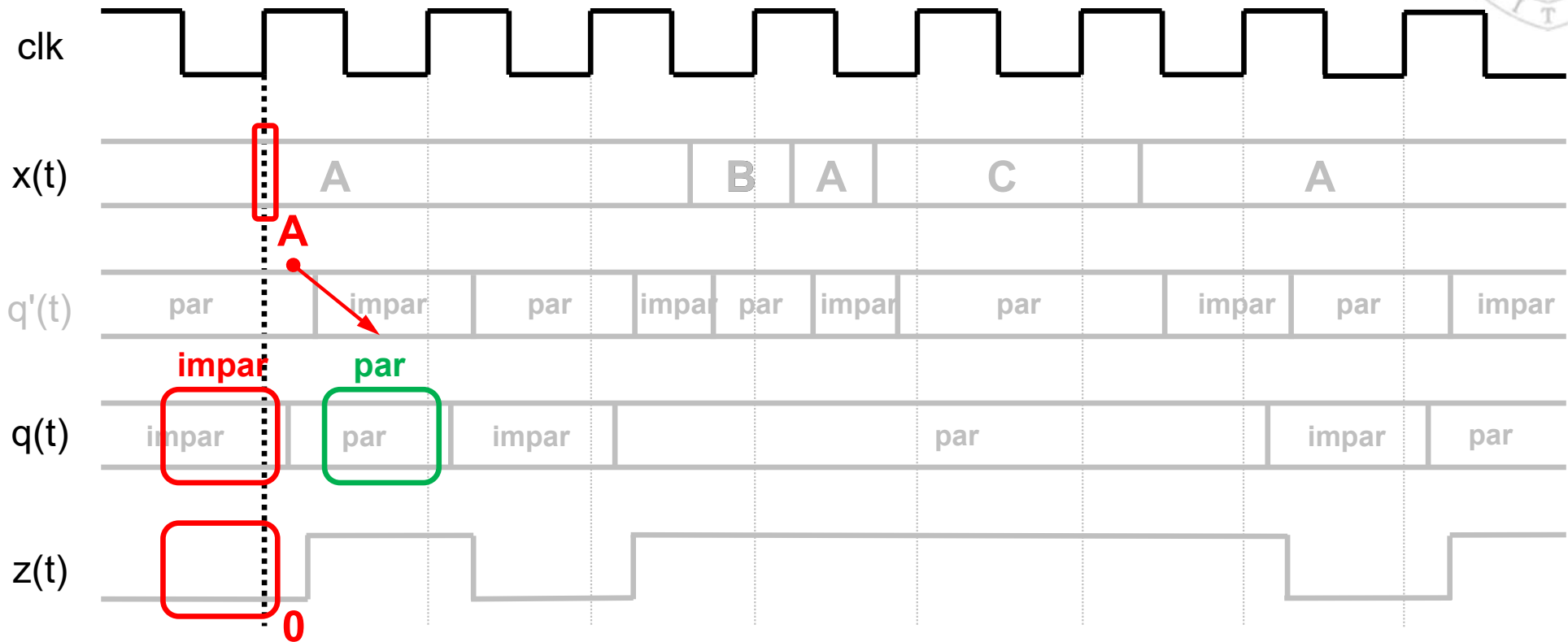
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

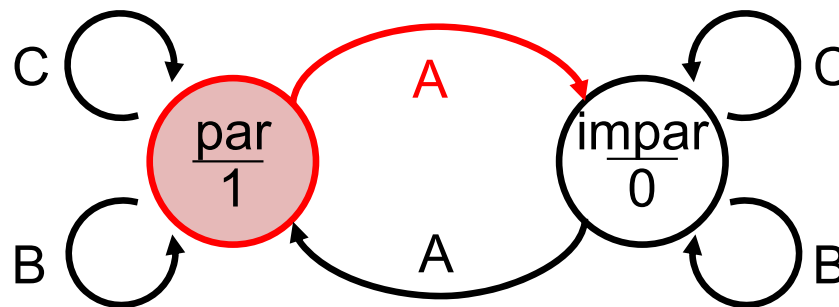
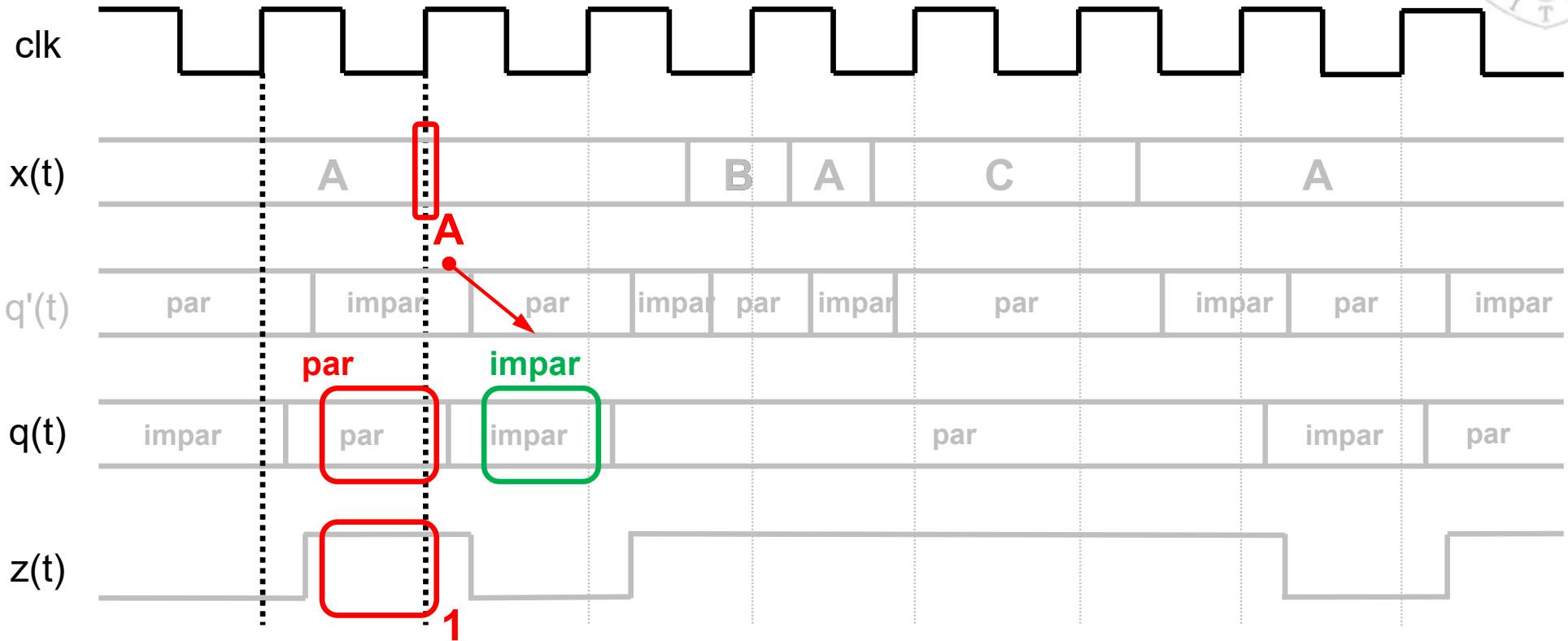
FC-1

60





# Máquina de Moore





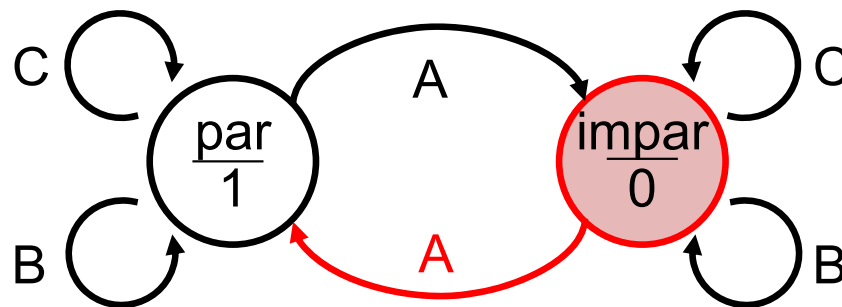
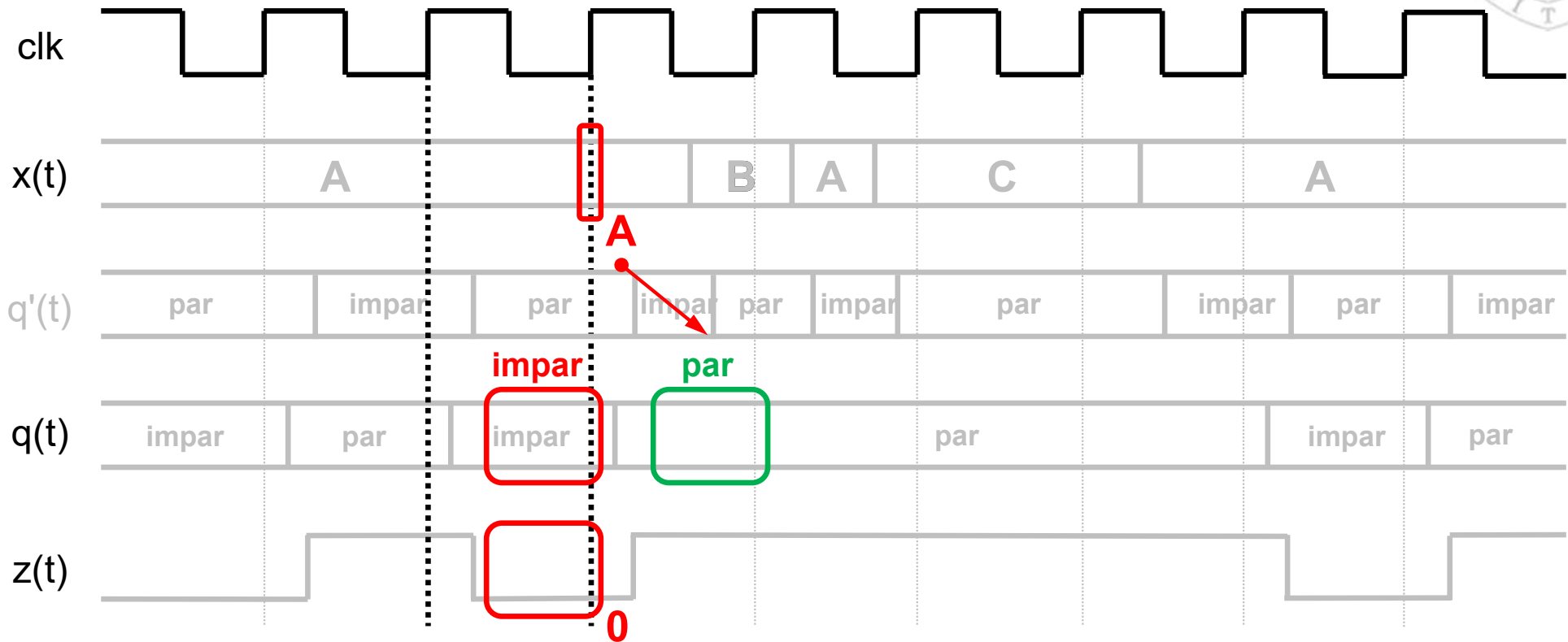
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

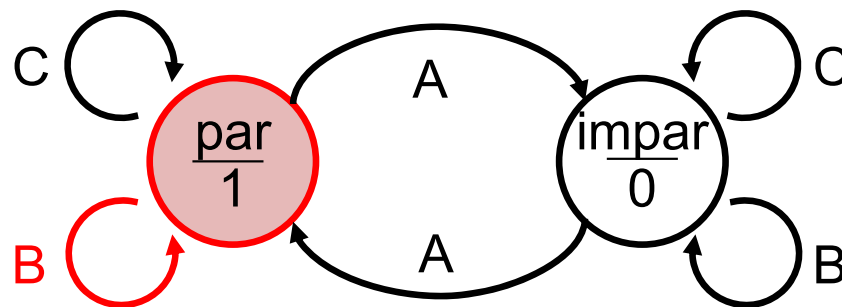
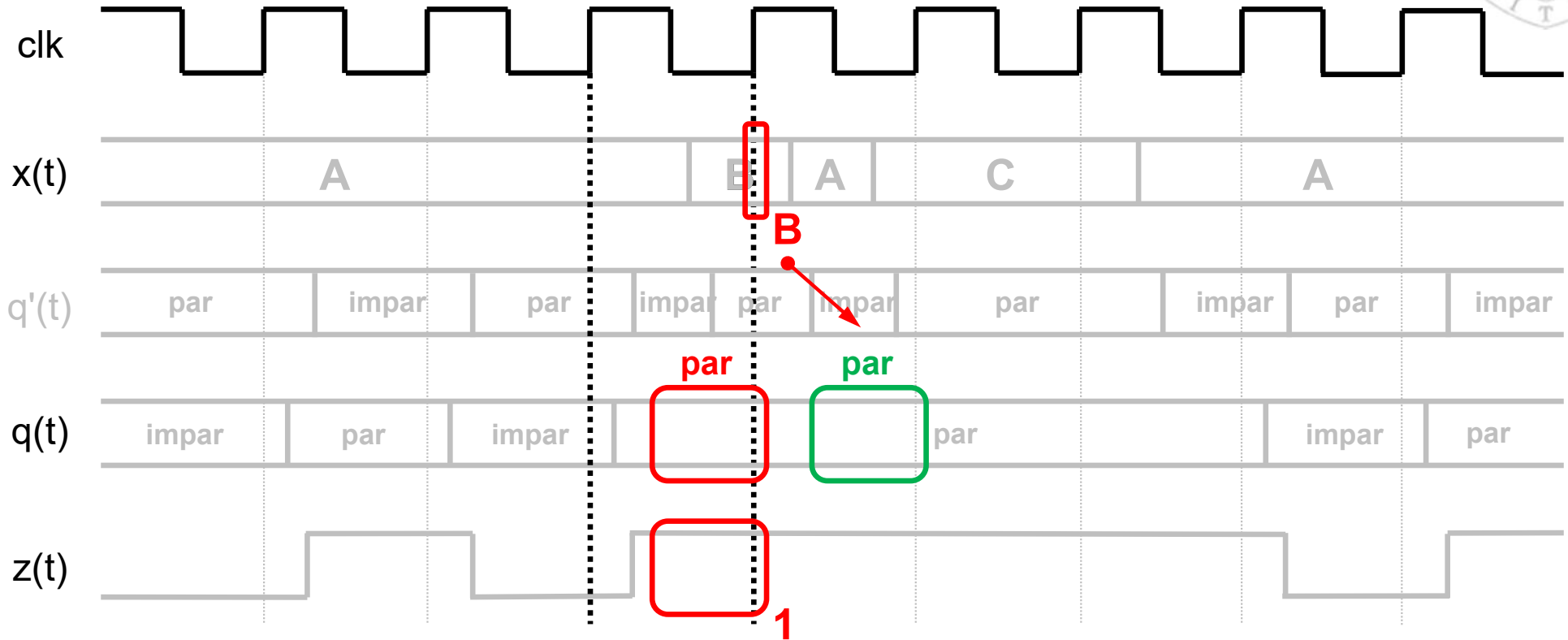
FC-1

62





# Máquina de Moore





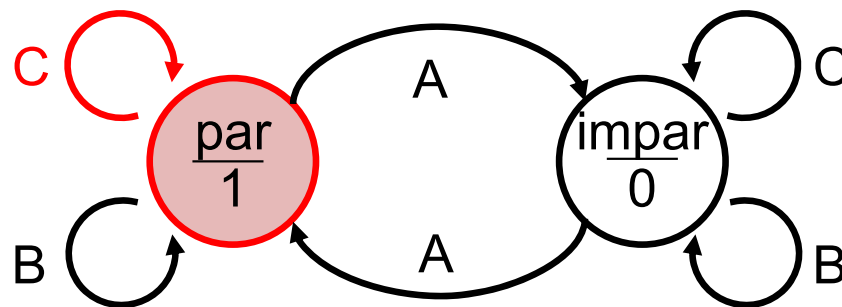
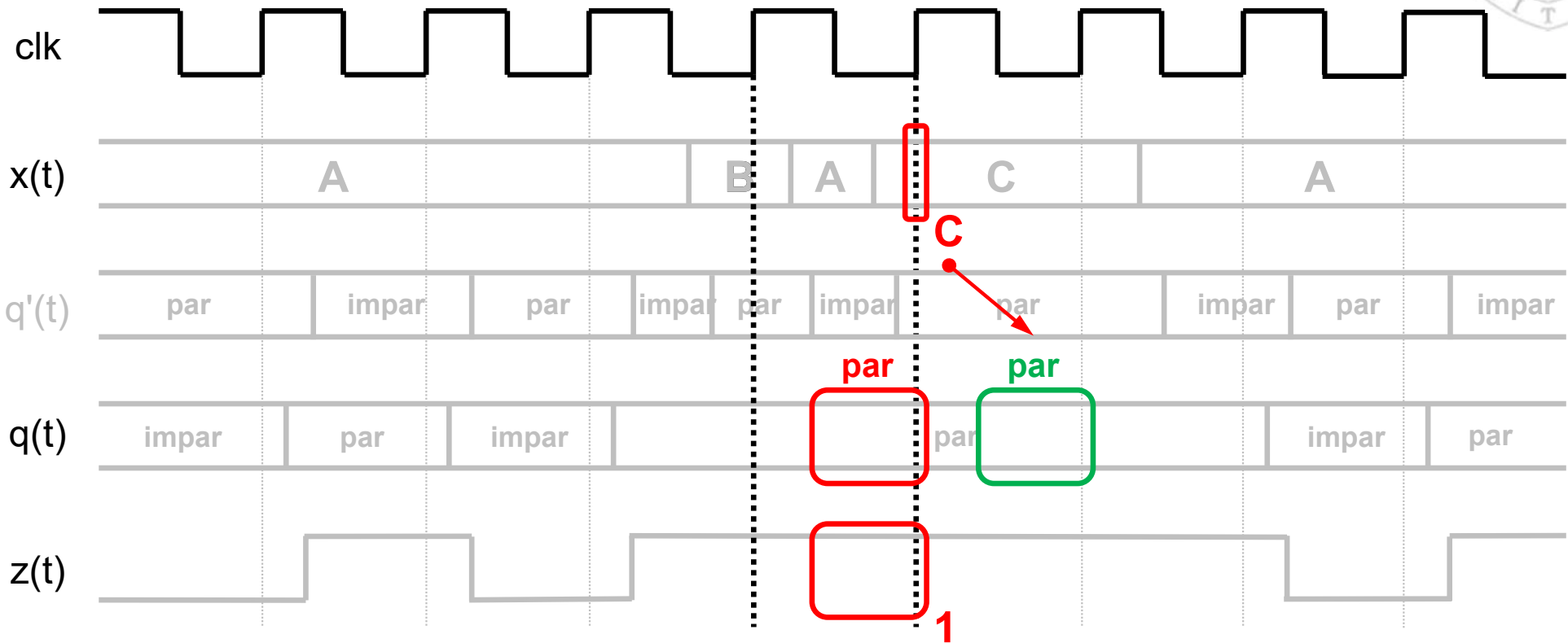
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

64







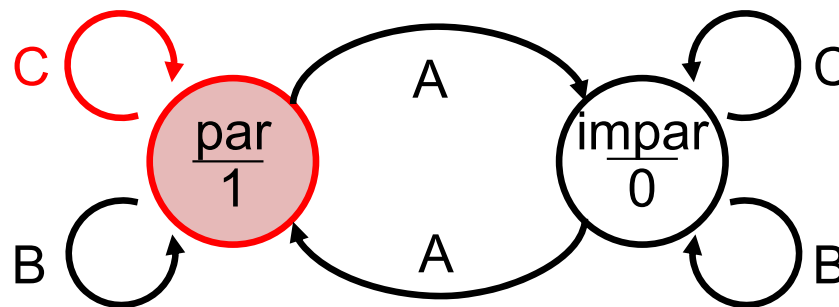
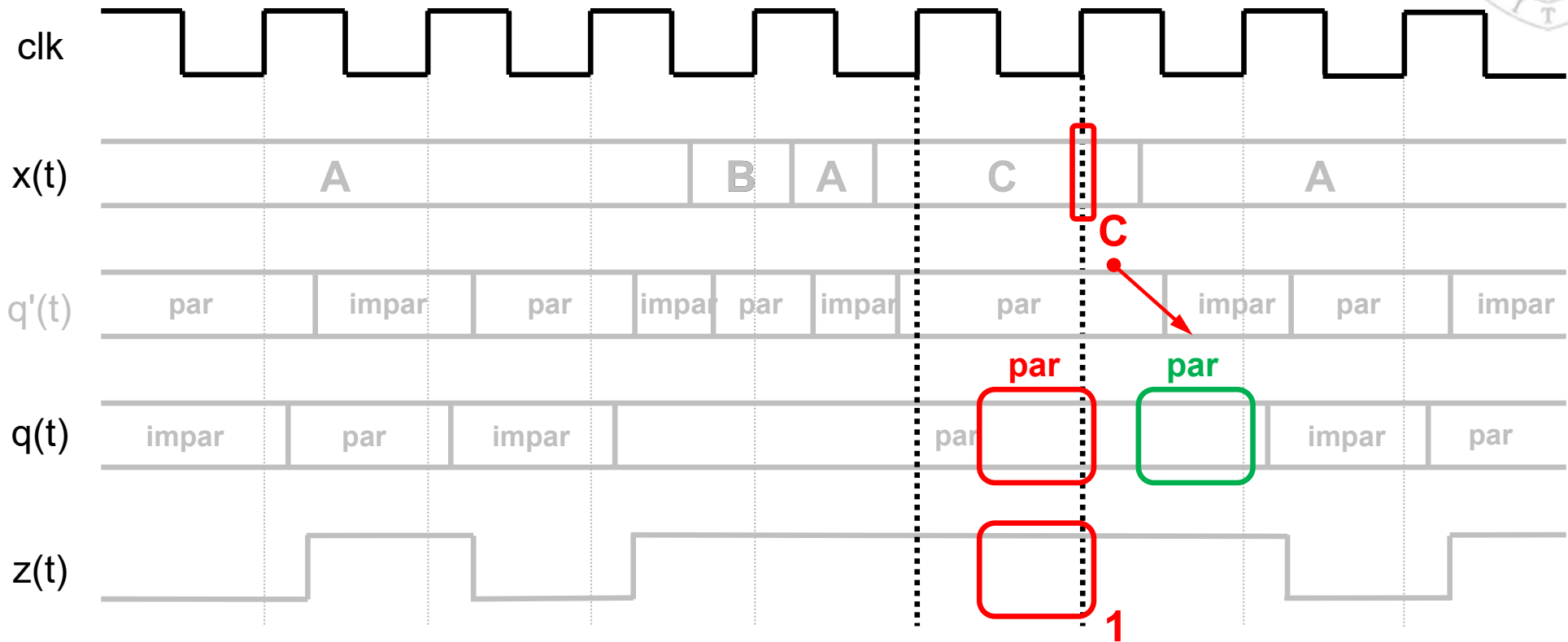
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

65





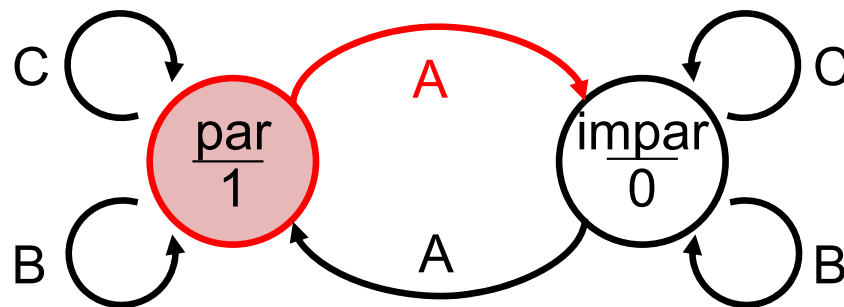
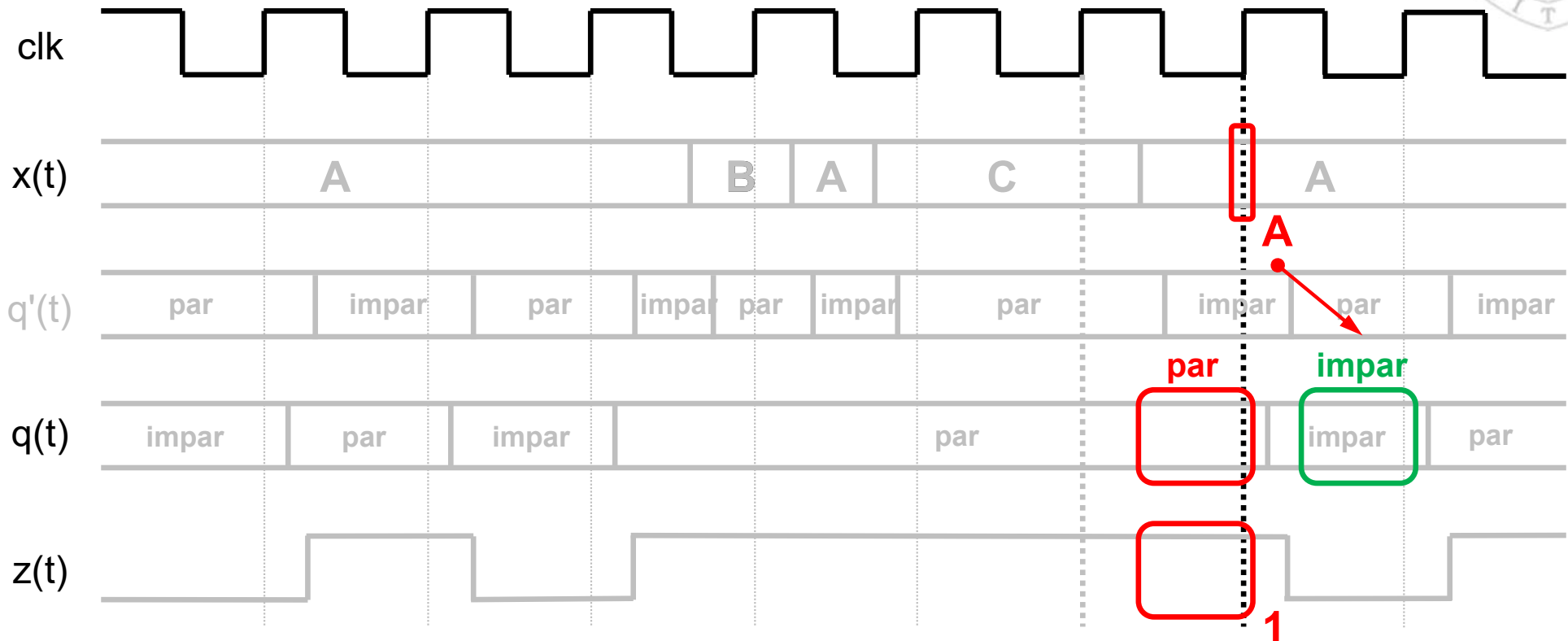
# Máquina de Moore

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

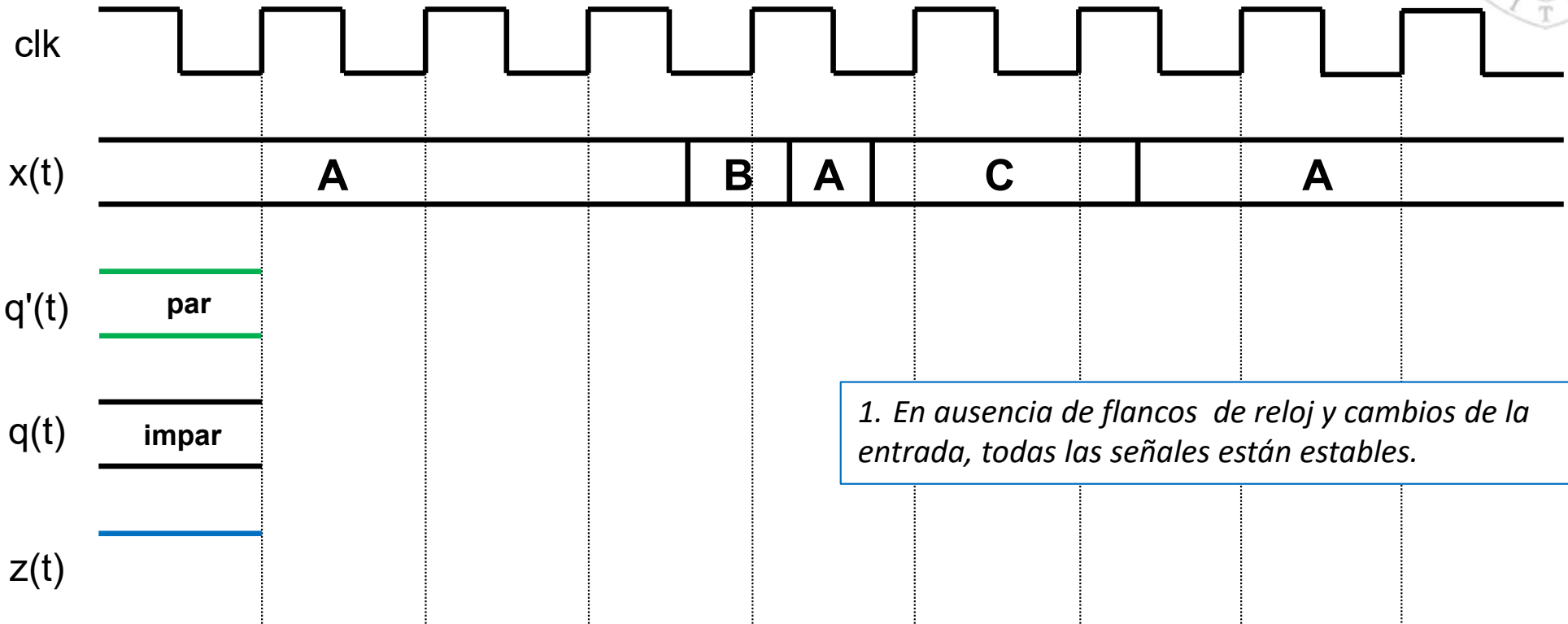
FC-1

66

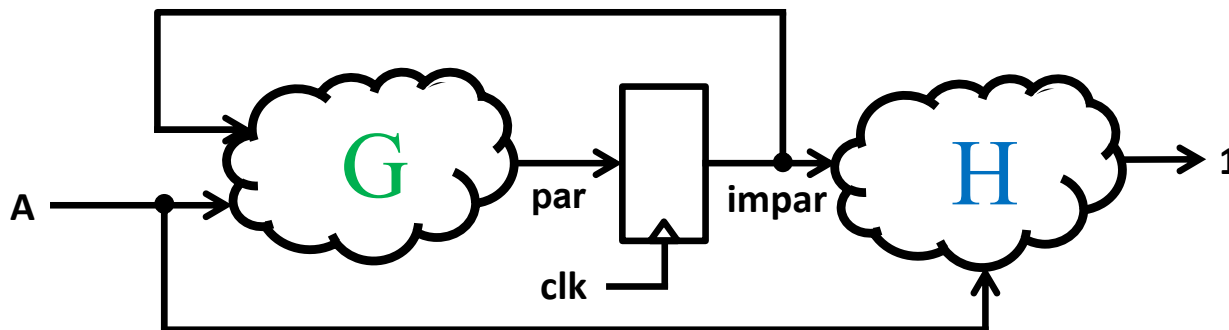




# Máquina de Mealy



1. En ausencia de flancos de reloj y cambios de la entrada, todas las señales están estables.



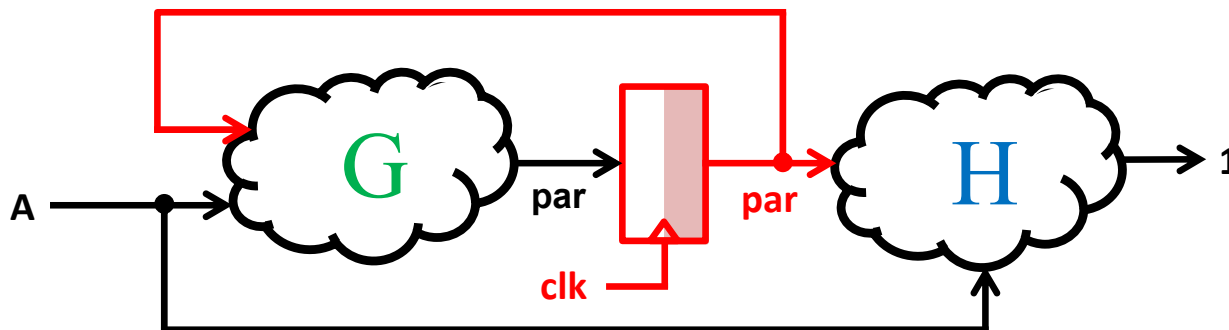
q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



# Máquina de Mealy



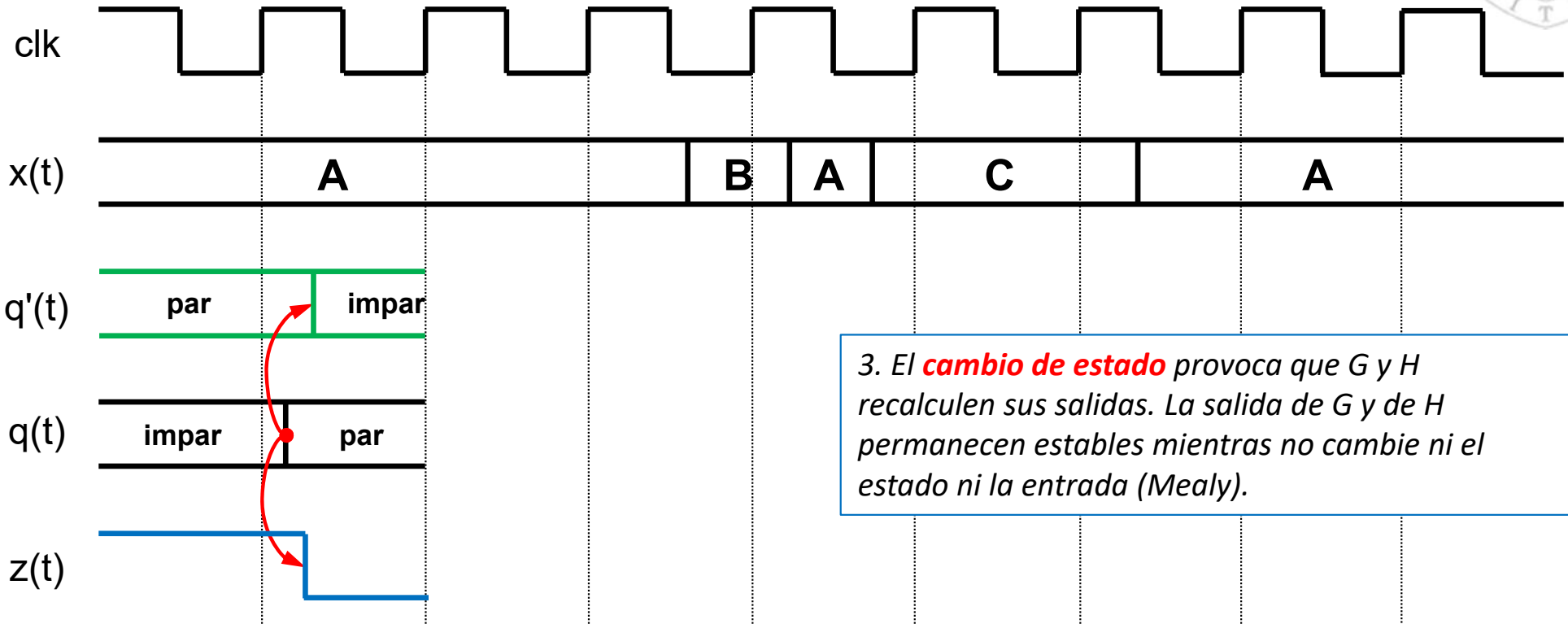
**2. Llega el flanco de reloj:** el registro de estado carga el valor que tiene a su entrada y lo pone a su salida. La salida del registro queda estable hasta el siguiente flanco de reloj.



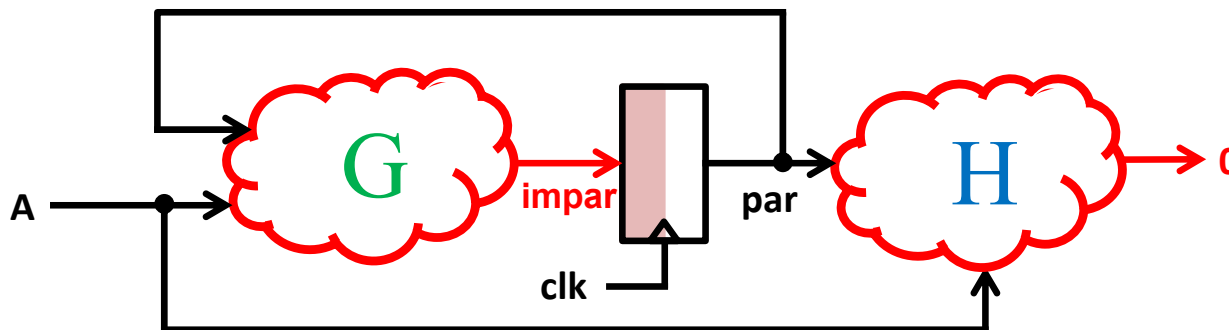
q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



# Máquina de Mealy



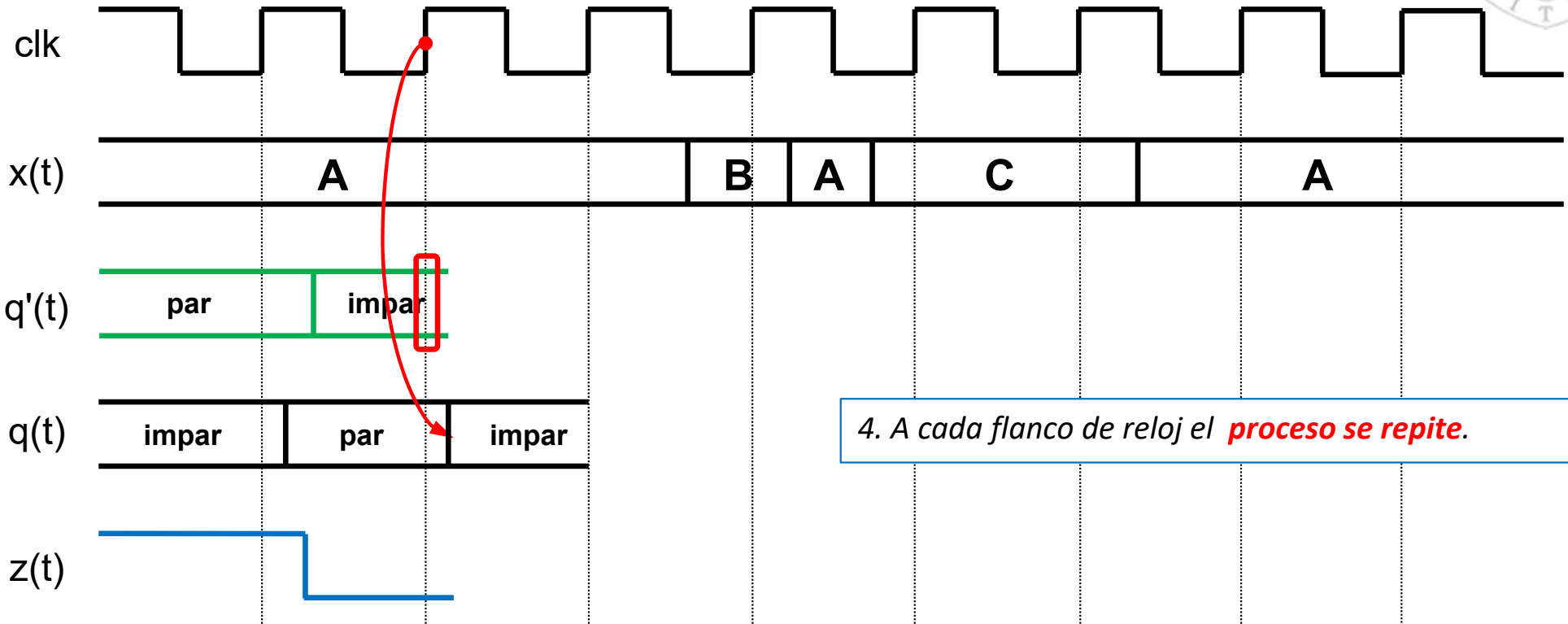
3. El **cambio de estado** provoca que G y H recalculen sus salidas. La salida de G y de H permanecen estables mientras no cambie ni el estado ni la entrada (Mealy).



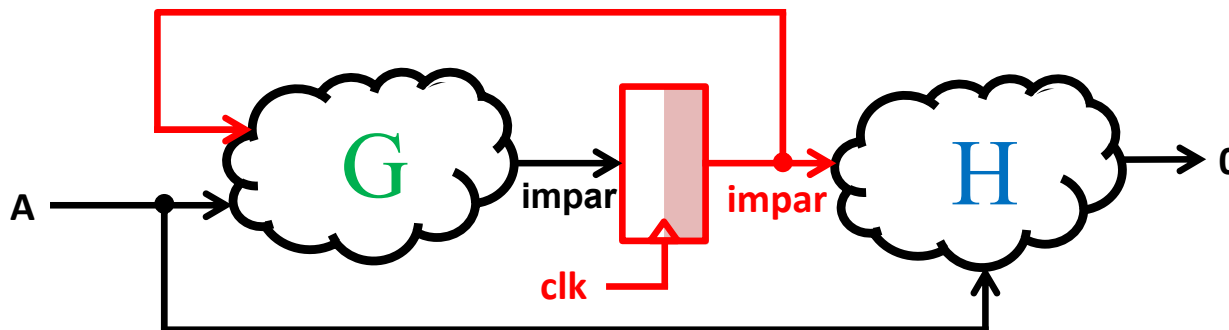
q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



# Máquina de Mealy



4. A cada flanco de reloj el **proceso se repite**.



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



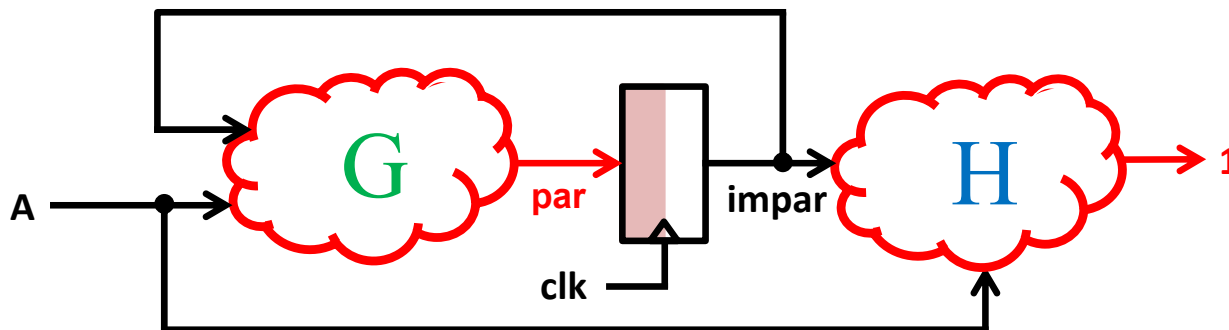
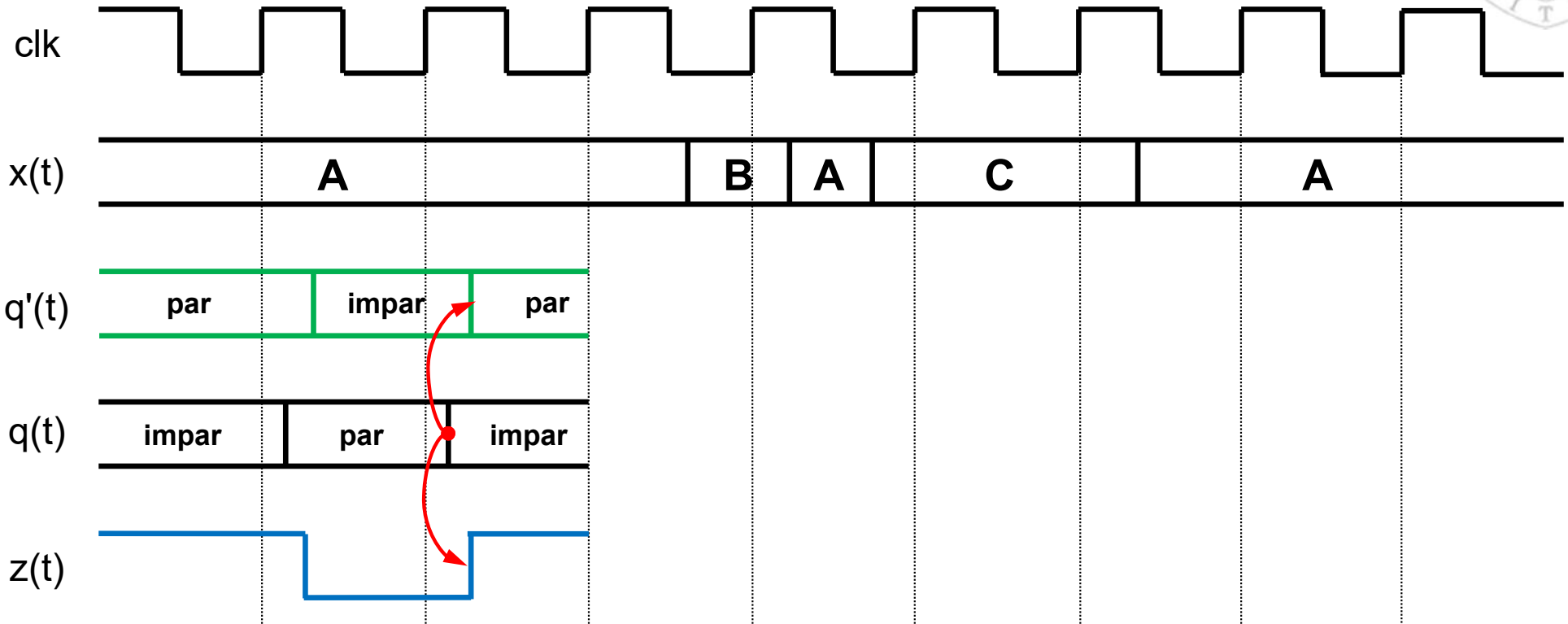
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

71



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



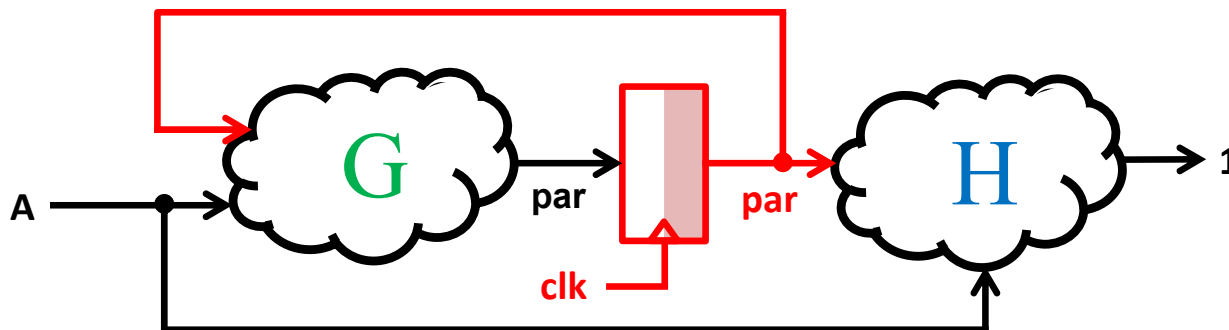
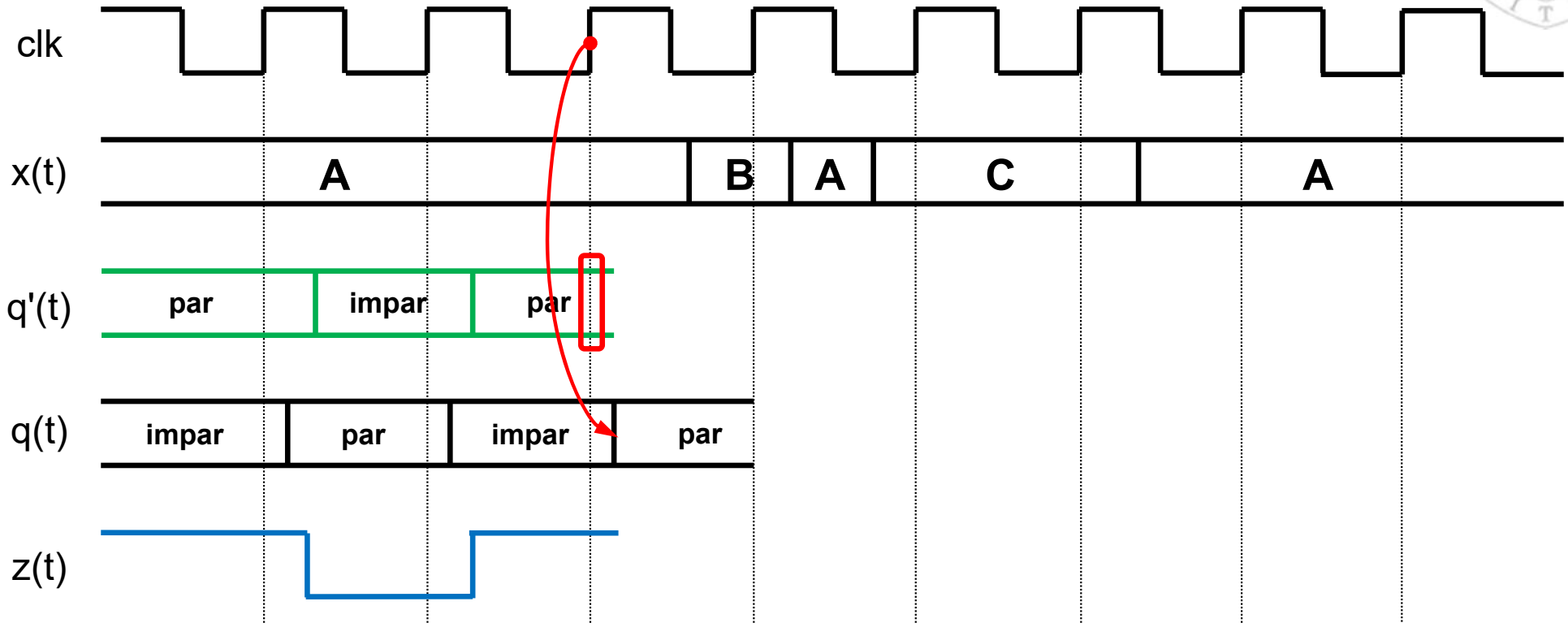
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

72

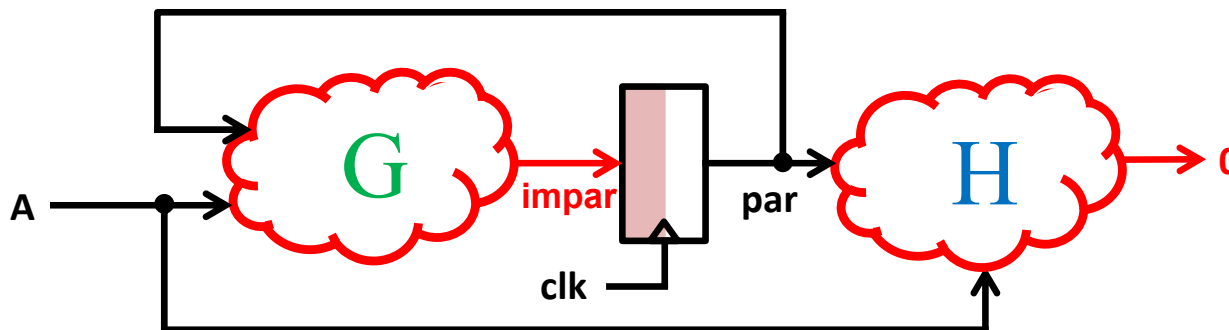
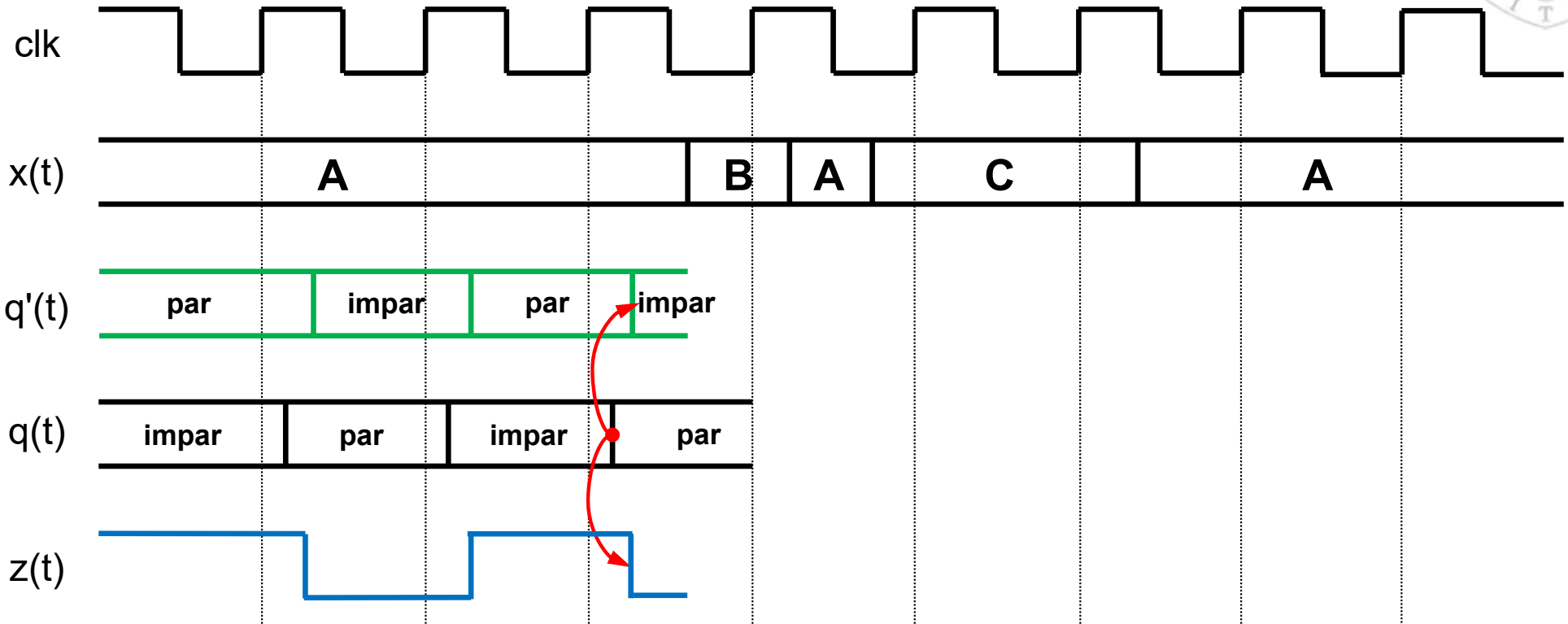


q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0





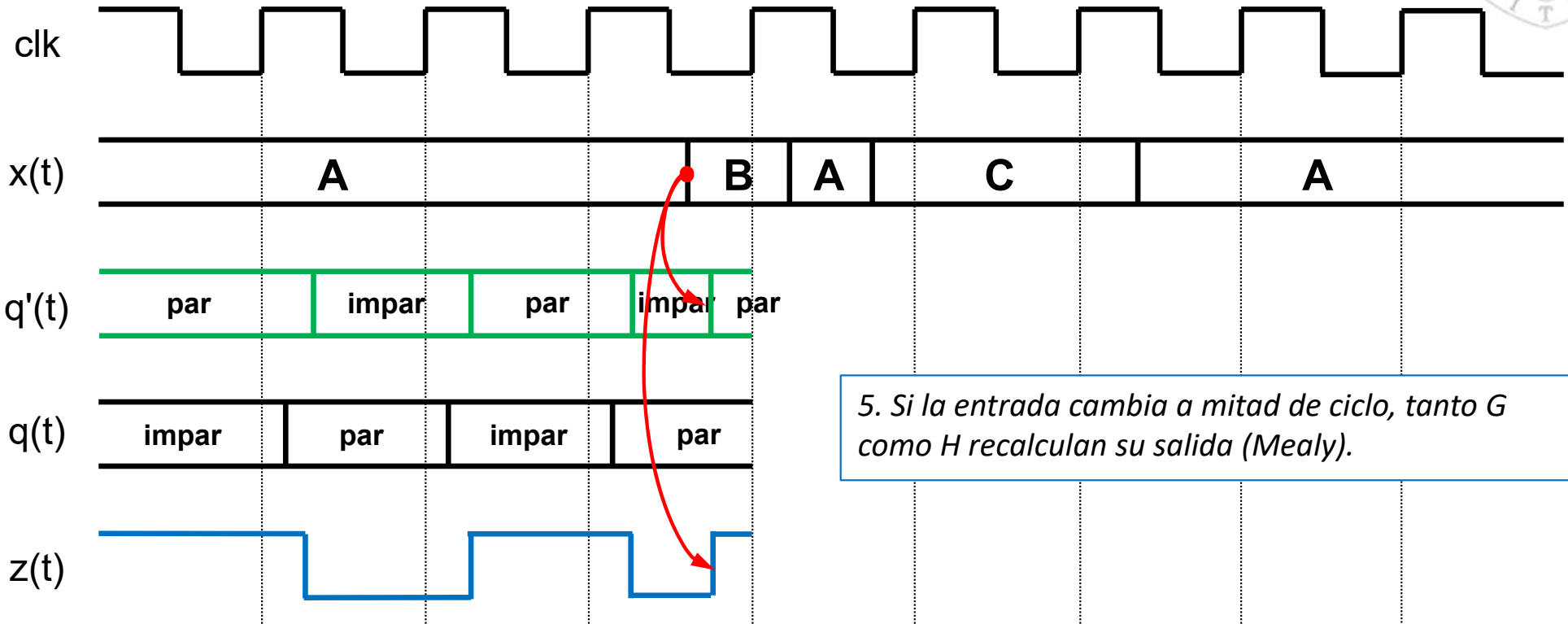
# Máquina de Mealy



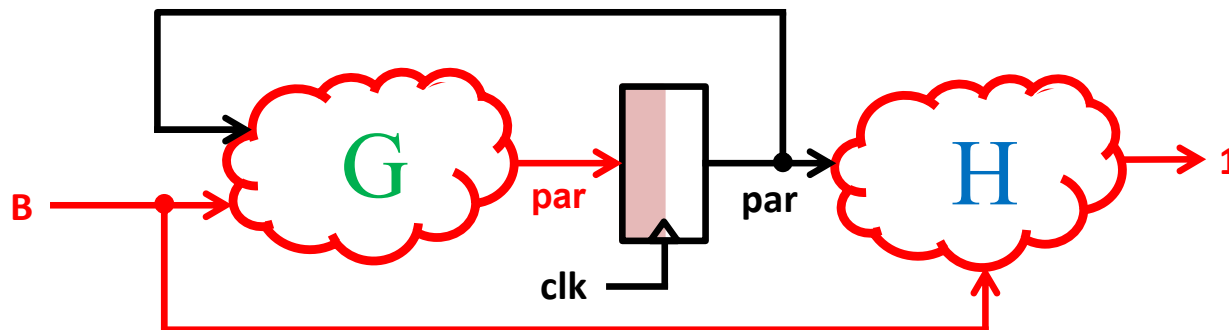
q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



# Máquina de Mealy



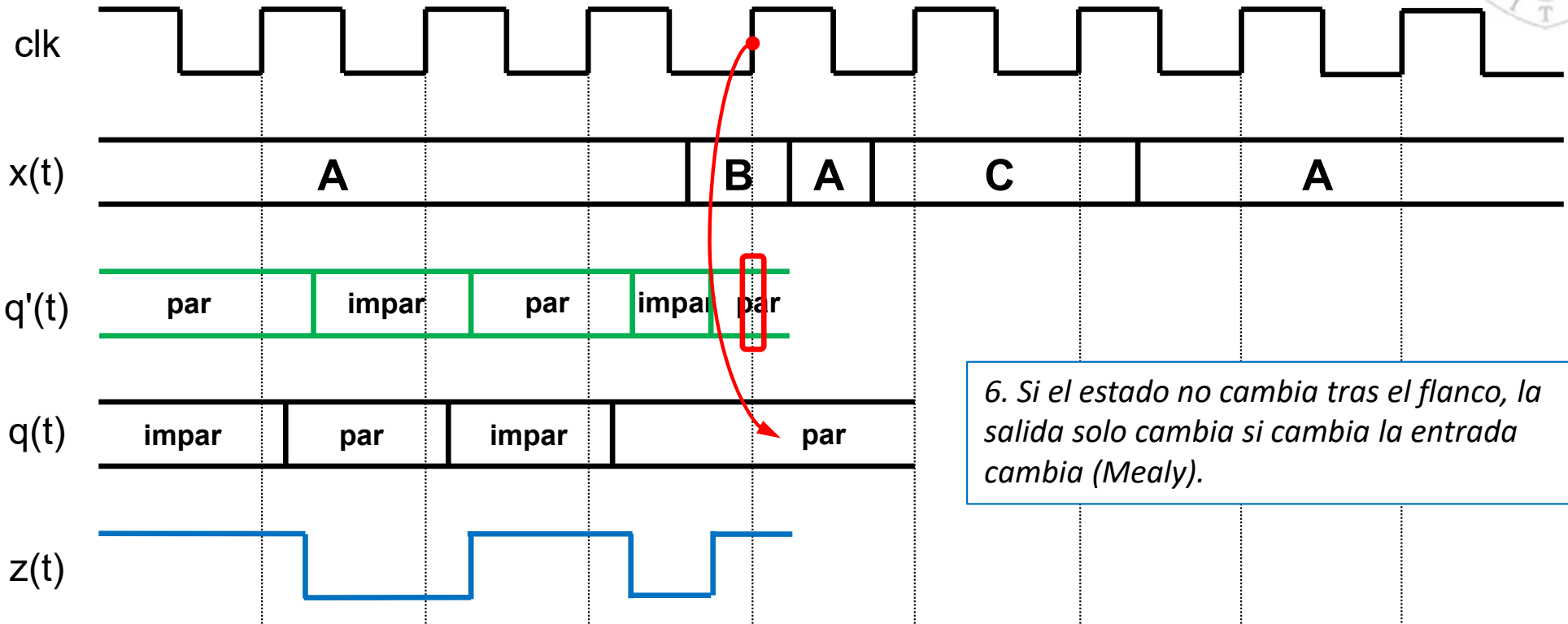
5. Si la entrada cambia a mitad de ciclo, tanto G como H recalculan su salida (Mealy).



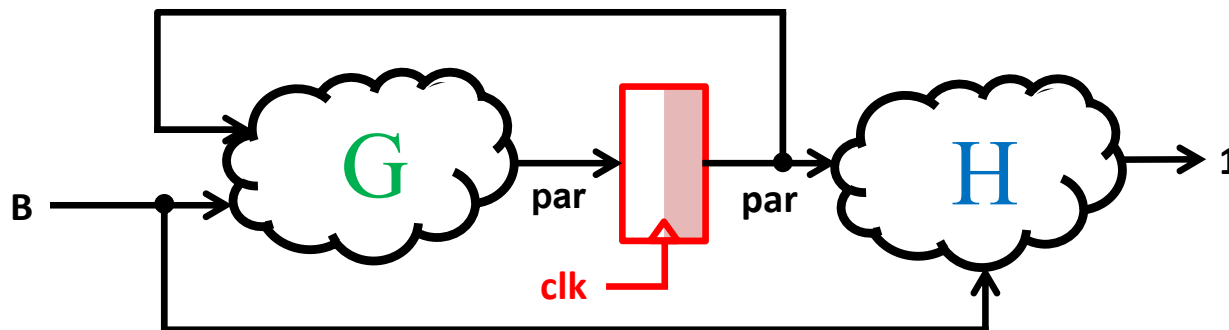
q	x	q'	z
par	A	impar	0
<b>par</b>	<b>B</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



# Máquina de Mealy



6. Si el estado no cambia tras el flanco, la salida solo cambia si cambia la entrada (Mealy).



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



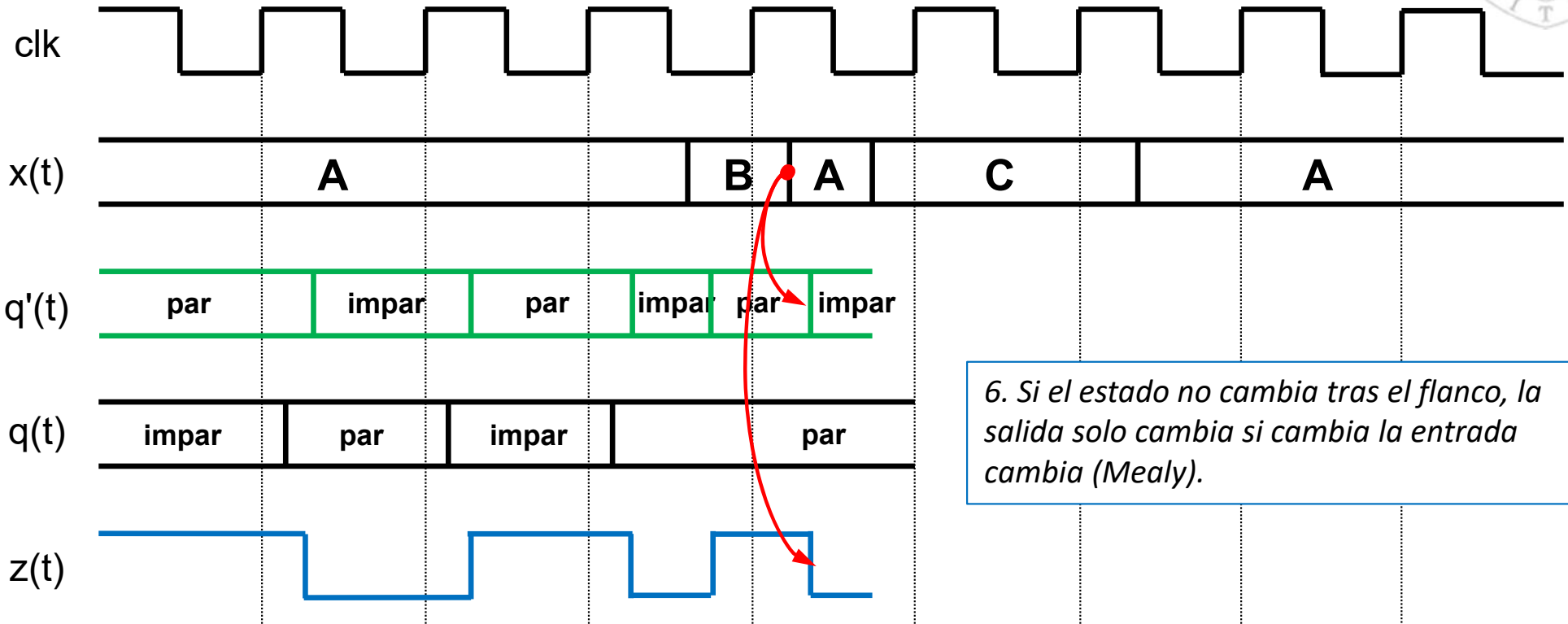
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

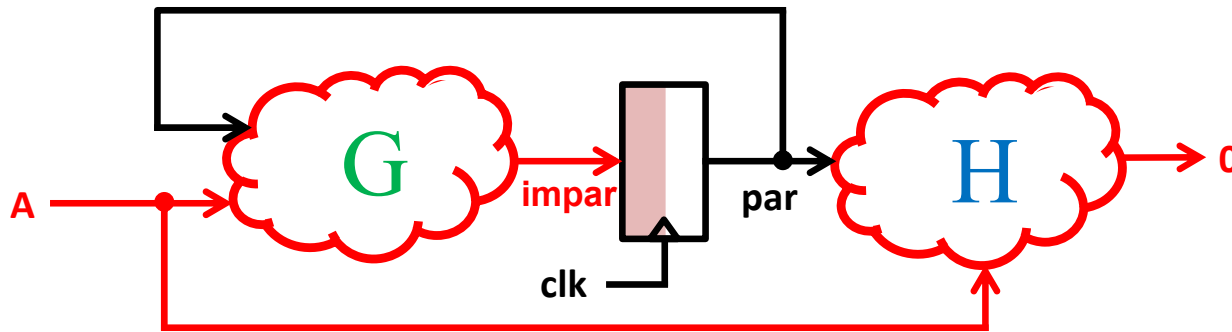
tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

76



6. Si el estado no cambia tras el flanco, la salida solo cambia si cambia la entrada (Mealy).



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



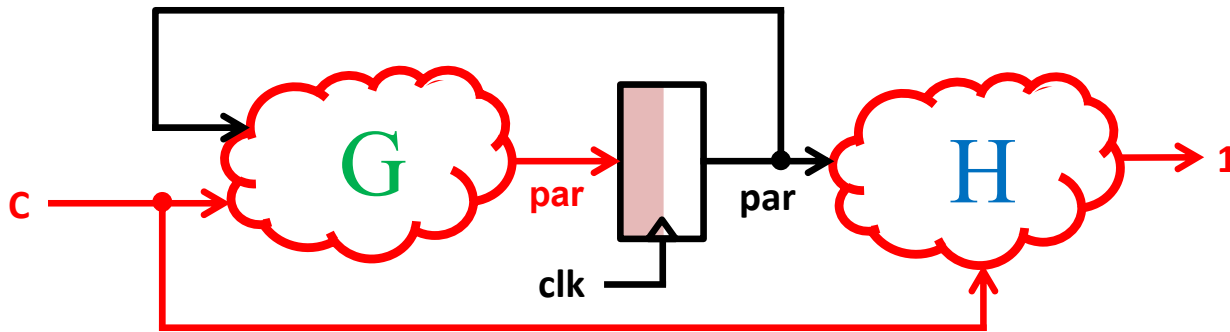
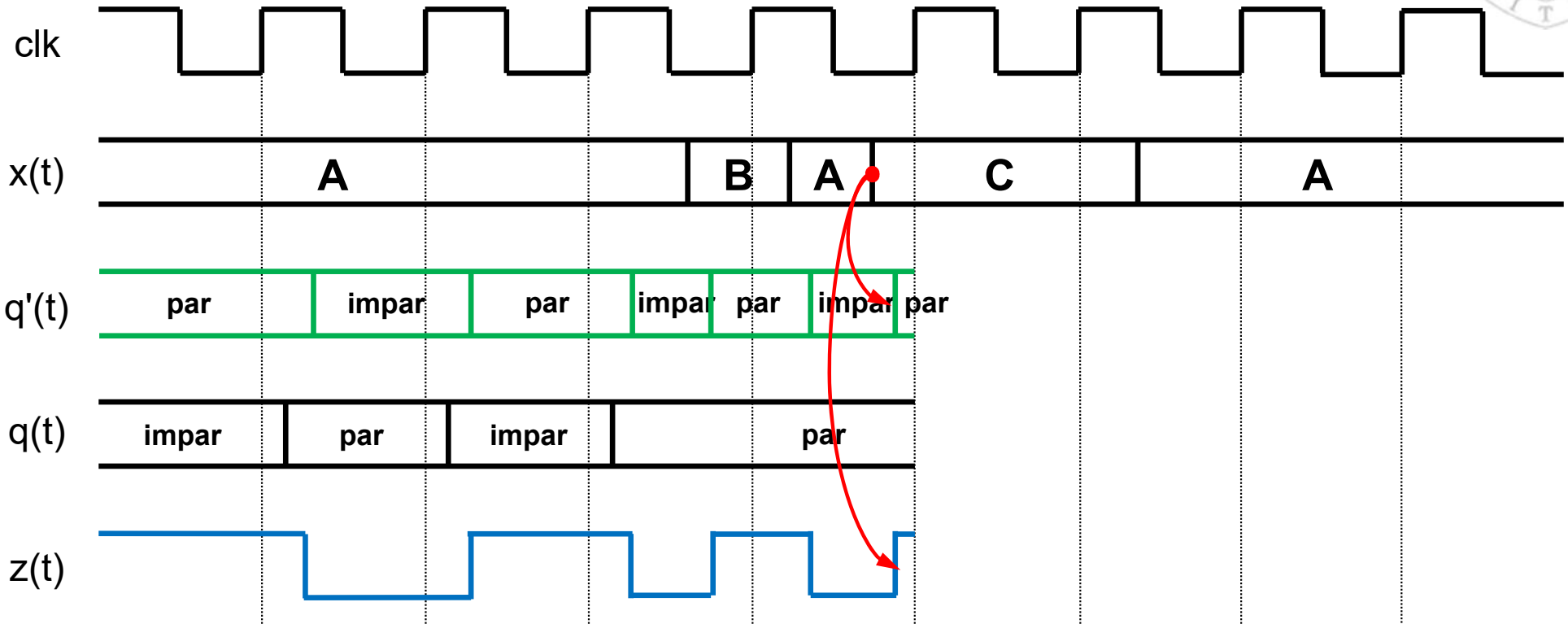
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

77



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
<b>par</b>	<b>C</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



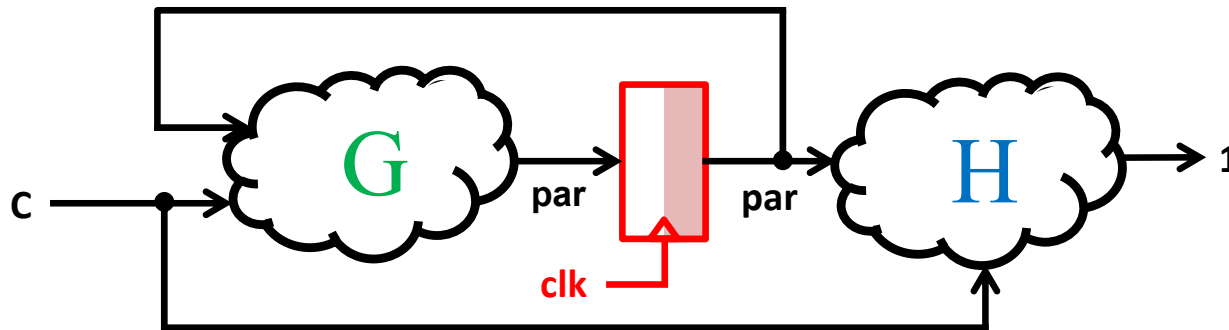
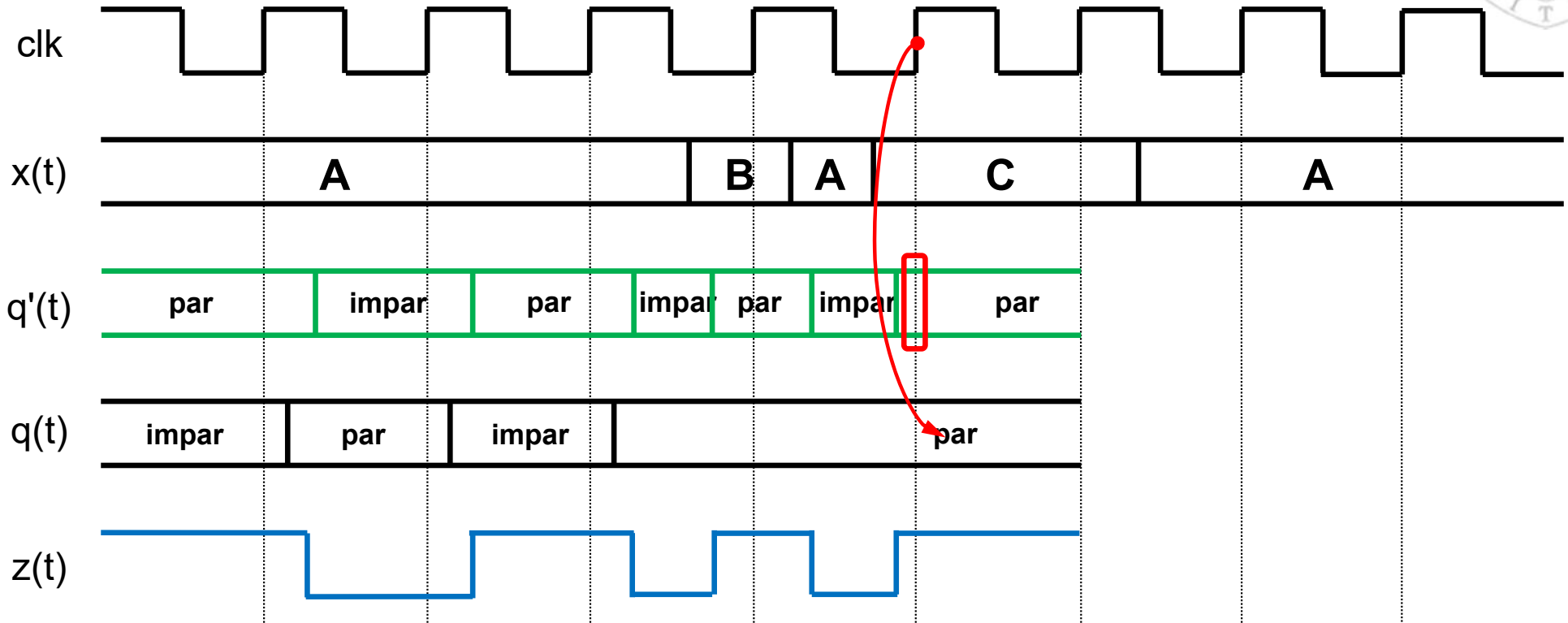
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

78



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



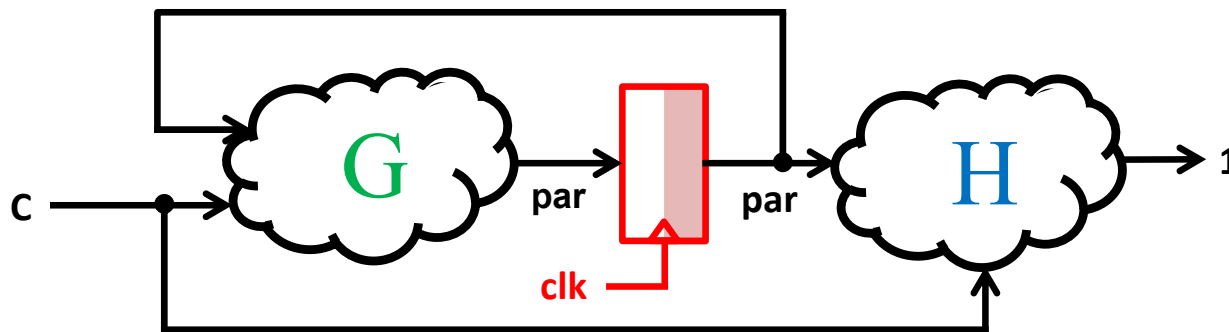
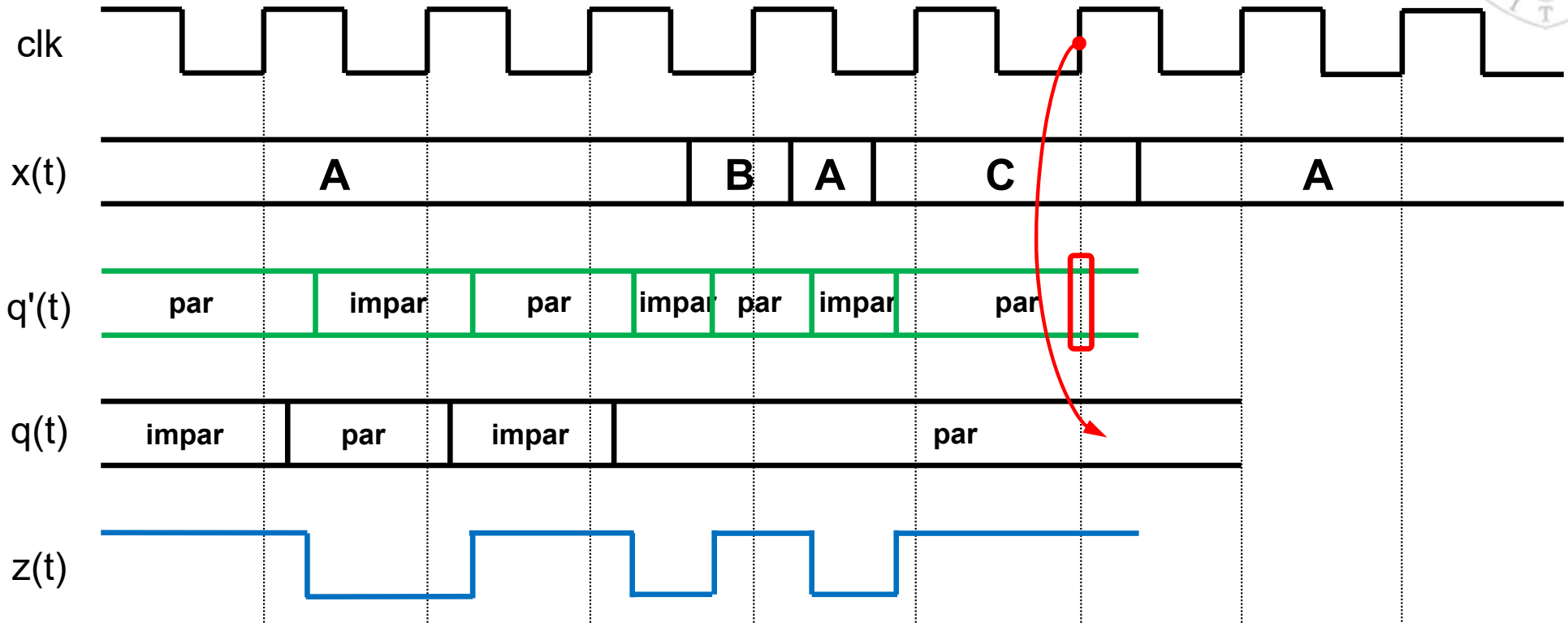
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

79



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



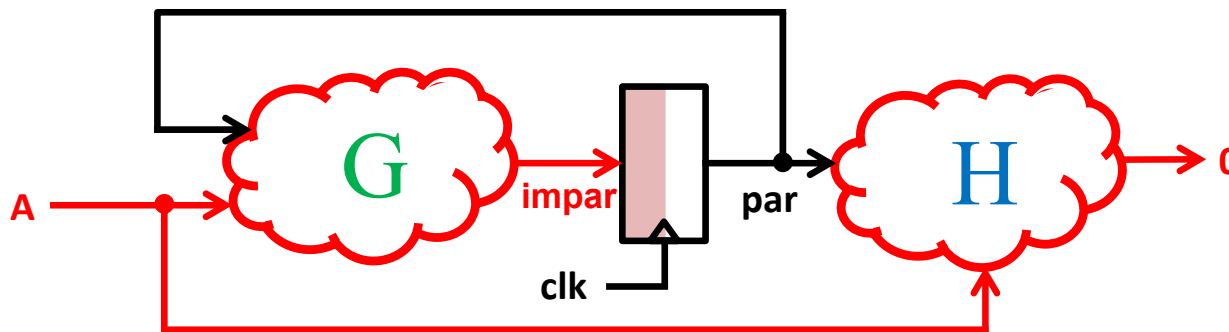
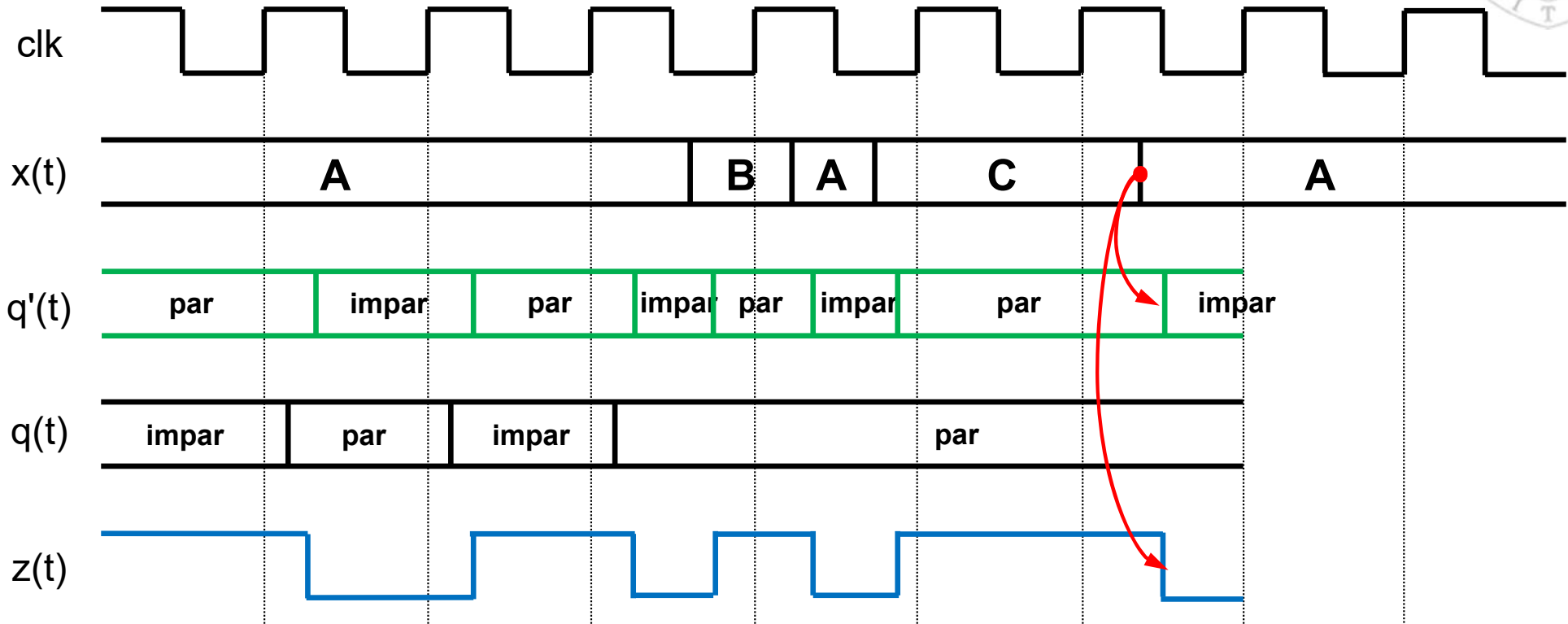
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

80



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0





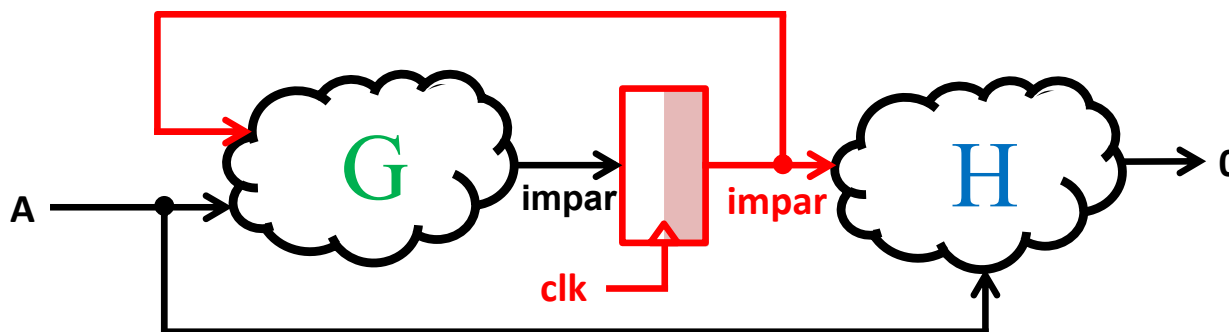
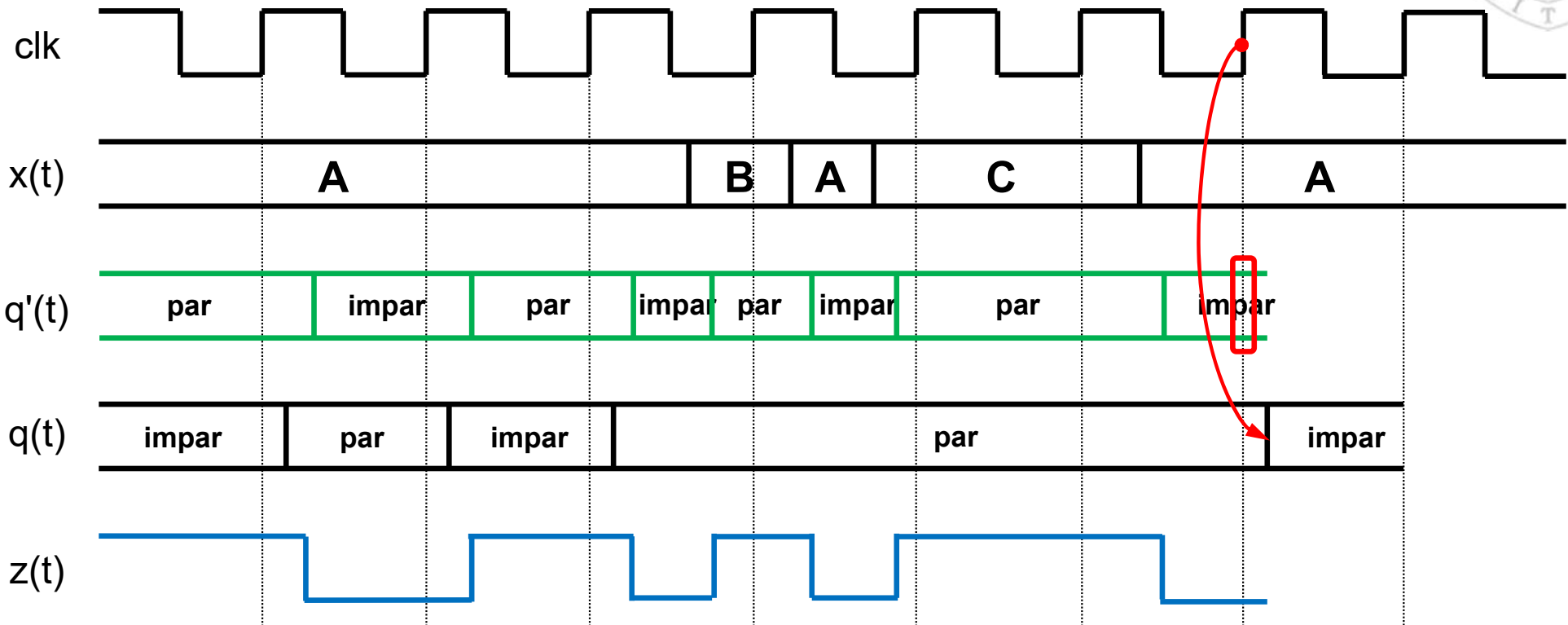
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

81



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



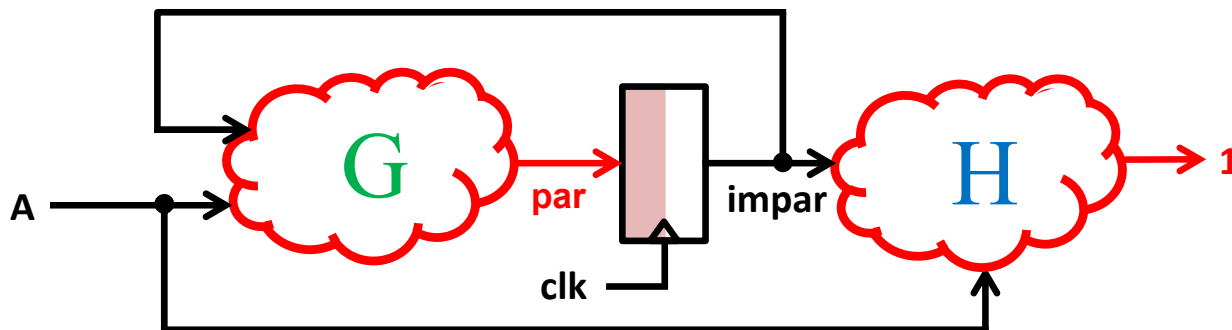
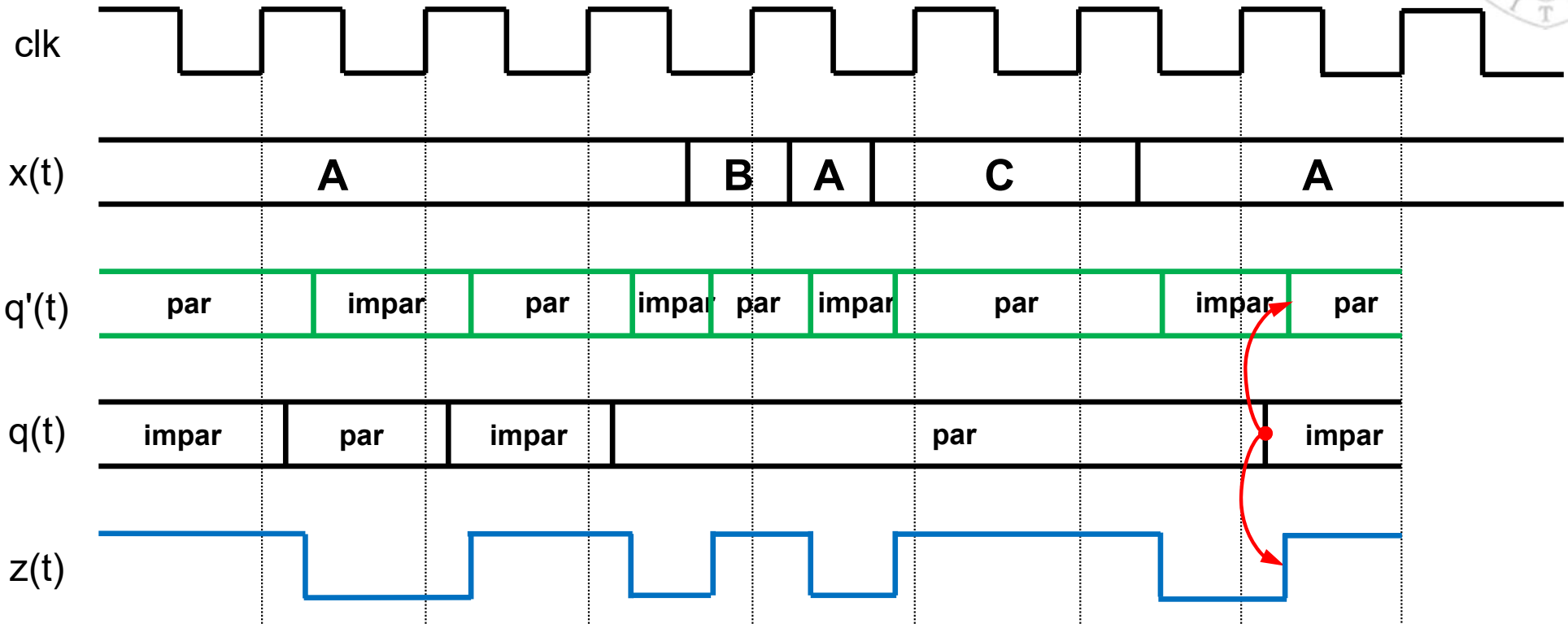
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

82



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
<b>impar</b>	<b>A</b>	<b>par</b>	<b>1</b>
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



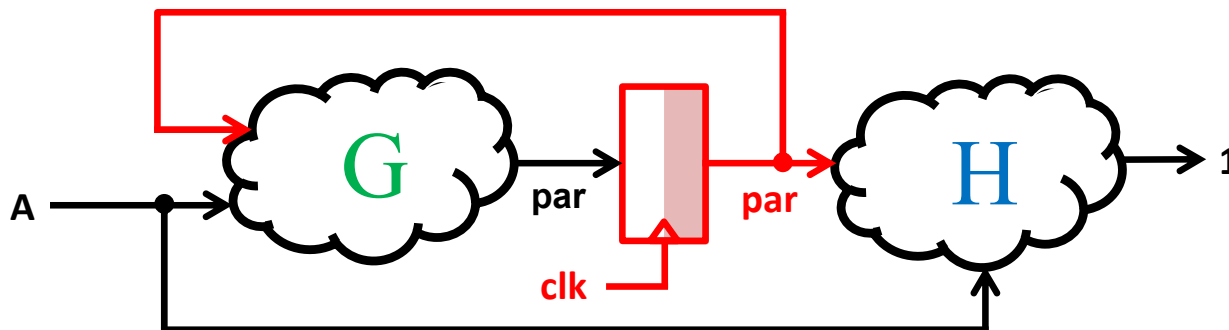
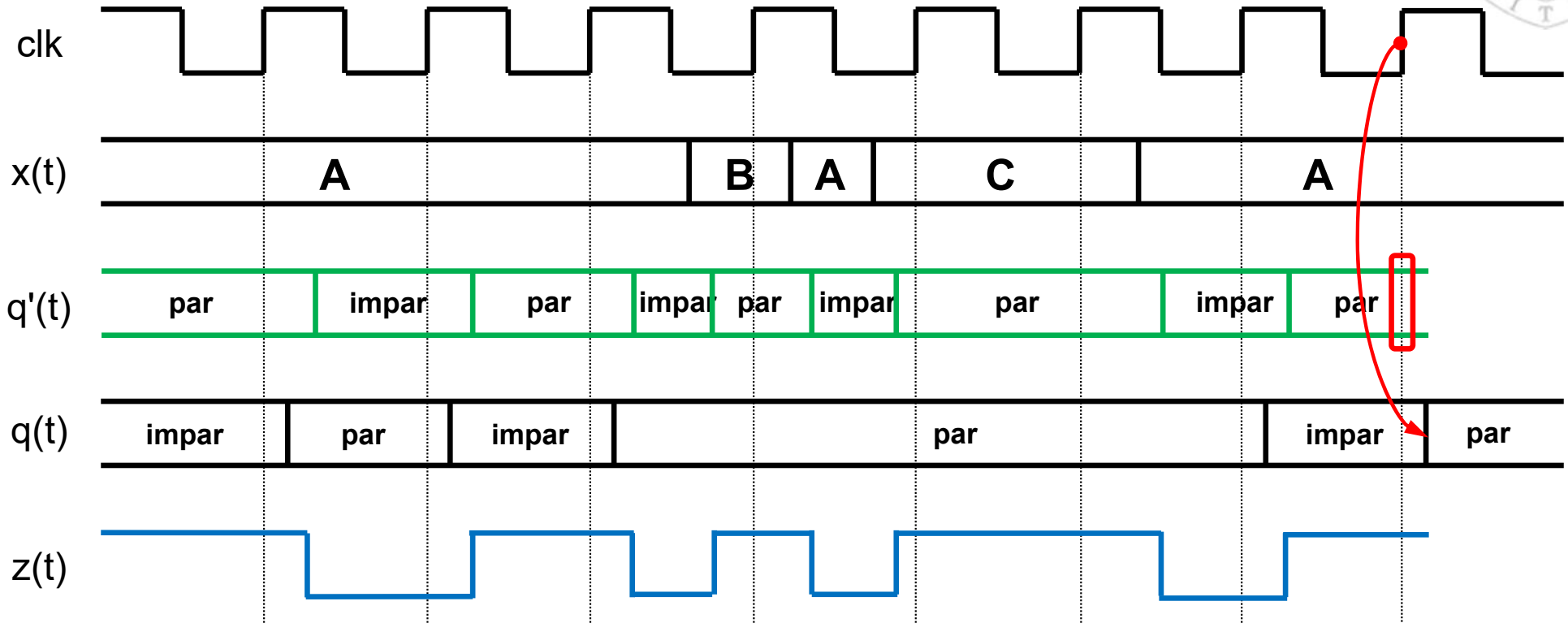
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

83



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



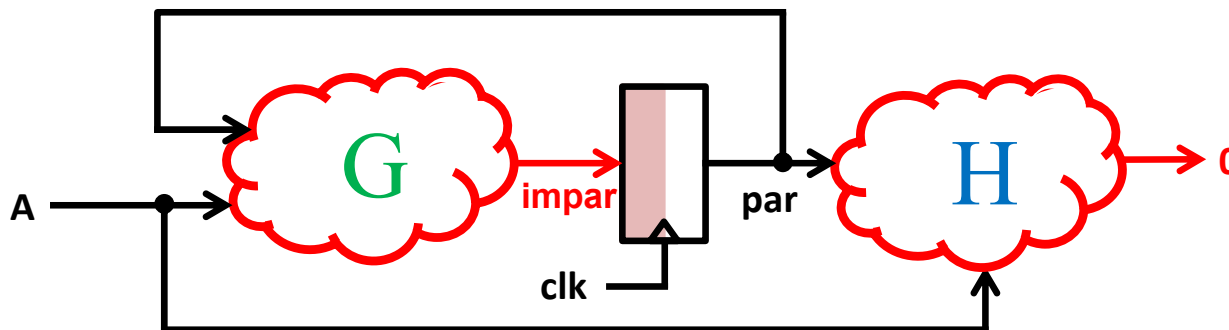
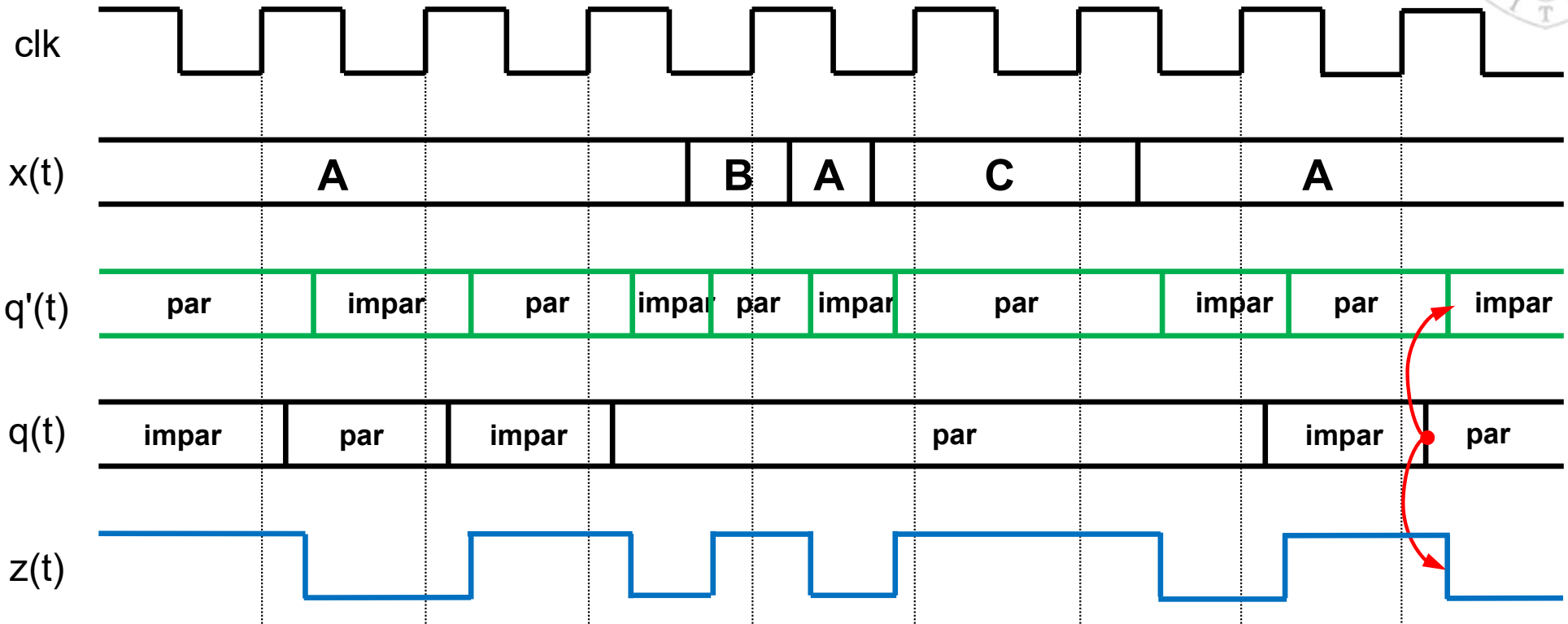
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

84



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



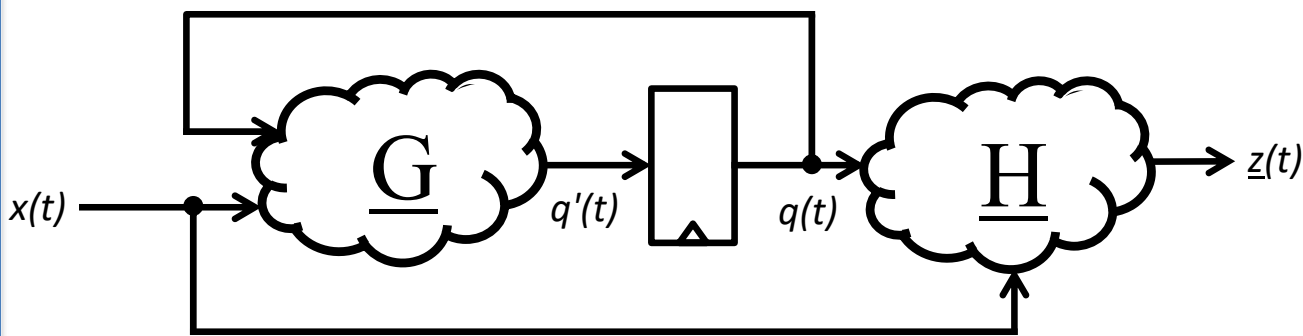
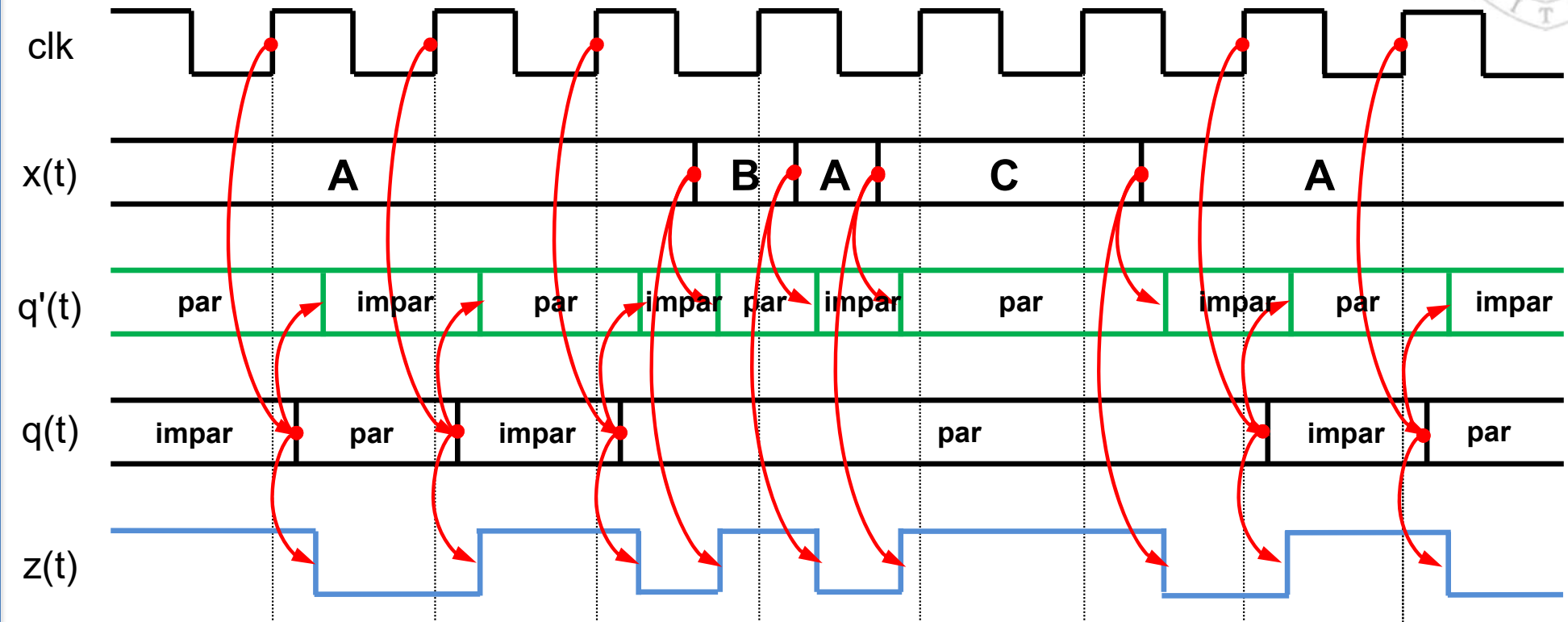
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5: Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

85



q	x	q'	z
par	A	impar	0
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



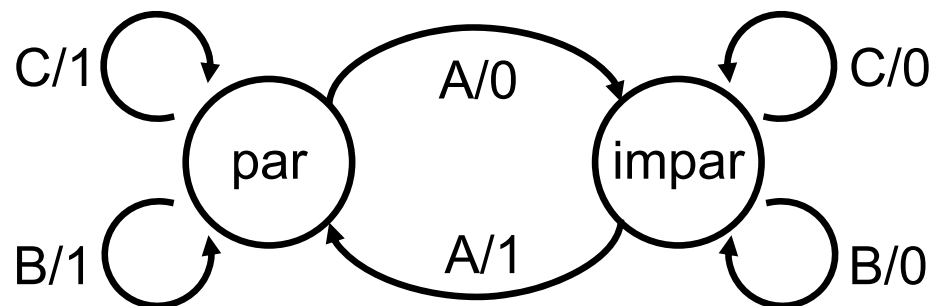
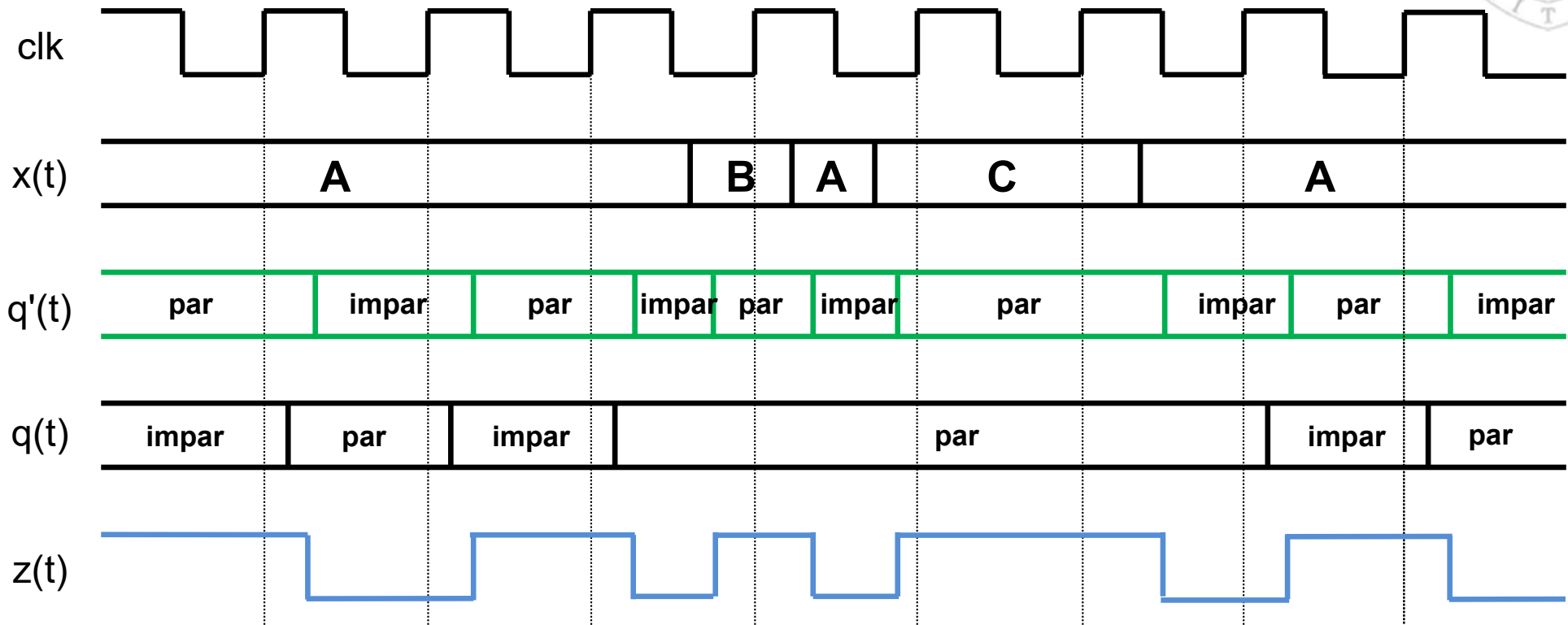
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

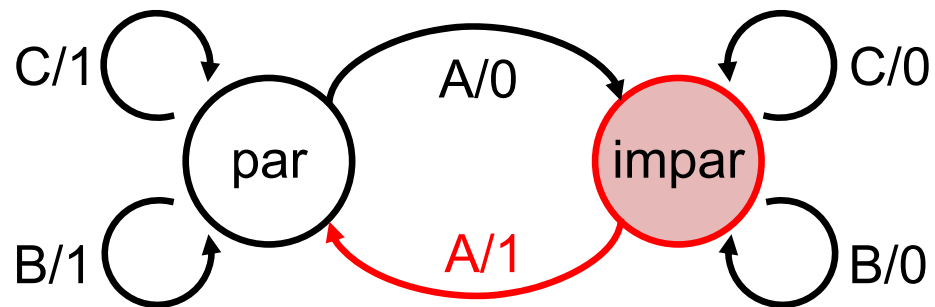
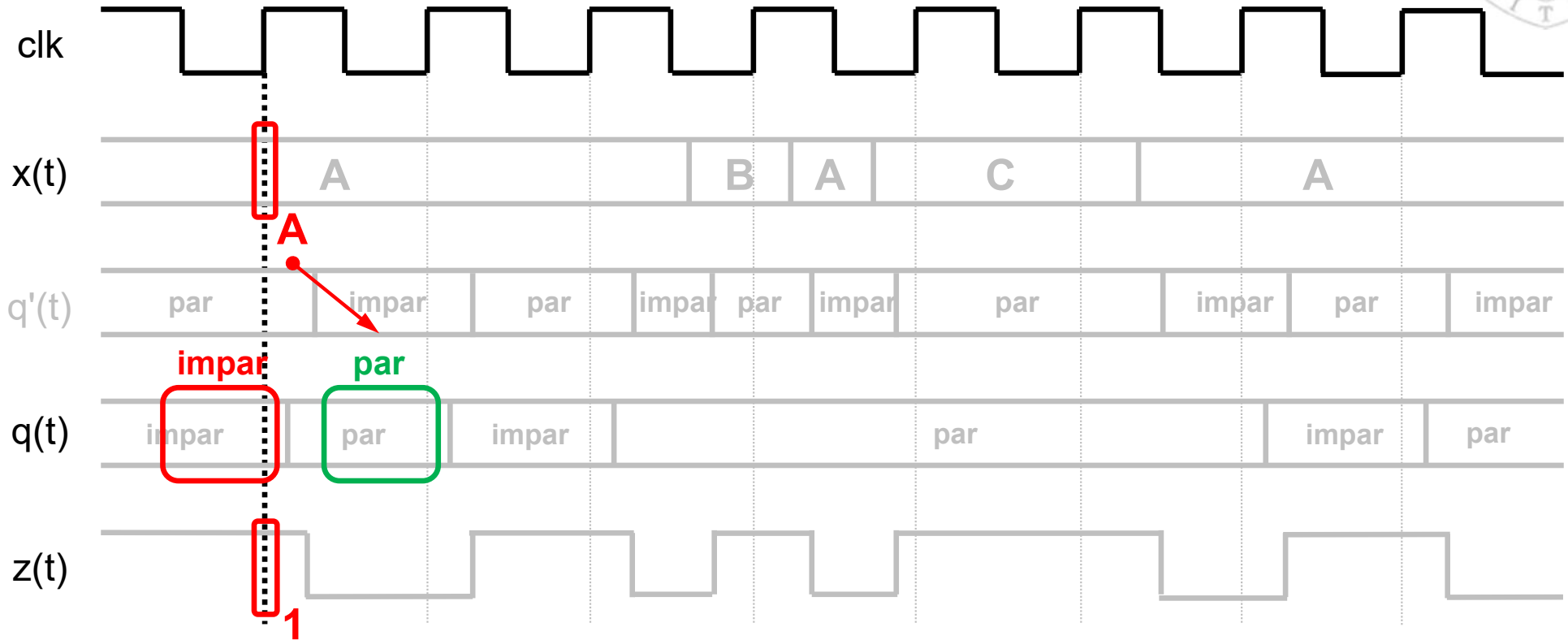
FC-1

86



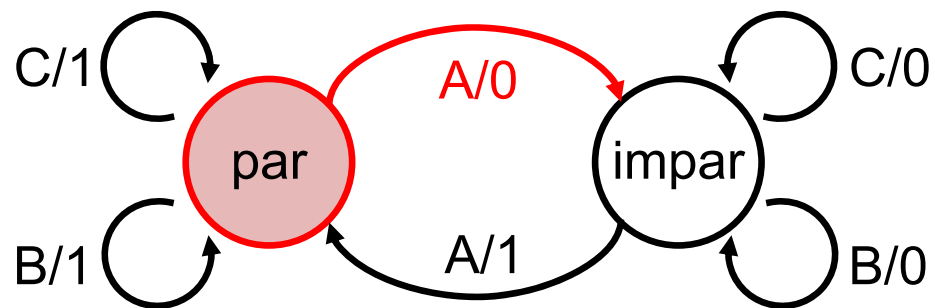
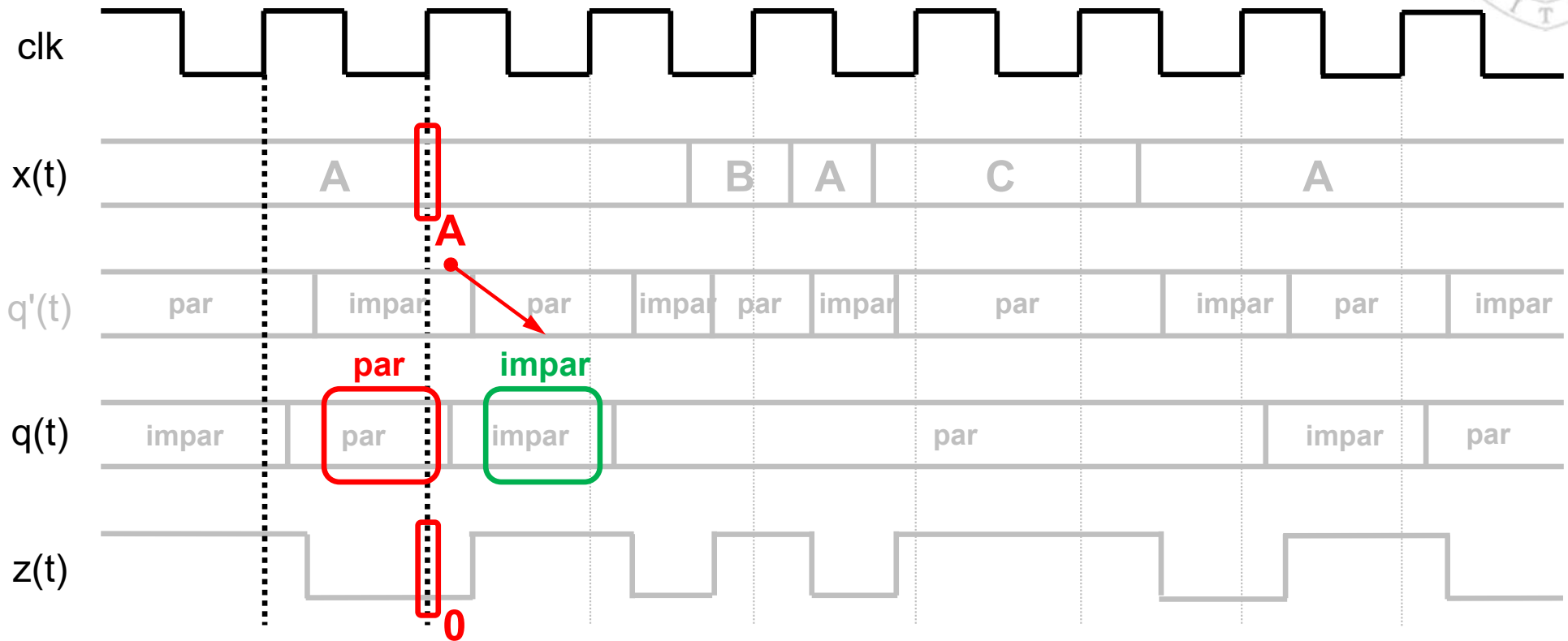


# Máquina de Mealy





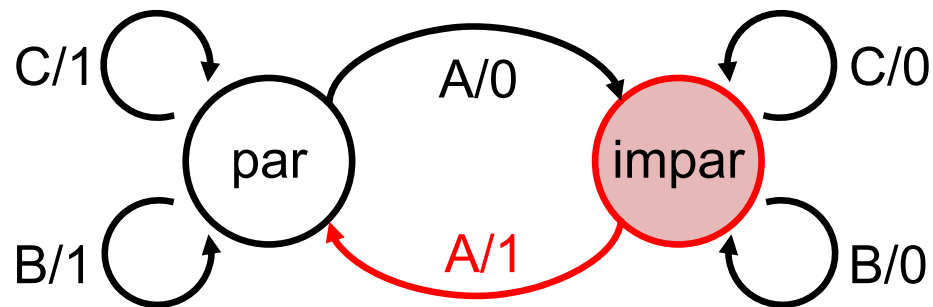
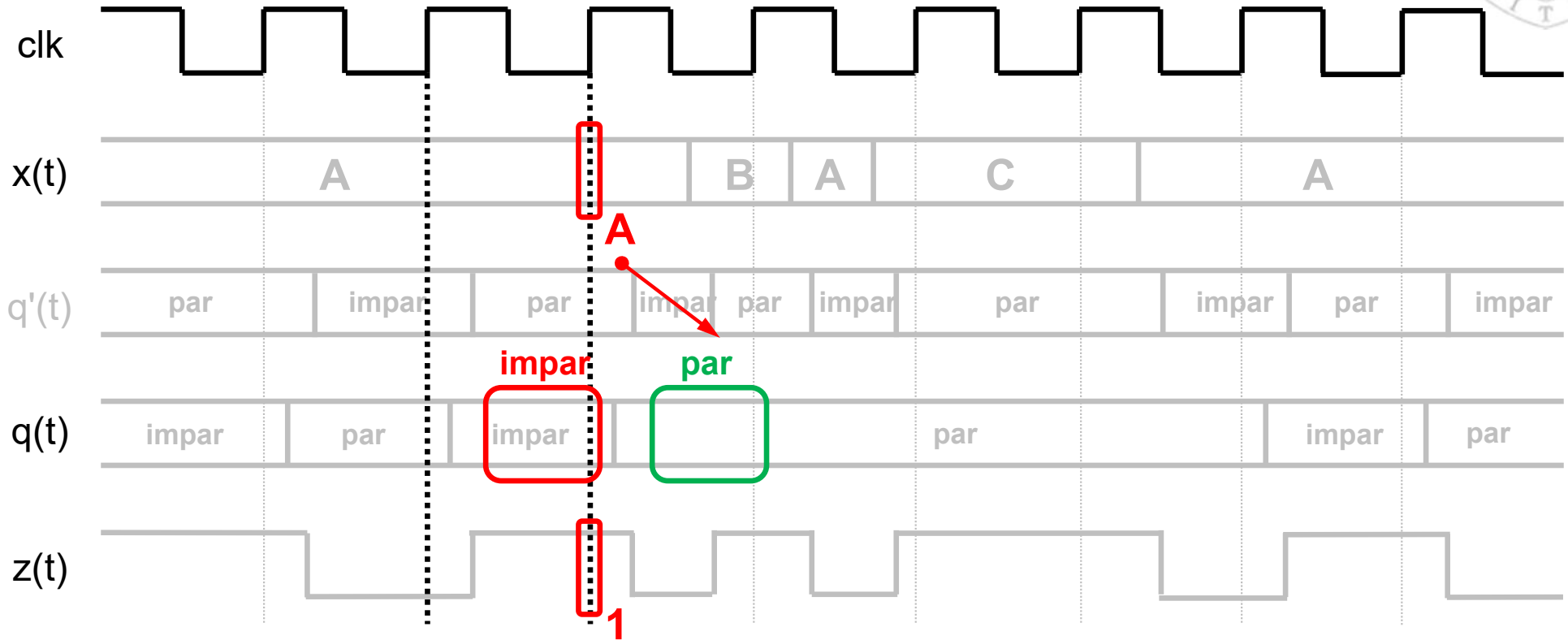
# Máquina de Mealy







# Máquina de Mealy





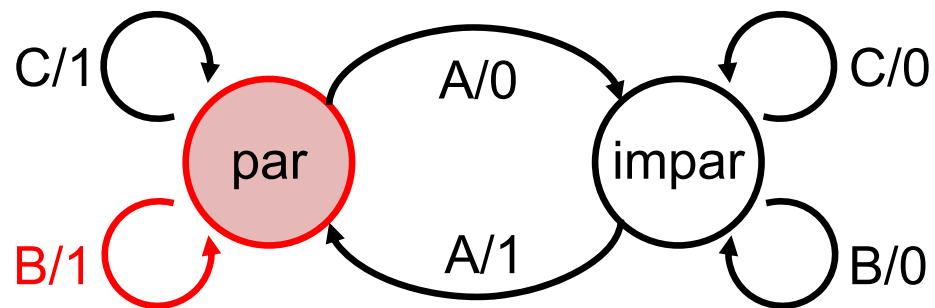
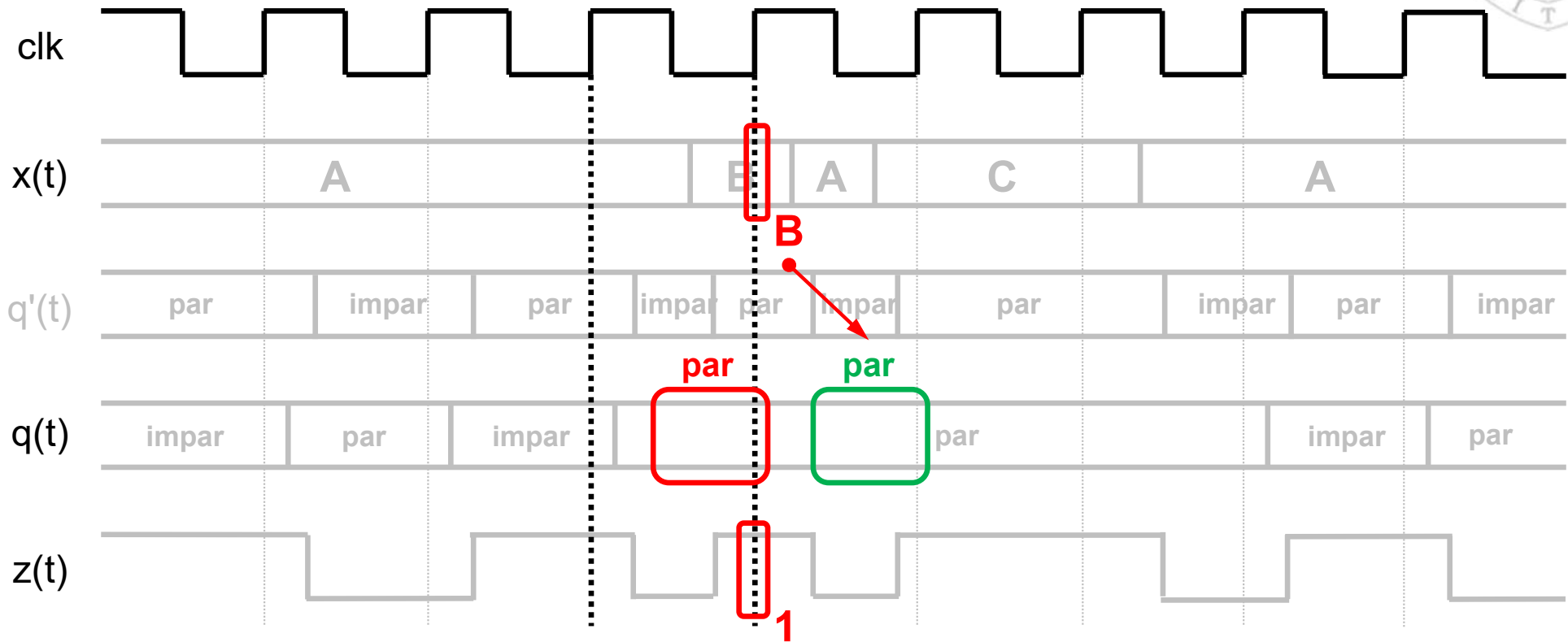
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

90





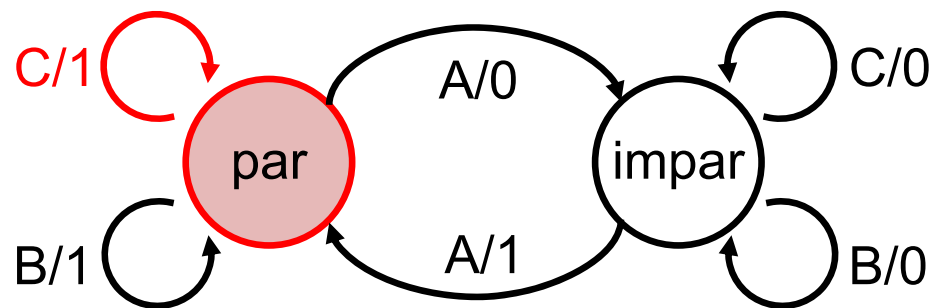
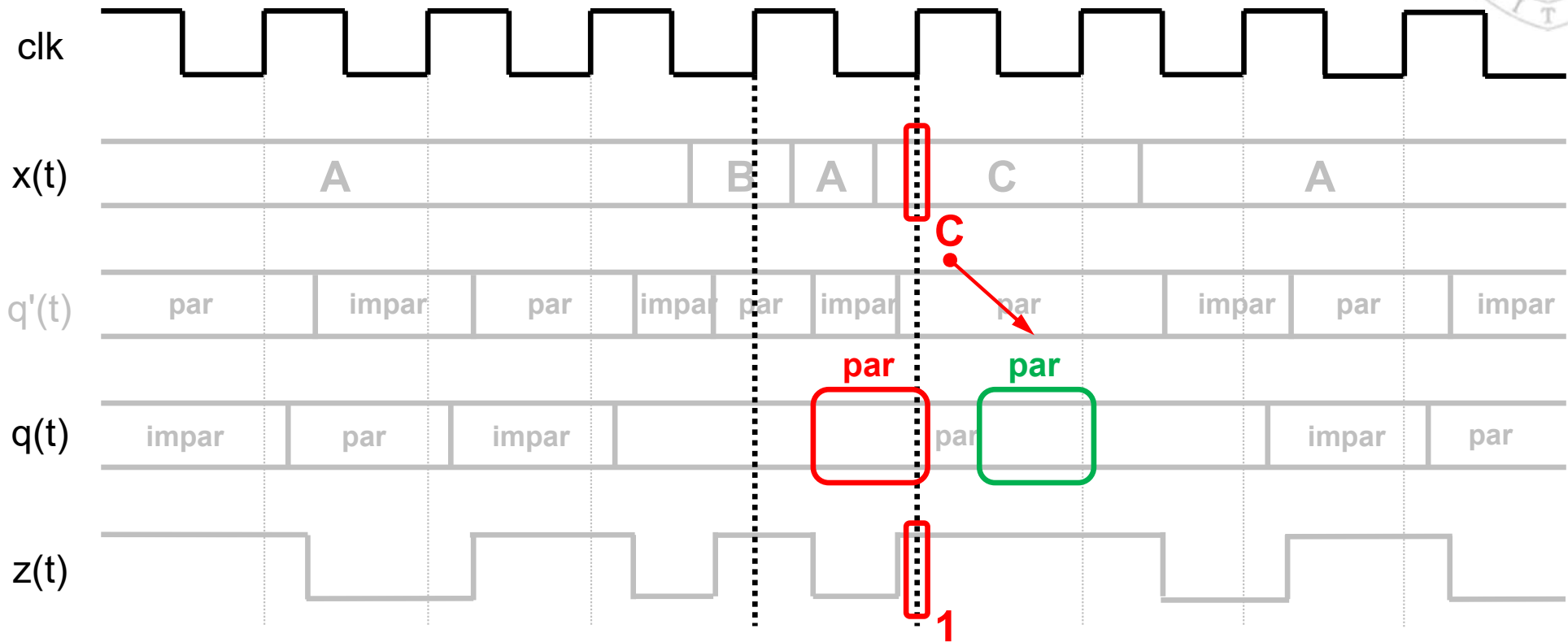
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

91





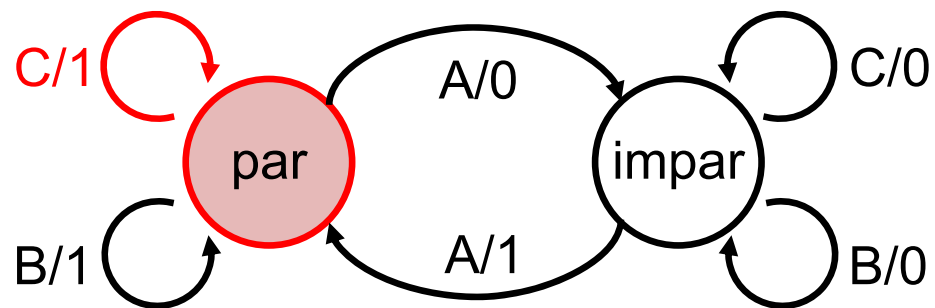
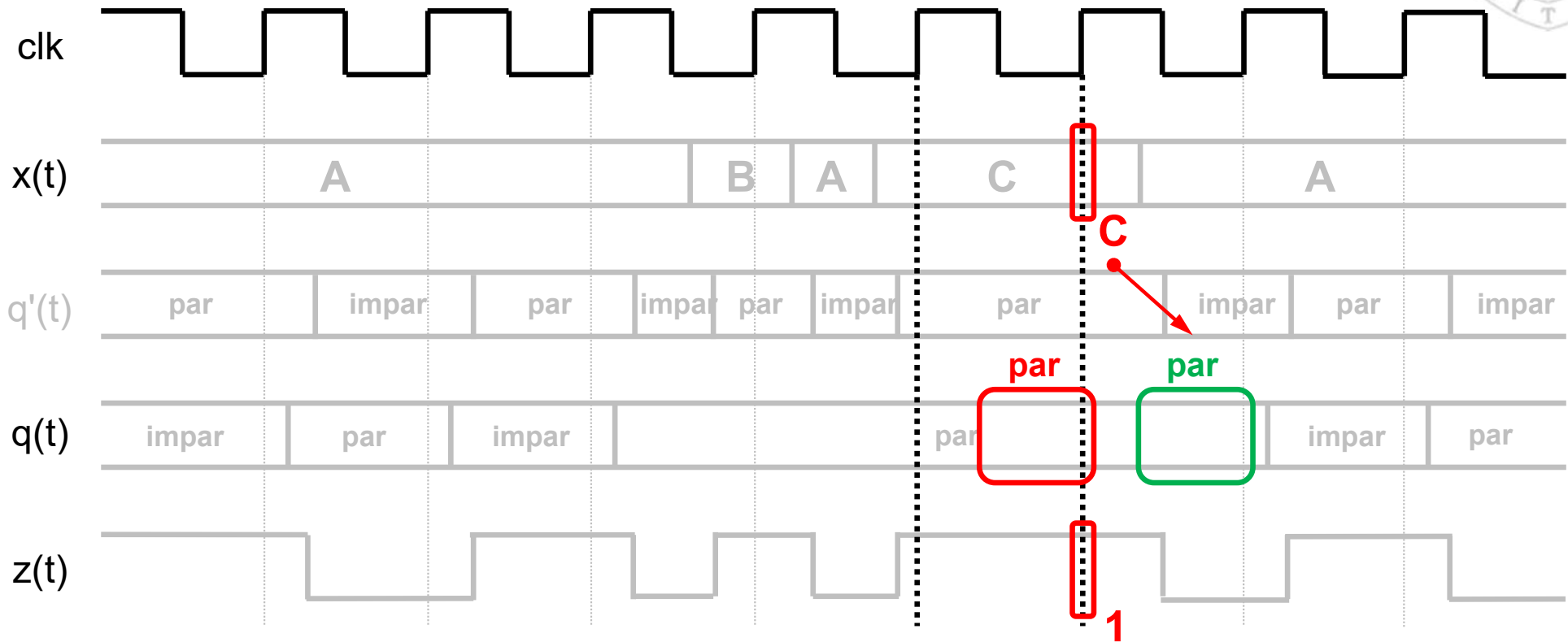
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC-1

92





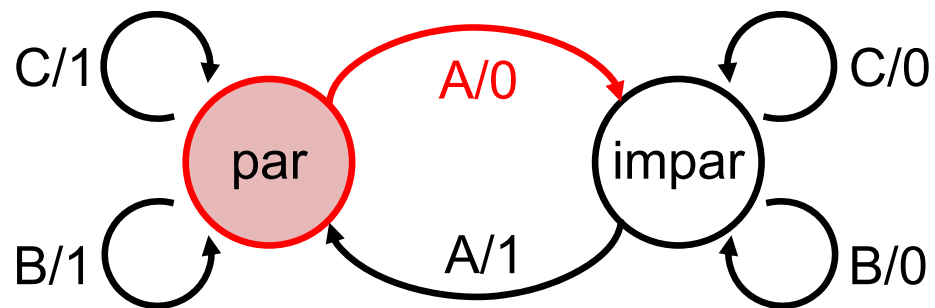
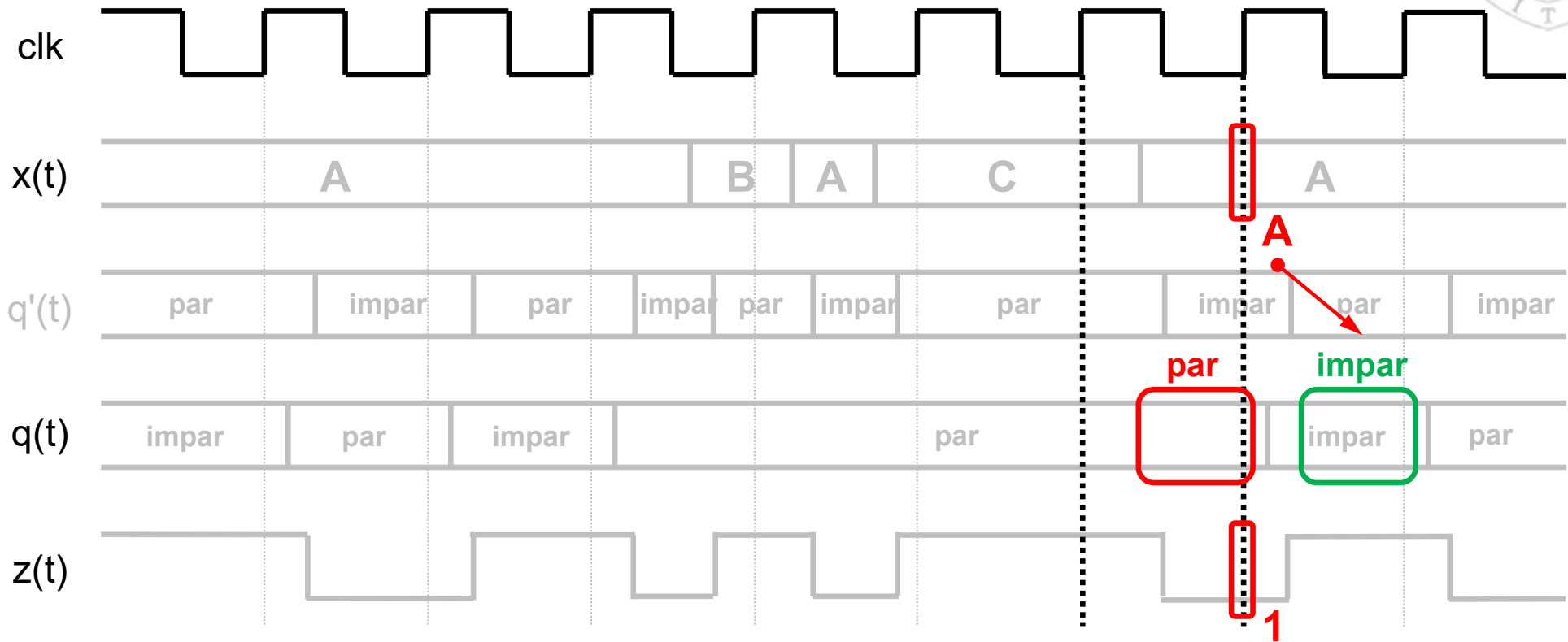
# Máquina de Mealy

versión 14/07/23

tema 5:  
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

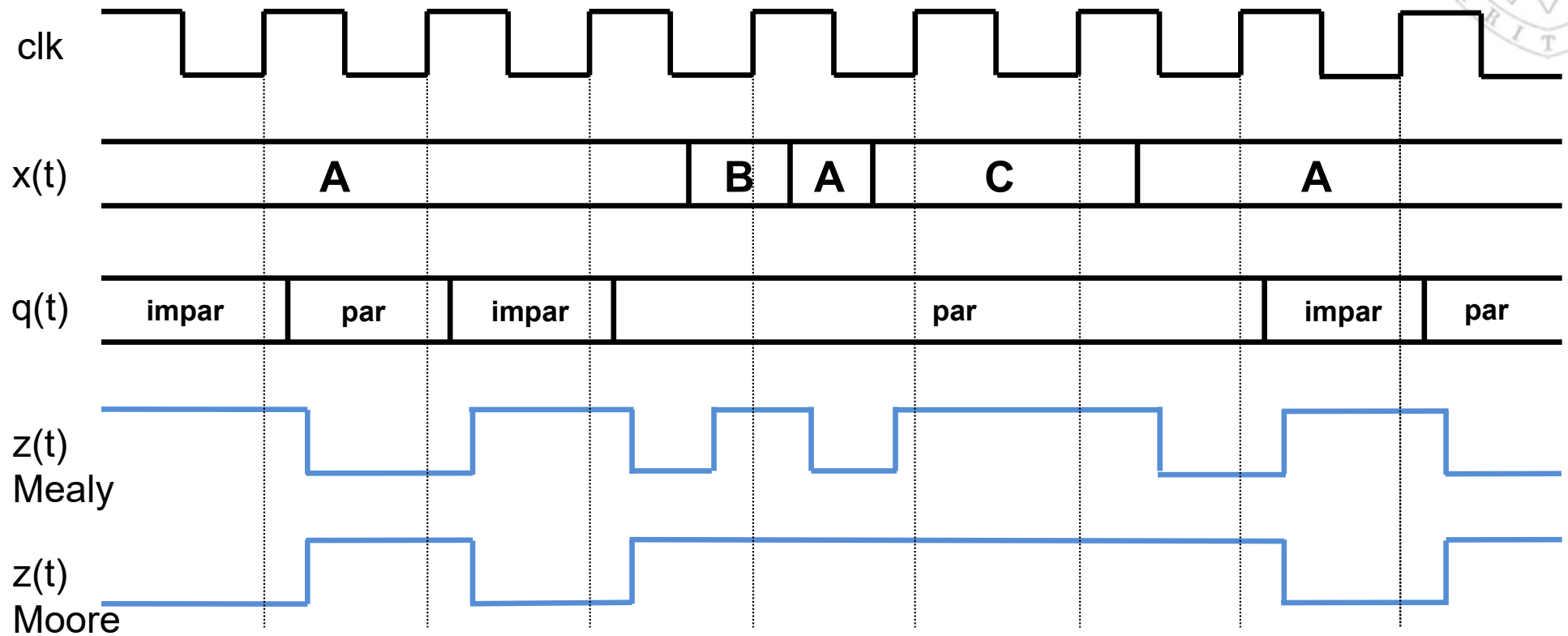
FC-1

93





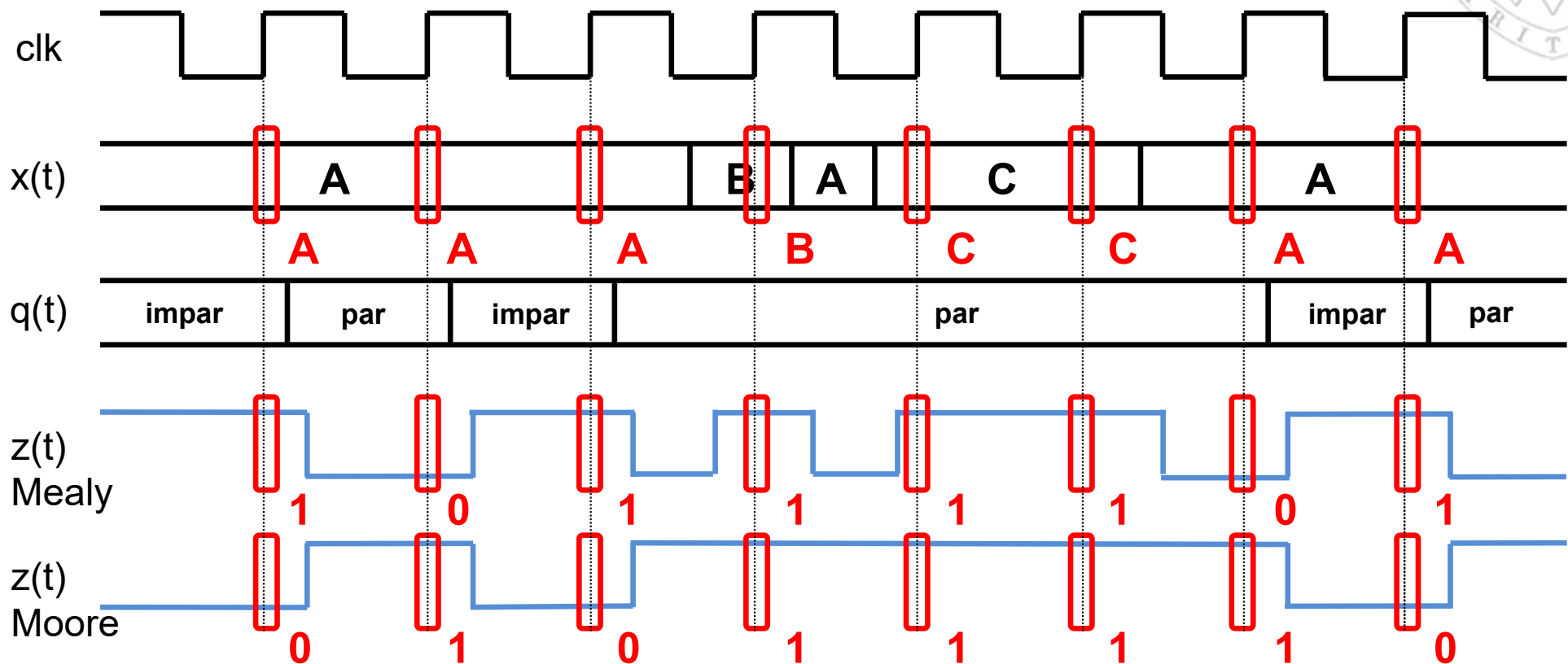
# Mealy vs. Moore



- Las salidas de las máquinas Moore y Mealy son notablemente diferentes.



# Mealy vs. Moore



- Las salidas de las máquinas Moore y Mealy son notablemente diferentes.
  - Pero como, típicamente, son leídas por otro sistema sincronizado con el mismo reloj, solo son relevantes los valores existentes en los flancos de reloj.
- Por ello, a efectos prácticos, la salida de la máquina de Moore equivale a la de Mealy pero con un ciclo de retraso.

# Reconocedor del patrón "abb"



$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**



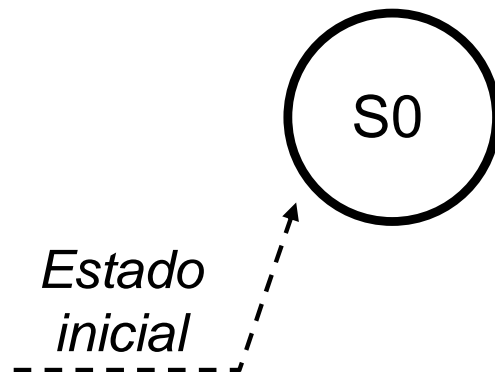


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón



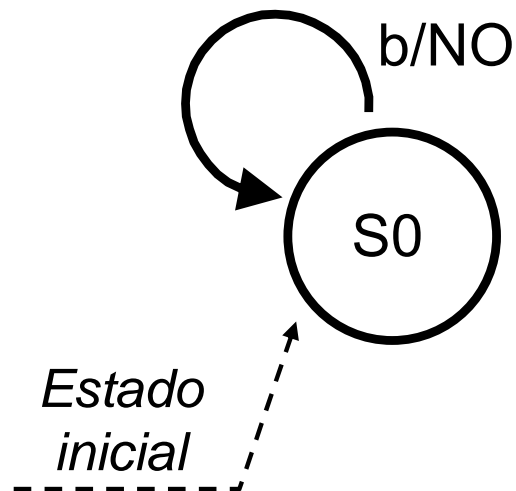


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón



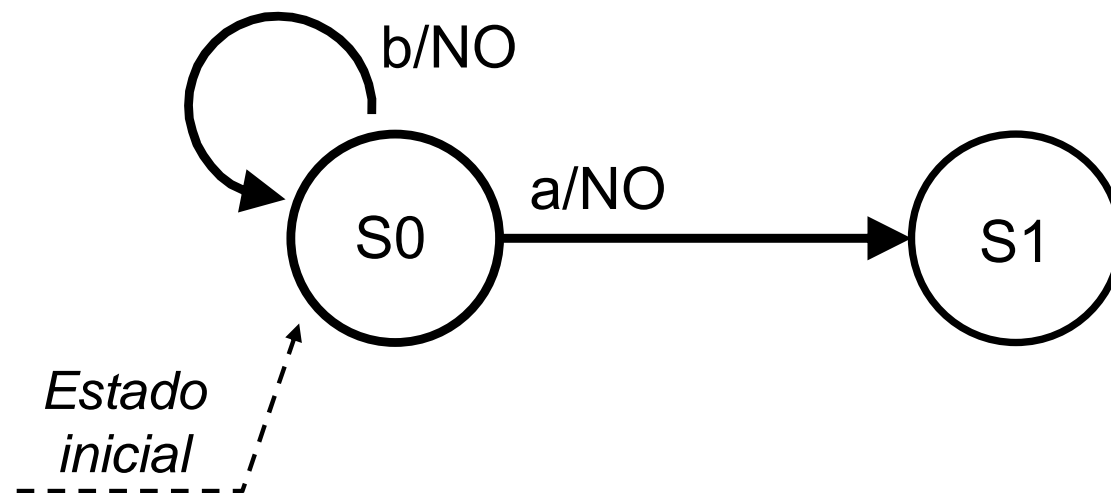


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Máquina de Mealy

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"



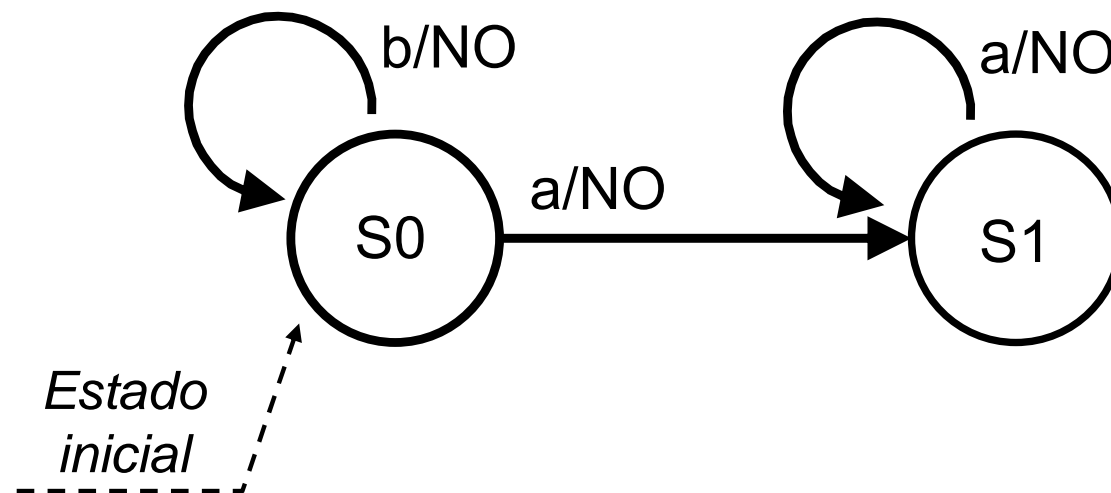


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"



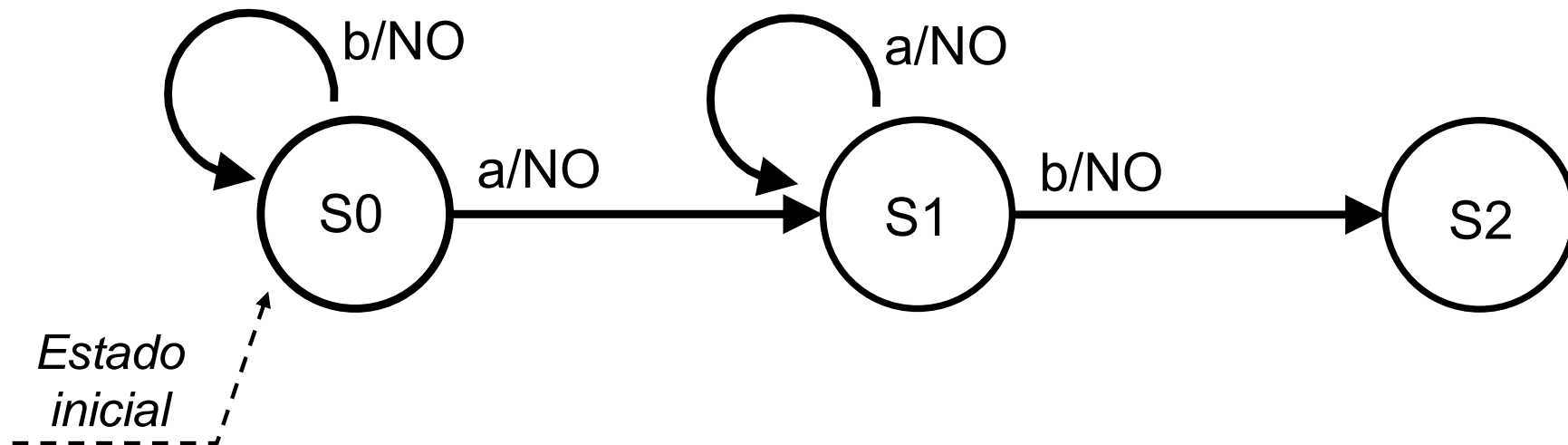


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"
- Estado S2: ha llegado el subpatrón "ab"



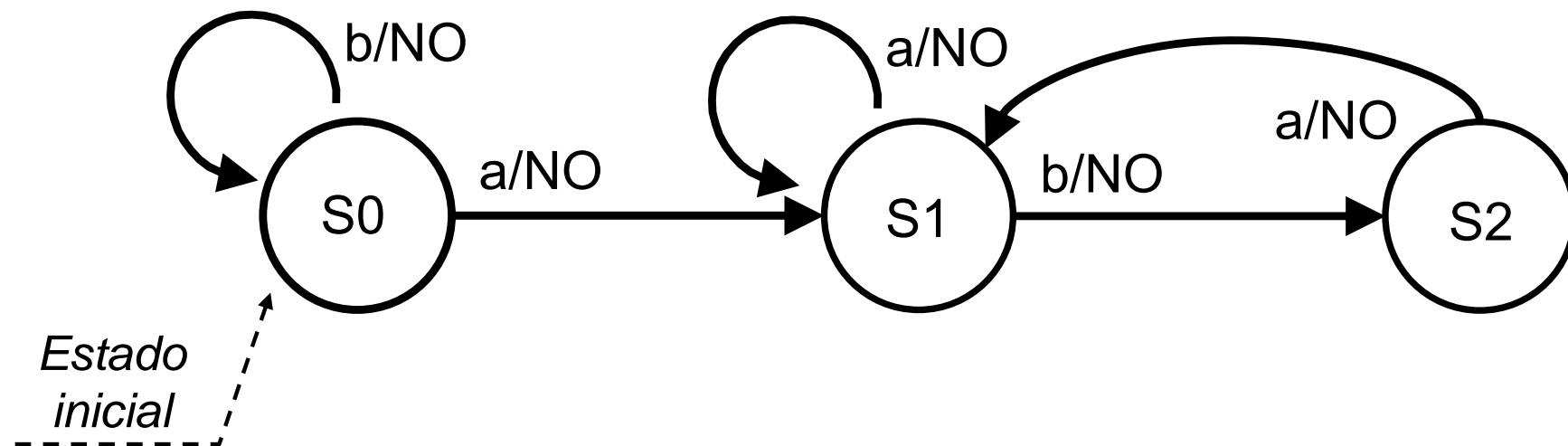


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"
- Estado S2: ha llegado el subpatrón "ab"



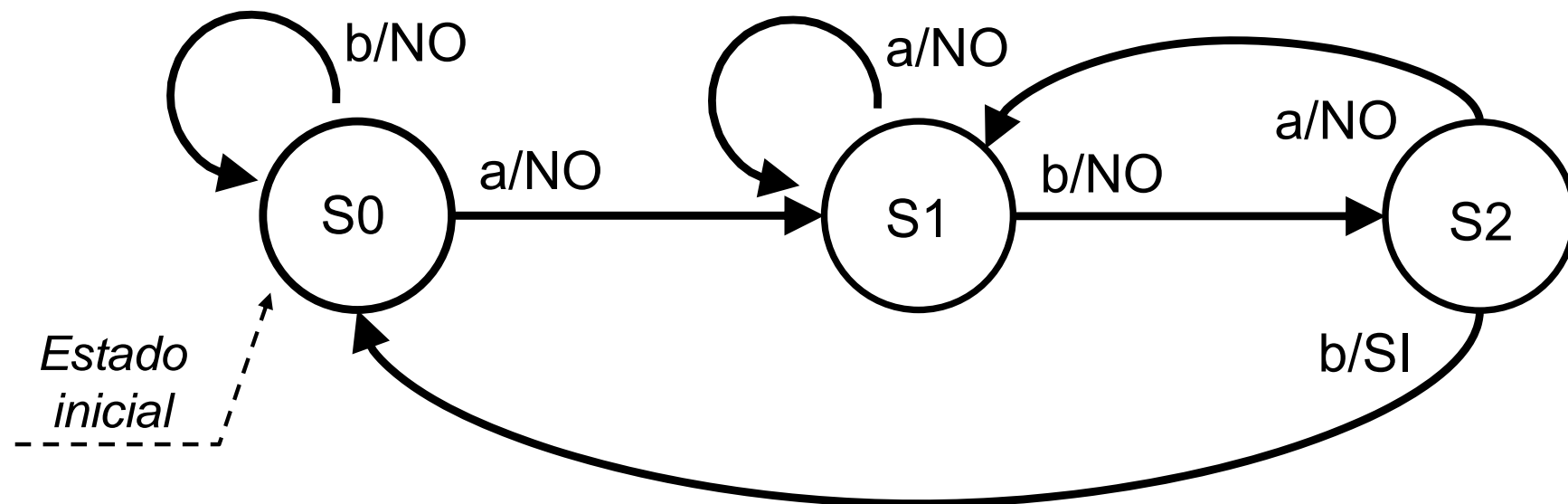


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} SI & \text{si } x(t-2)=a \text{ y } x(t-1)=b \text{ y } x(t)=b \\ NO & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Mealy**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"
- Estado S2: ha llegado el subpatrón "ab"



# Reconocedor del patrón "abb"



$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-3)=a \text{ y } x(t-2)=b \text{ y } x(t-1)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Moore**





# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} \text{SI} & \text{si } x(t-3)=a \text{ y } x(t-2)=b \text{ y } x(t-1)=b \\ \text{NO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Moore**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón



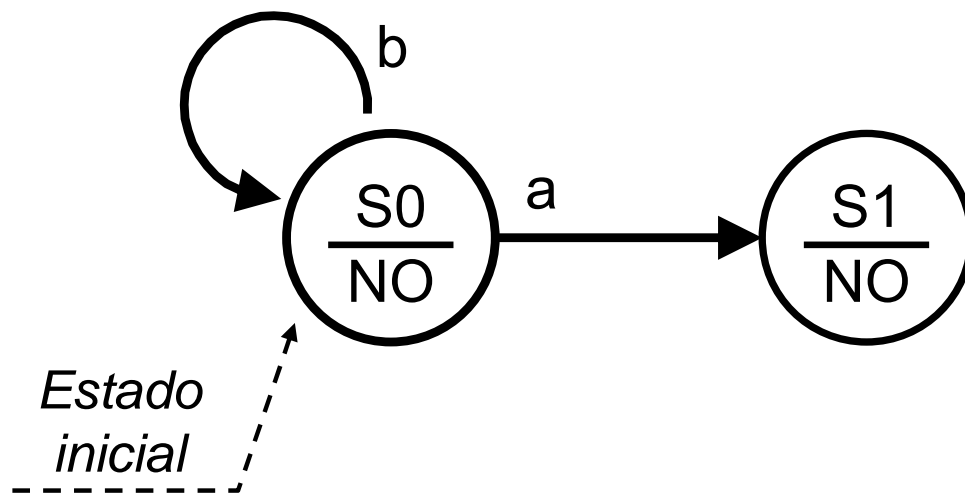


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} SI & \text{si } x(t-3)=a \text{ y } x(t-2)=b \text{ y } x(t-1)=b \\ NO & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Moore**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"



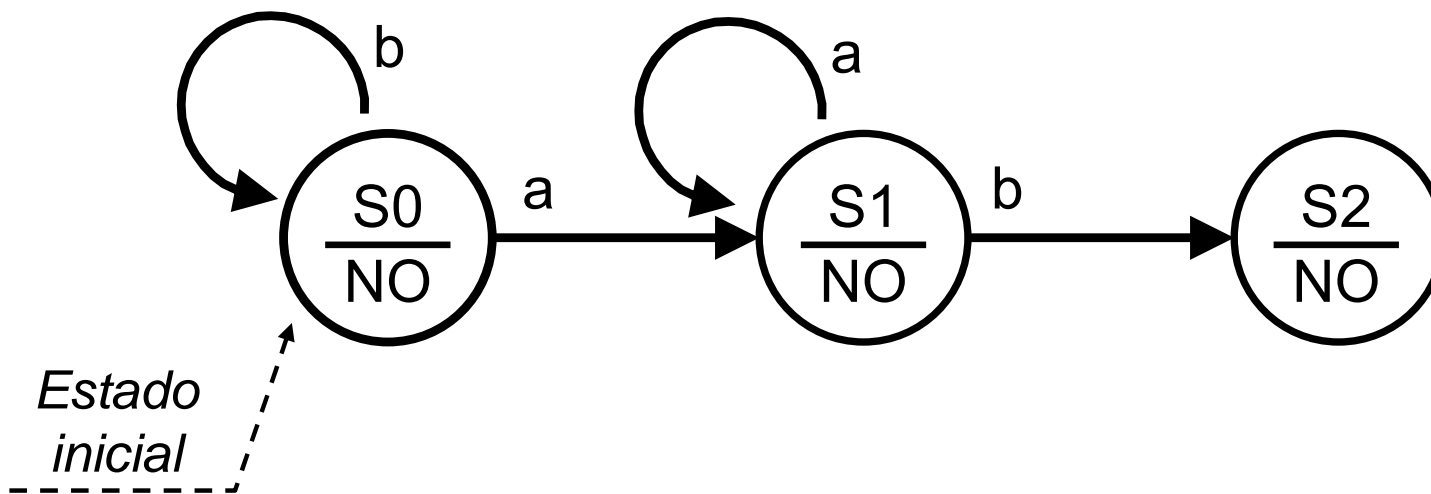


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} SI & \text{si } x(t-3)=a \text{ y } x(t-2)=b \text{ y } x(t-1)=b \\ NO & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Moore**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"
- Estado S2: ha llegado el subpatrón "ab"



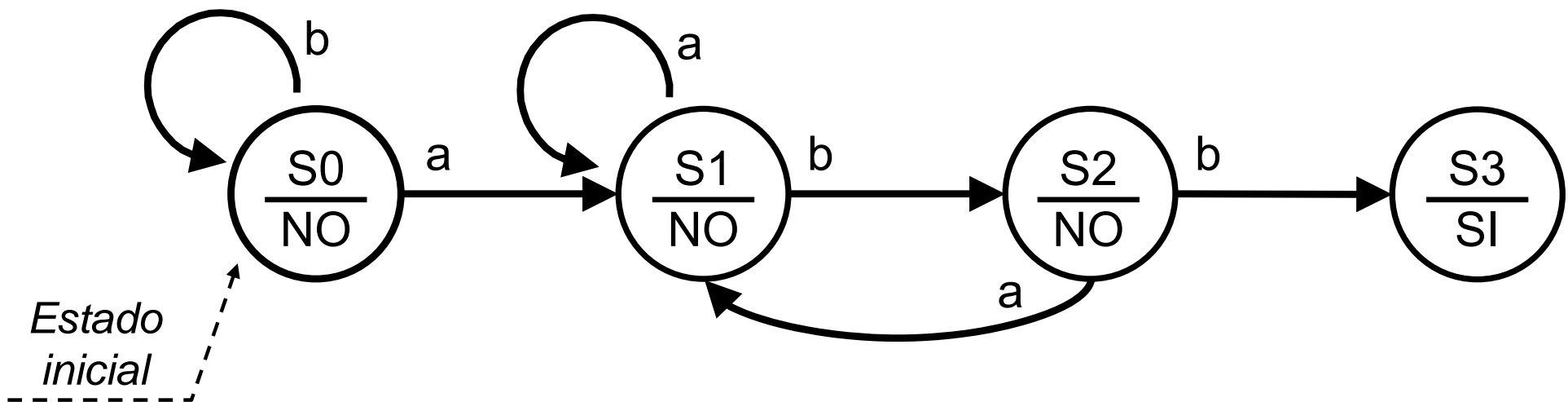


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} SI & \text{si } x(t-3)=a \text{ y } x(t-2)=b \text{ y } x(t-1)=b \\ NO & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Moore**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"
- Estado S2: ha llegado el subpatrón "ab"
- Estado S3: ha llegado el patrón "abb"



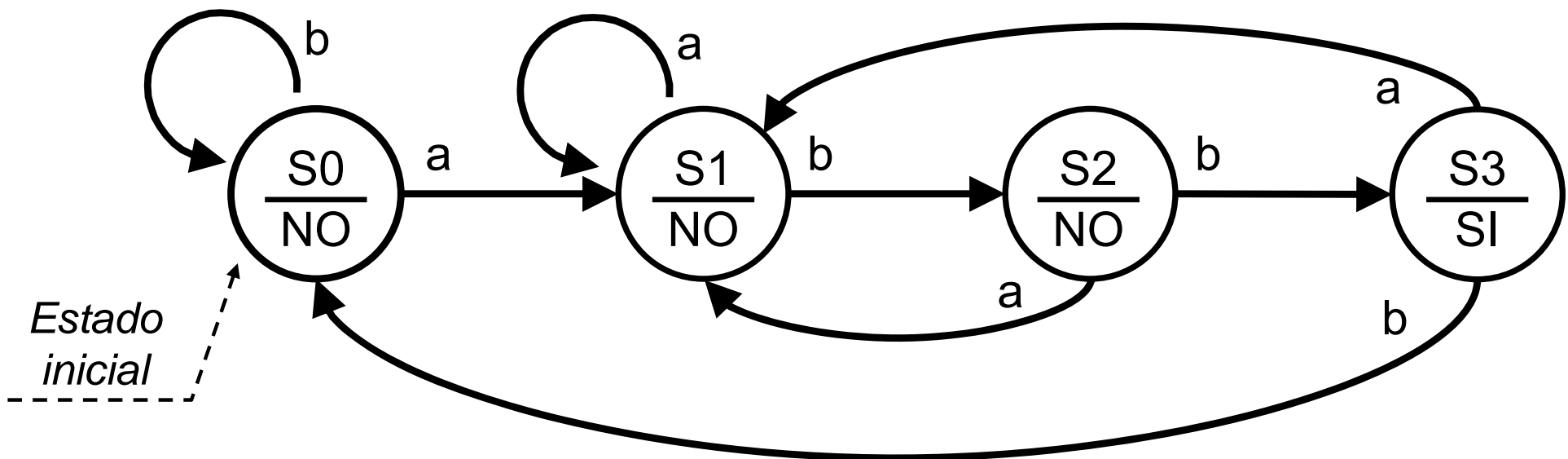


# Reconocedor del patrón "abb"

$$z(t) = \begin{cases} SI & \text{si } x(t-3)=a \text{ y } x(t-2)=b \text{ y } x(t-1)=b \\ NO & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

**Máquina de Moore**

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- Estado S1: ha llegado el subpatrón "a"
- Estado S2: ha llegado el subpatrón "ab"
- Estado S3: ha llegado el patrón "abb"



# Acerca de *Creative Commons*



## ■ Licencia CC (*Creative Commons*)

- Ofrece algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones. Este documento tiene establecidas las siguientes:



**Reconocimiento** (*Attribution*):

En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.



**No comercial** (*Non commercial*):

La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.



**Compartir igual** (*Share alike*):

La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Más información: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>