



Tema 5:

Especificación de sistemas secuenciales síncronos

Fundamentos de computadores

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.



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

x(t)	A	B	C	B	B	A	C	B	A	A	C	C	A	B	B
z(t)	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.



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

$x(t)$	A	B	C	B	B	A	C	B	A	A	C	C	A	B	B
$z(t)$	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



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

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

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

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

$z(t)$

0

0

0

Especificación basada en estados



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

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

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

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

$z(t)$

0

0

0

$x(t+\Delta t)$

A

B

C

$z(t+\Delta t)$

1

0

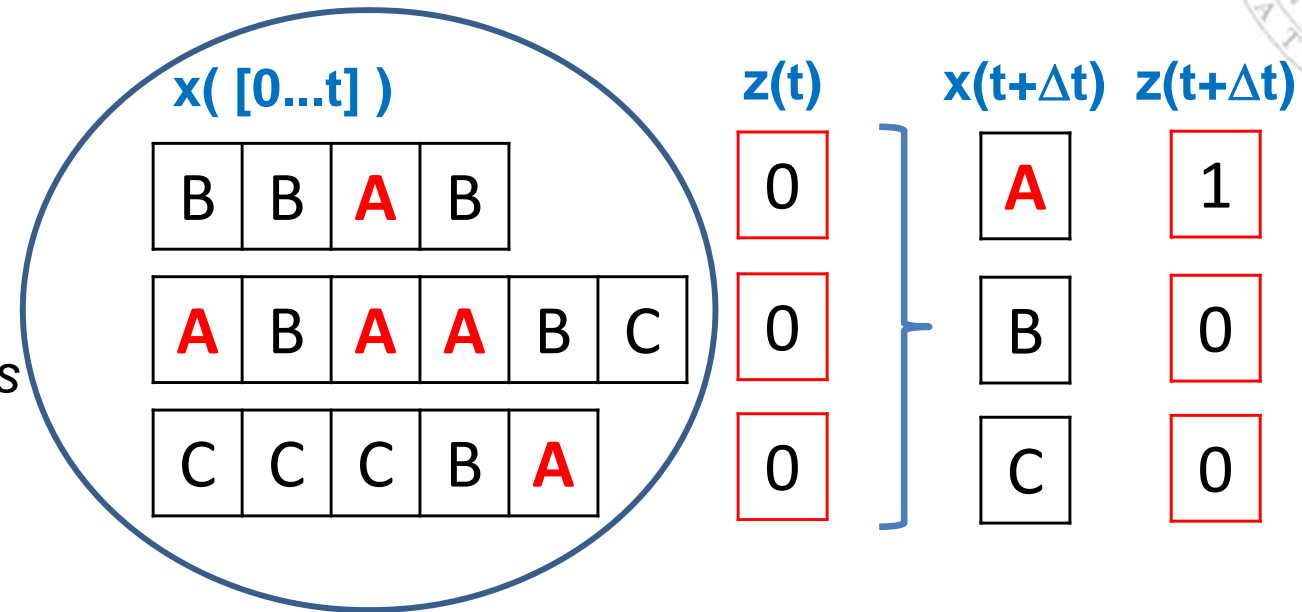
0

Especificación basada en estados



Estado IMPAR:

Han llegado un número *impar* de **A**es

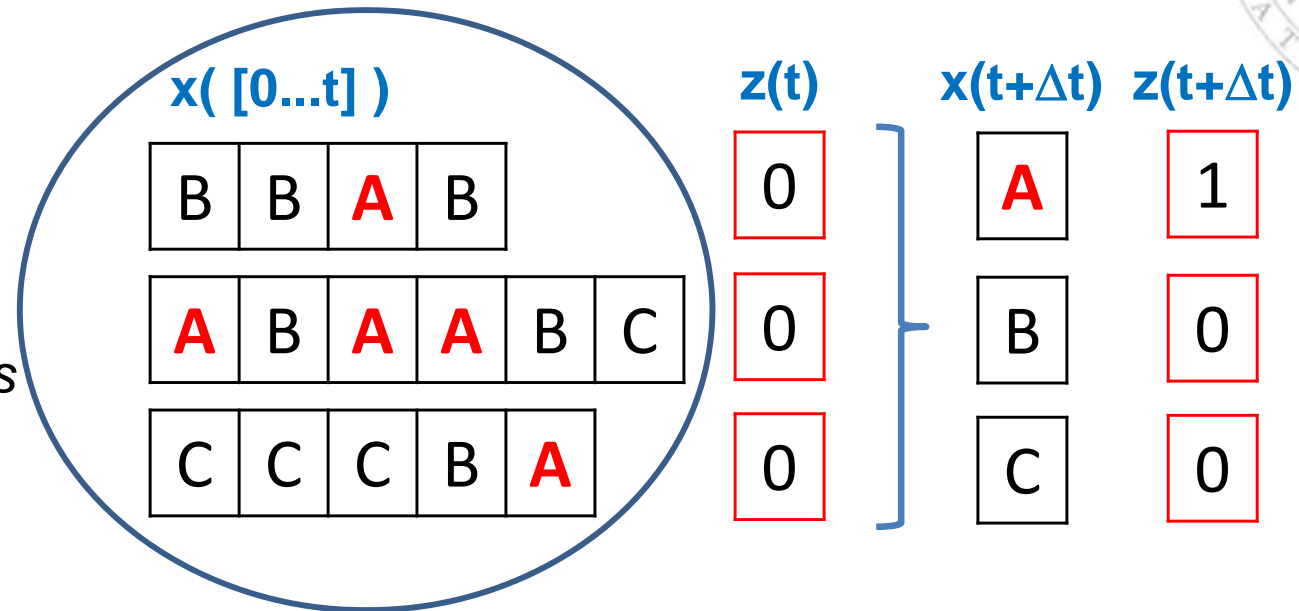




Especificación basada en estados

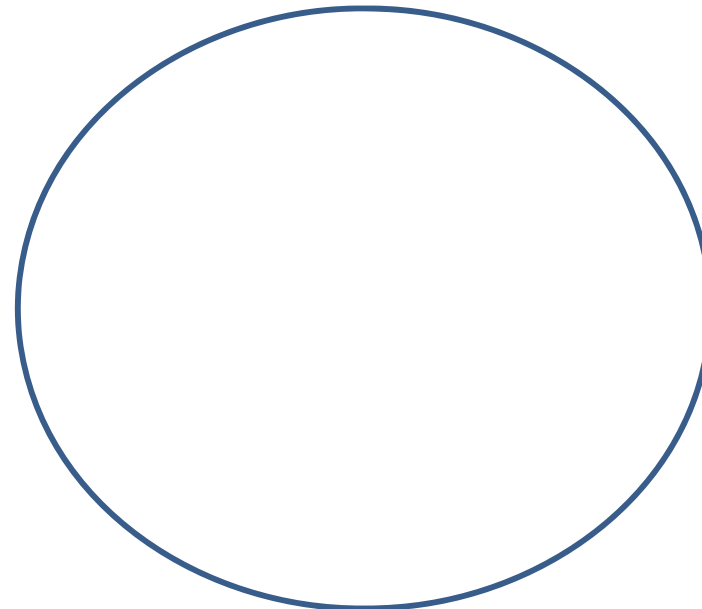
Estado IMPAR:

Han llegado un número *impar* de **A**es



Estado PAR:

Han llegado un número *par* de **A**es





Especificación basada en estados

versión 12/09/14

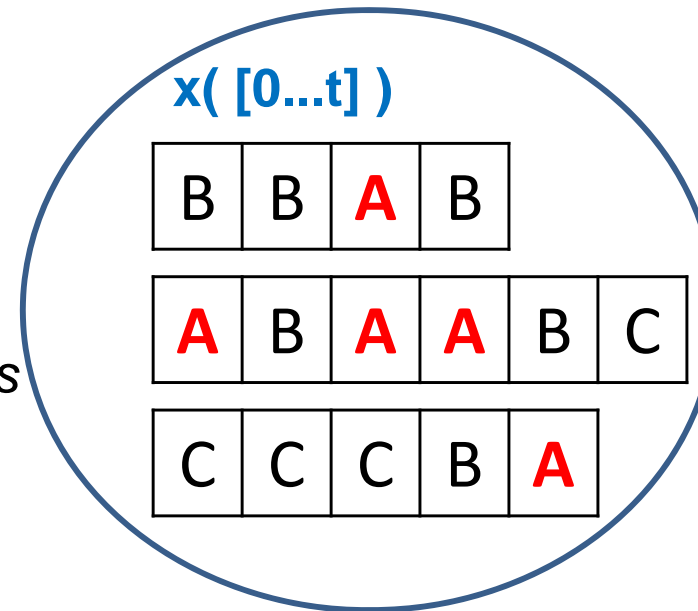
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

12

Estado IMPAR:

Han llegado un número **impar** de **A**es



$z(t)$

0

0

0

$x(t+\Delta t)$ $z(t+\Delta t)$

A

1

B

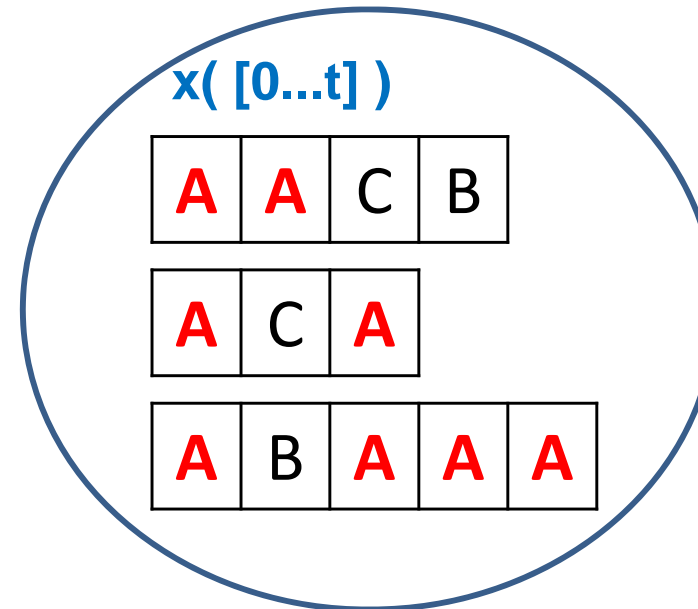
0

C

0

Estado PAR:

Han llegado un número **par** de **A**es



$z(t)$

1

1

1

$x(t+\Delta t)$ $z(t+\Delta t)$

A

0

B

1

C

1



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 cuál será el estado siguiente del sistema para cada posible par (estado del sistema, valor de la entrada).
- **Función de salida:** $H: Q \times E \rightarrow S$
 - Define cuál será la salida para cada posible par (estado del sistema, valor de la entrada)

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 un de 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 un de 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 un de 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

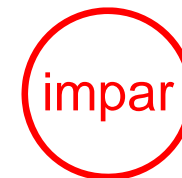
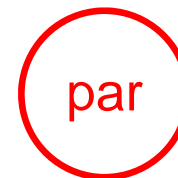




Diagrama de estados

- Representa un de 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

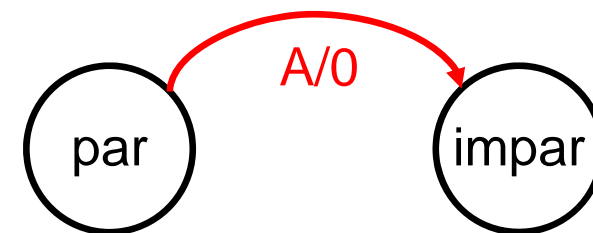




Diagrama de estados

- Representa un de 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

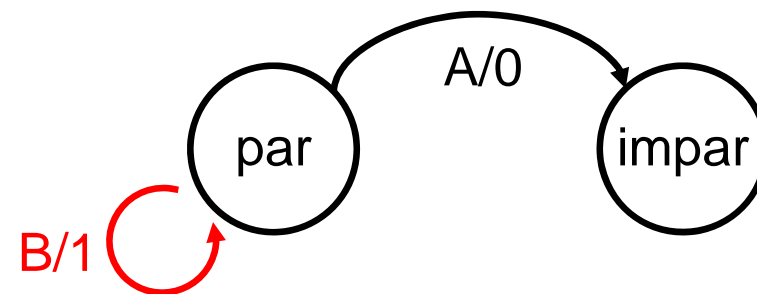




Diagrama de estados

- Representa un de 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

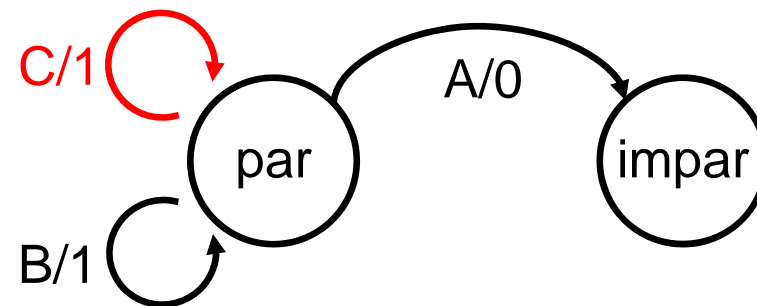




Diagrama de estados

- Representa un de 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

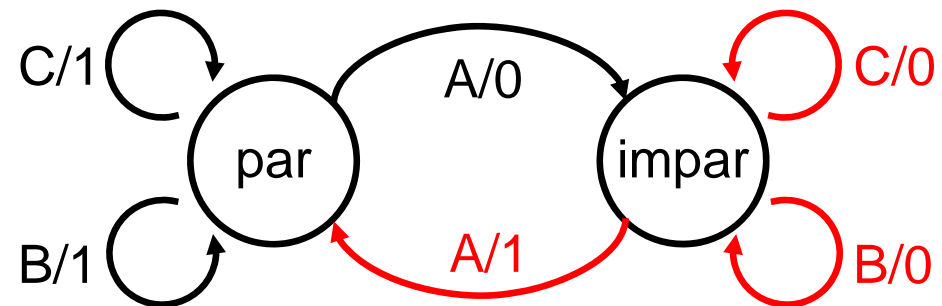
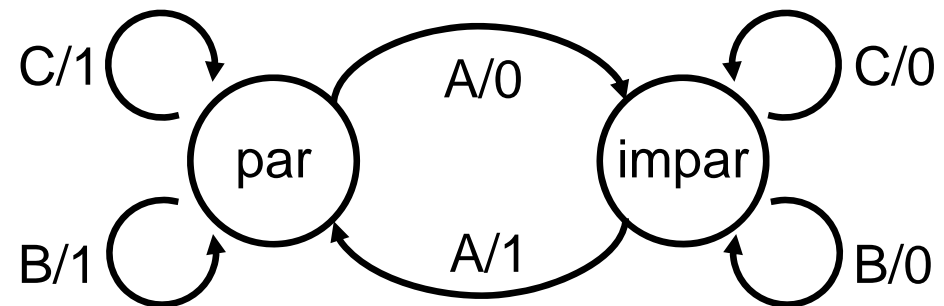




Diagrama de estados

- Representa un de 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	-



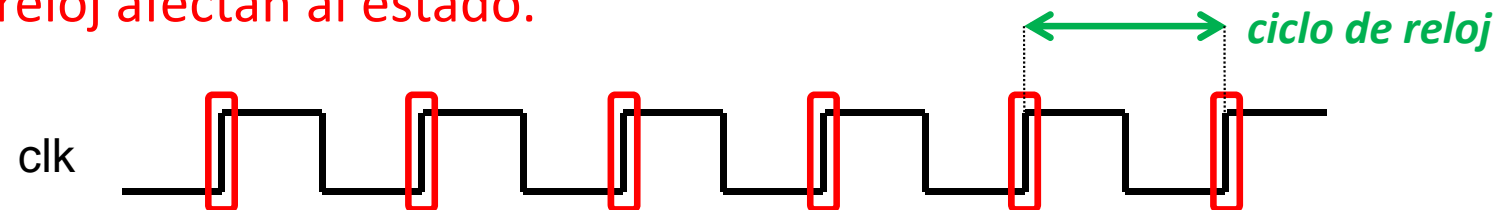
Asíncrono vs. síncrono

■ 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.

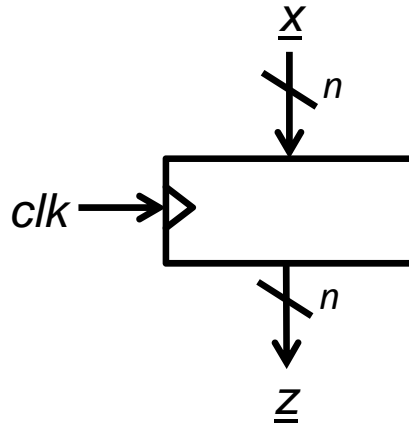


La señal de reloj es cuadrada y periódica de **frecuencia, f_{clk} , fija**.

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



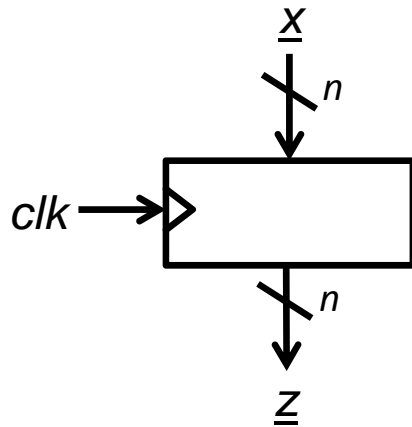
Concepto de registro de estado



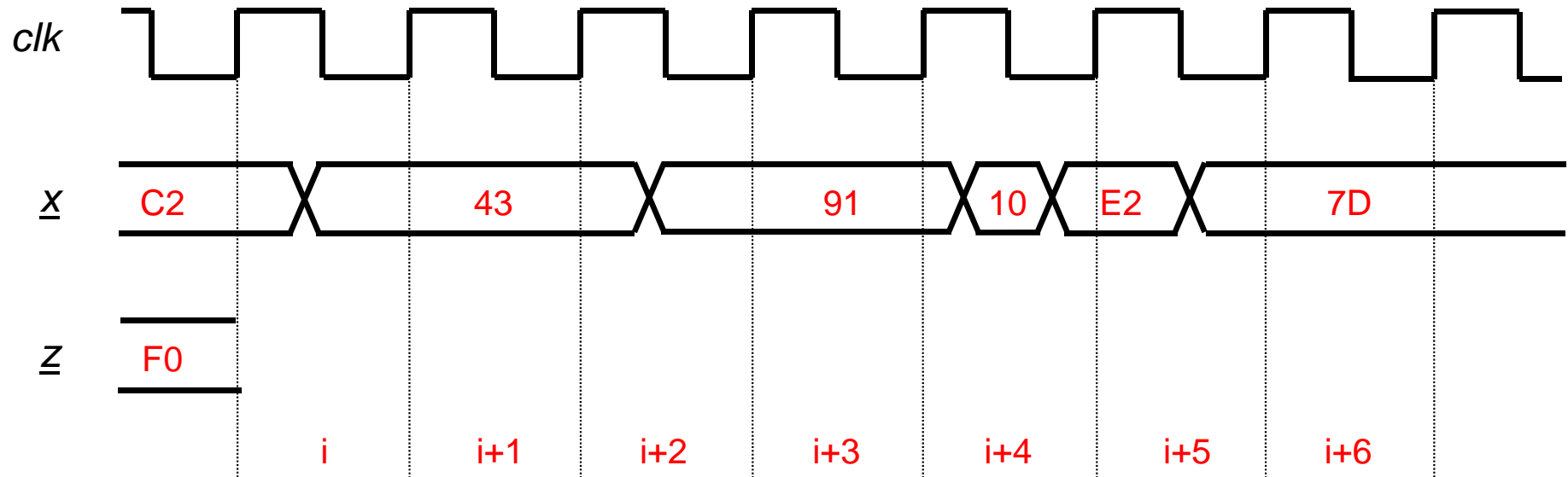
- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.



Concepto de registro de estado

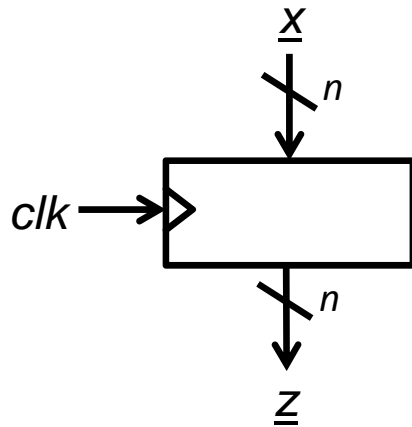


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

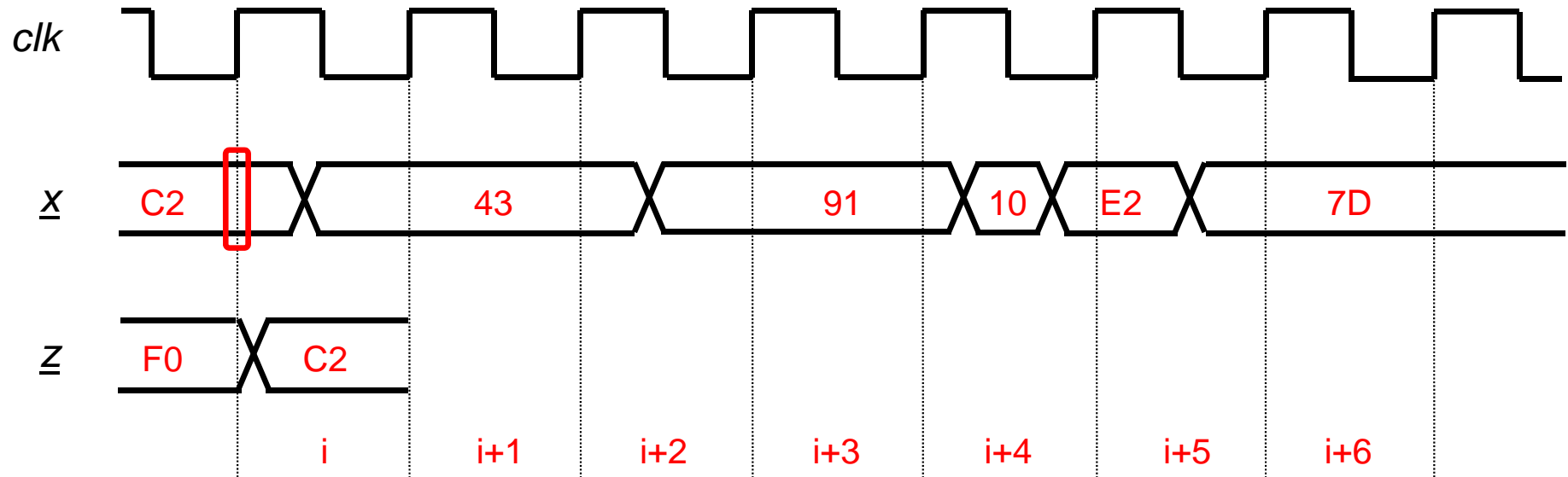




Concepto de registro de estado

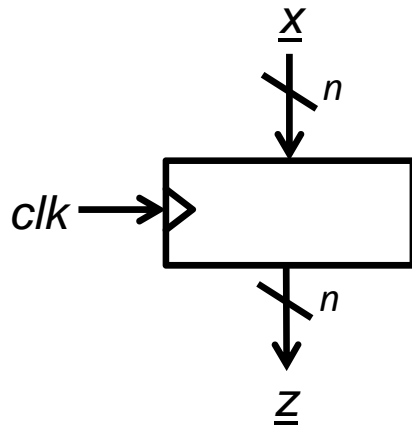


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

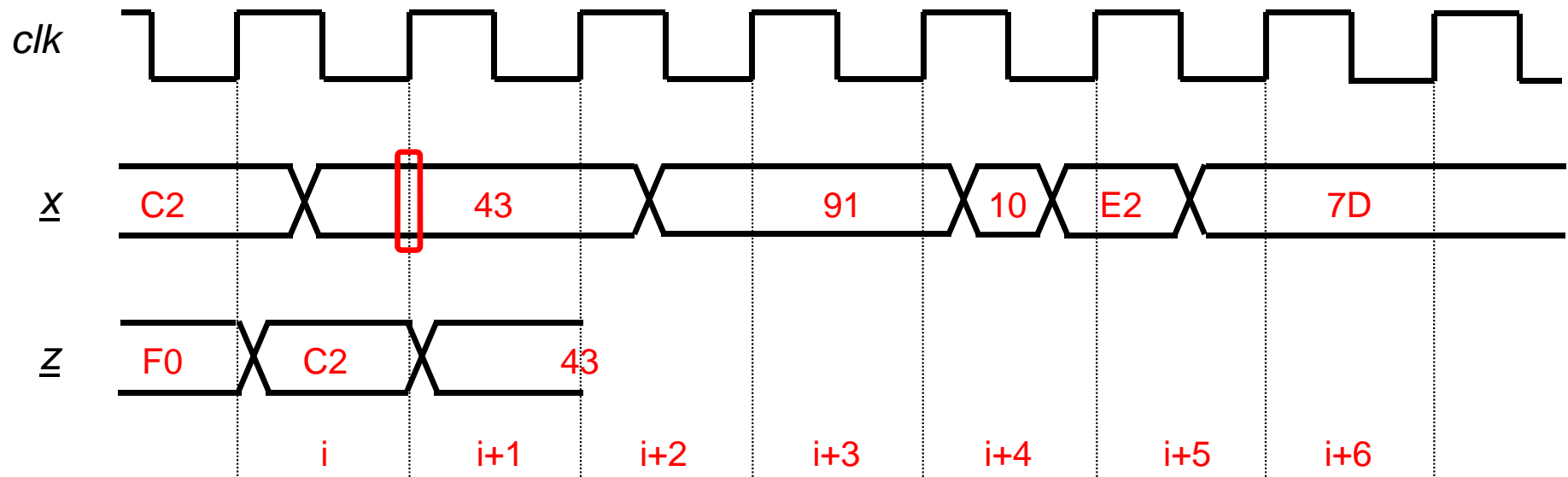




Concepto de registro de estado

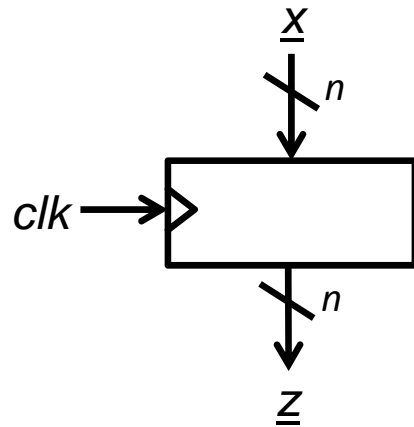


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

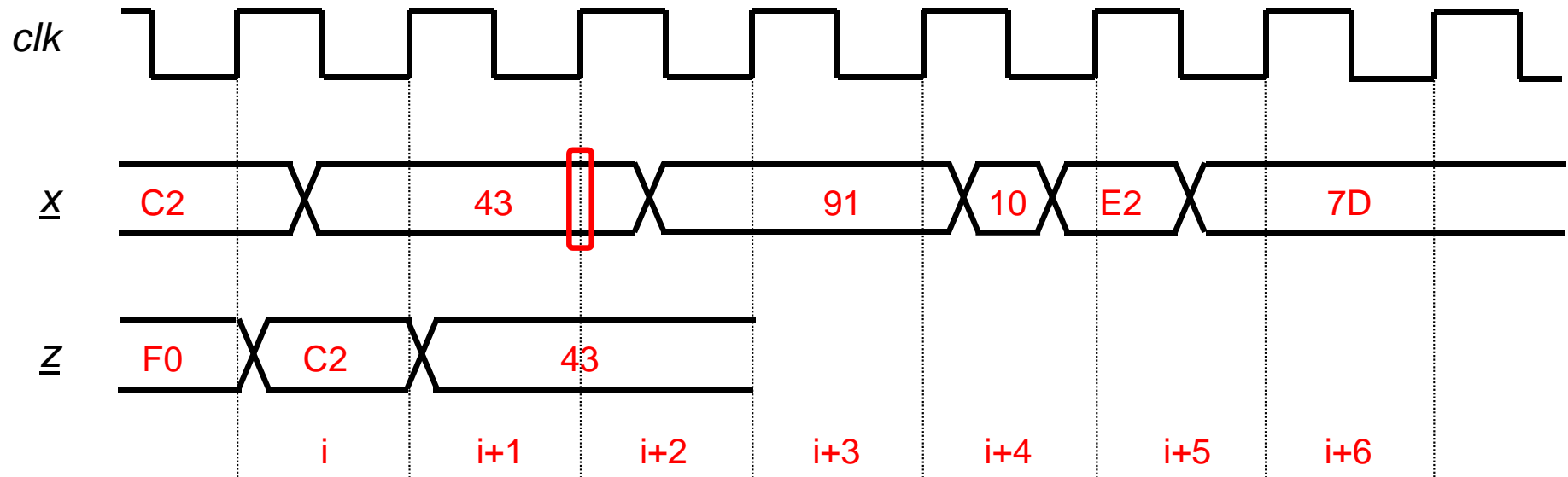




Concepto de registro de estado

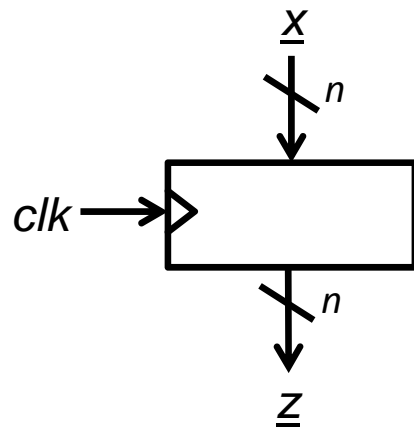


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

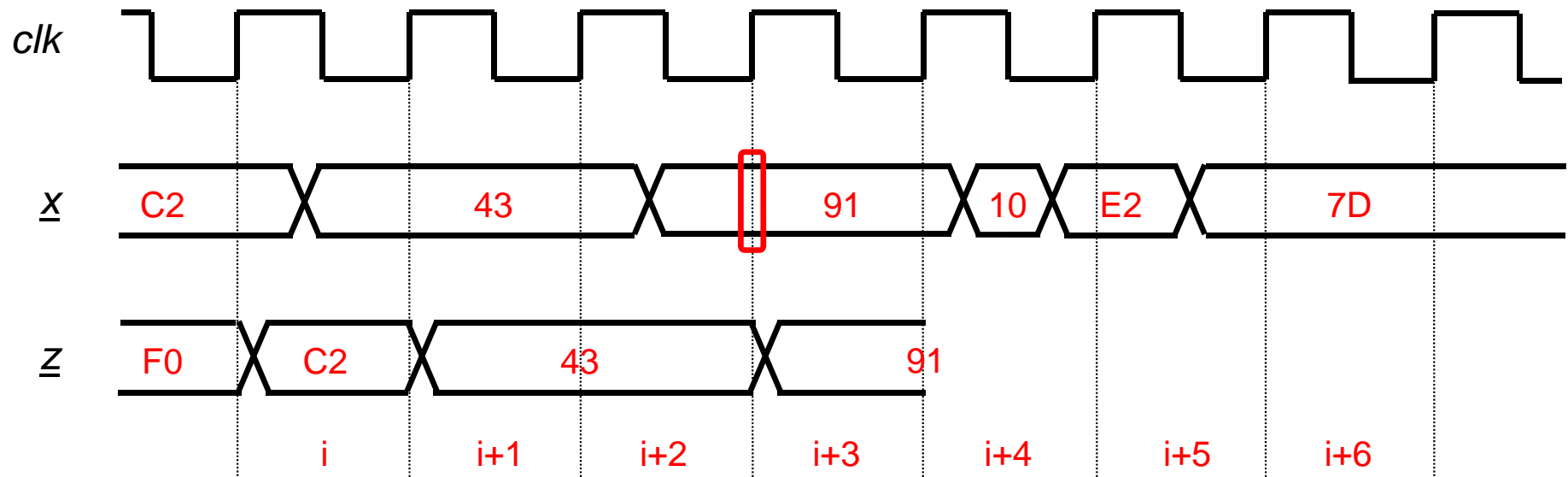




Concepto de registro de estado

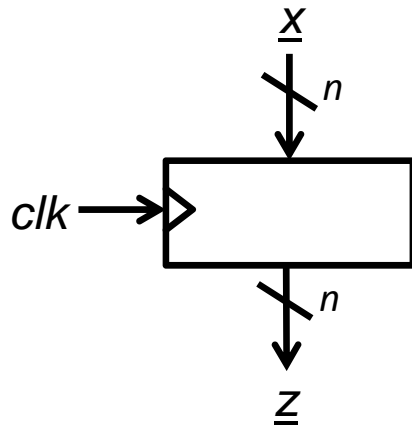


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

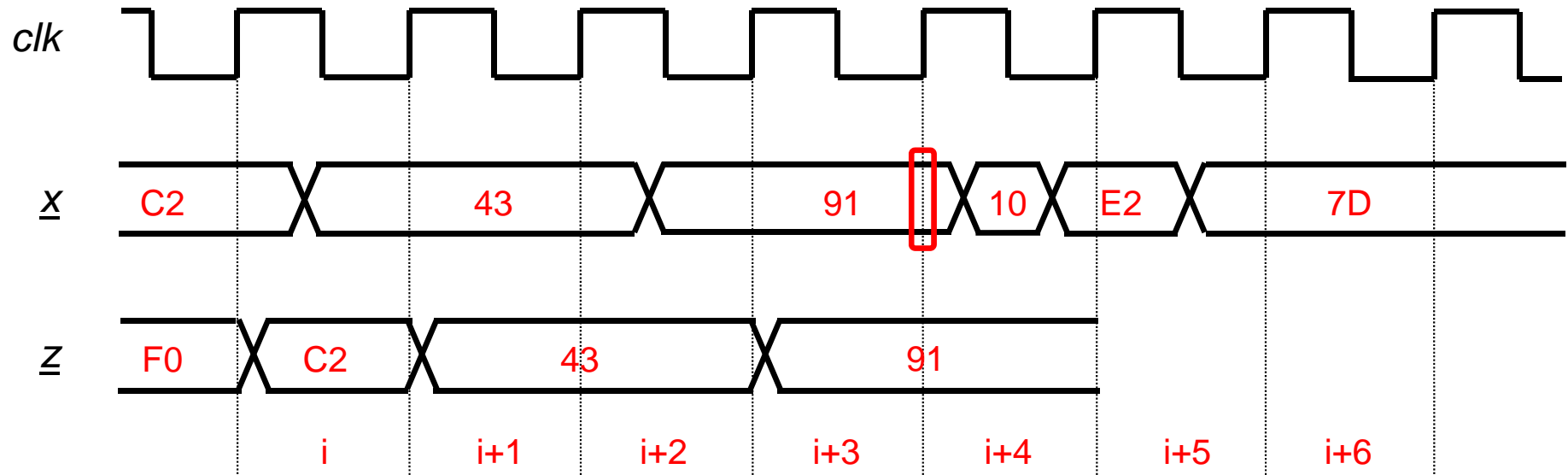




Concepto de registro de estado

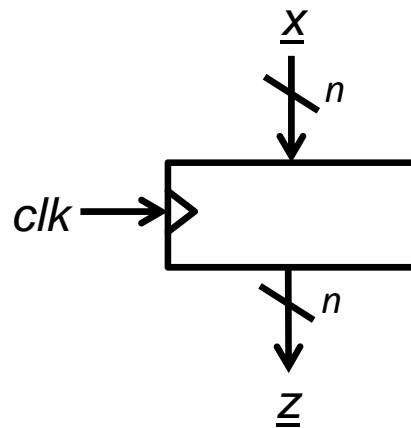


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

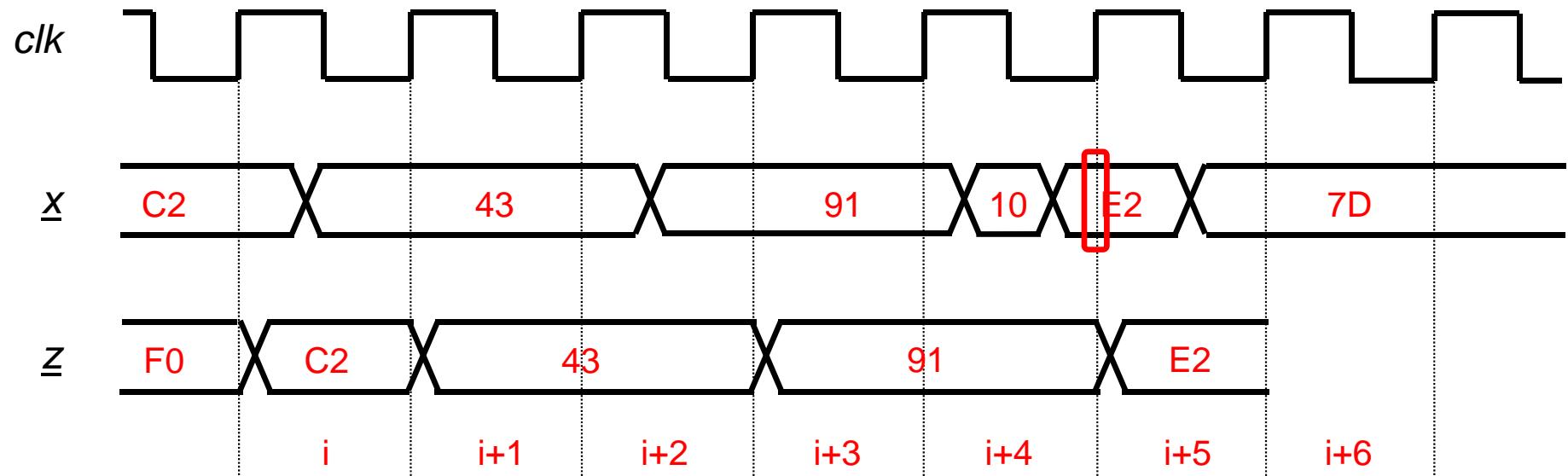




Concepto de registro de estado

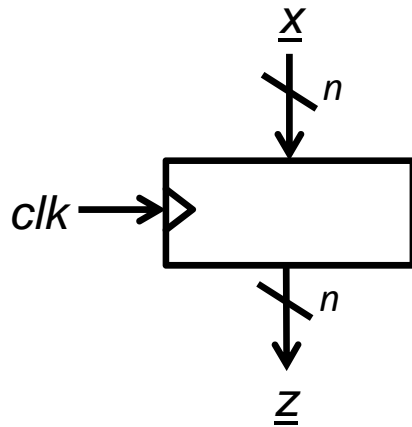


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

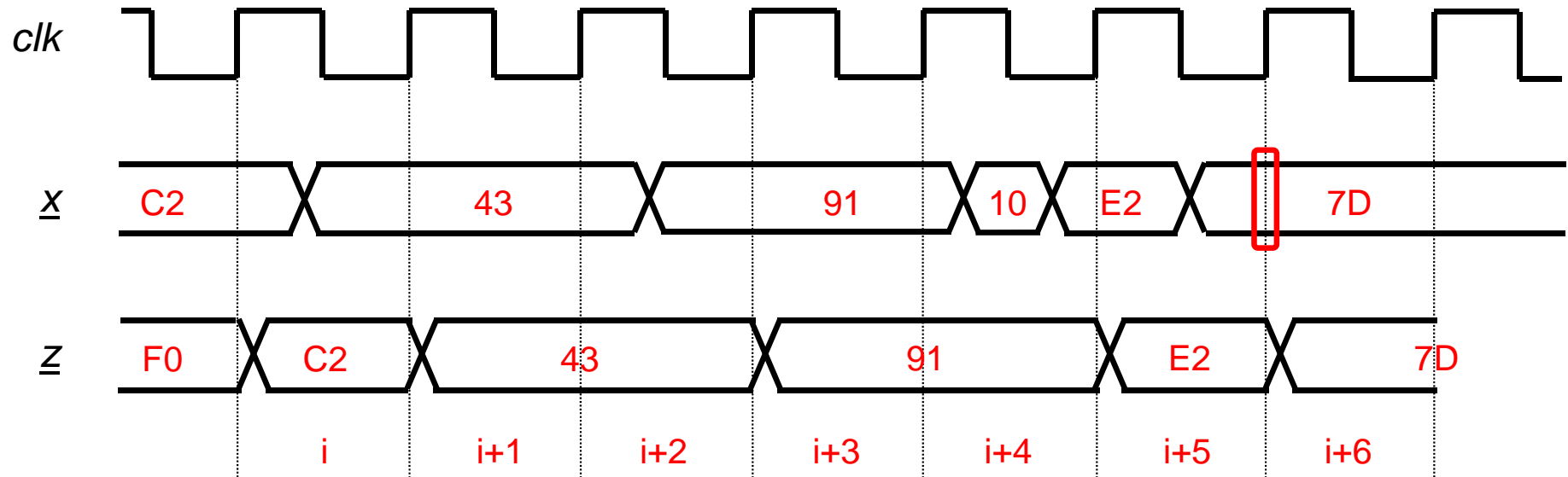




Concepto de registro de estado

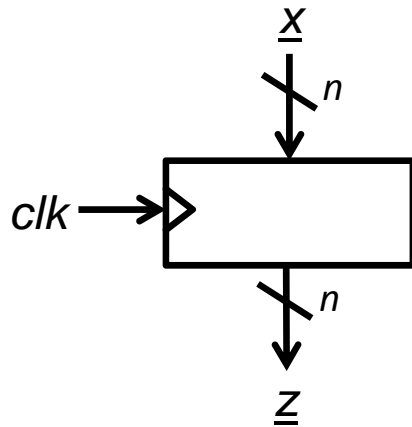


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

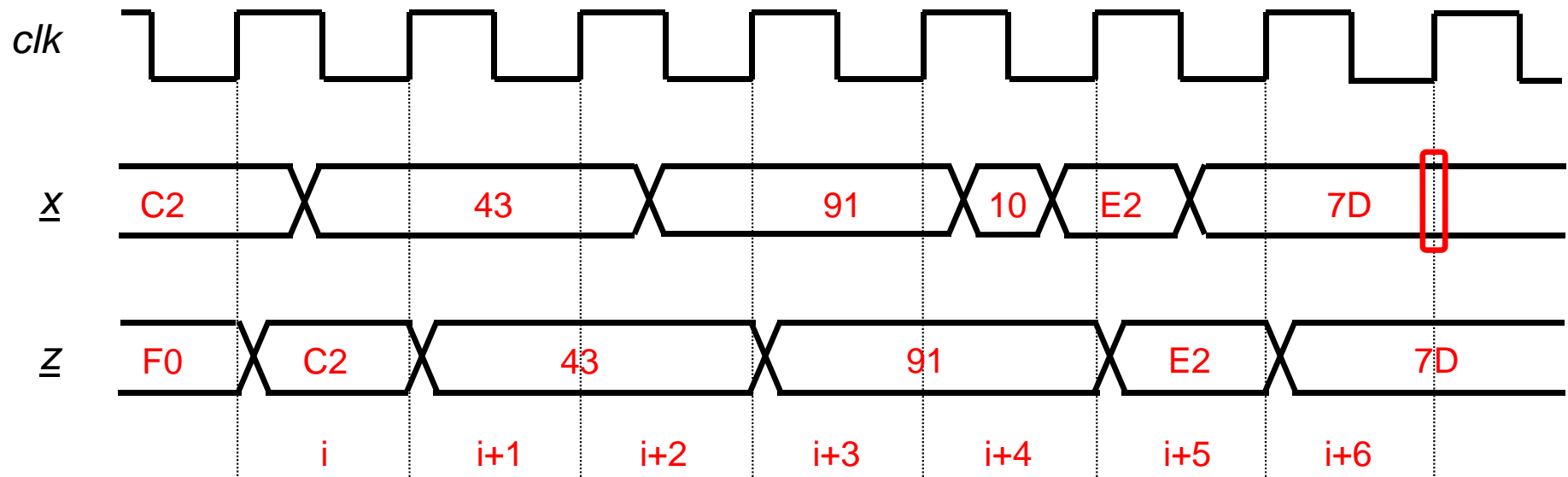




Concepto de registro de estado

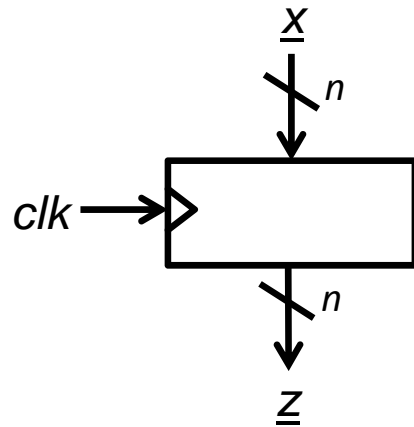


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.

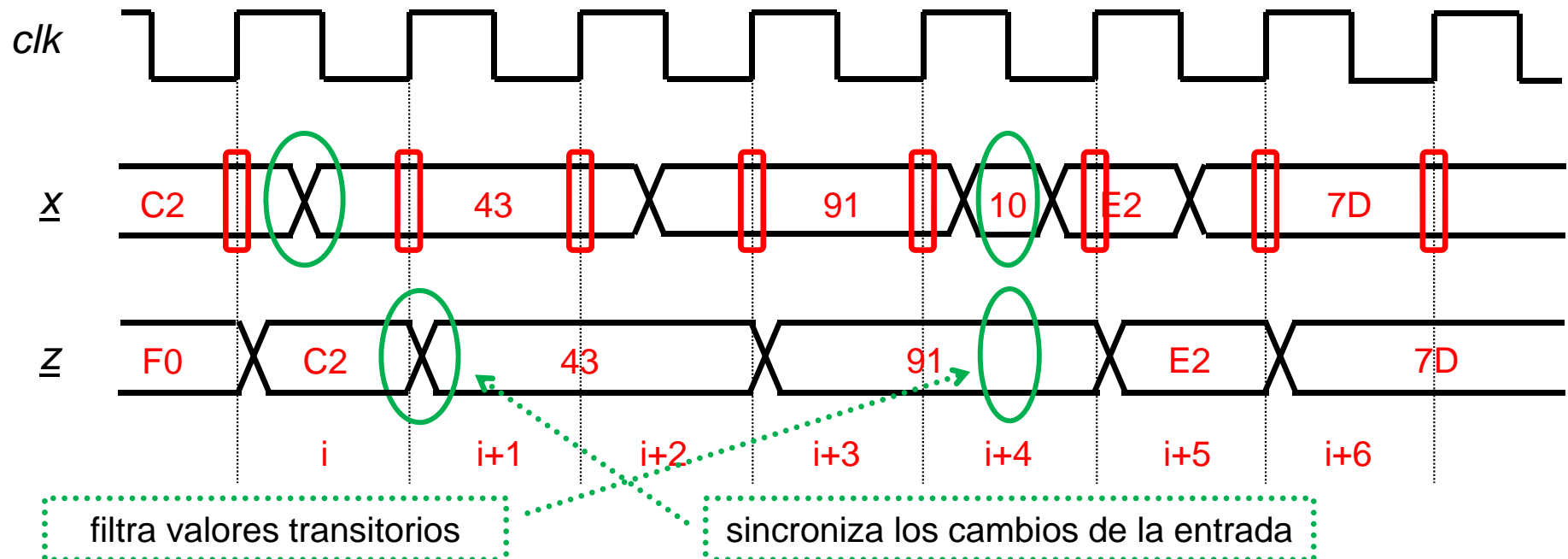




Concepto de registro de estado

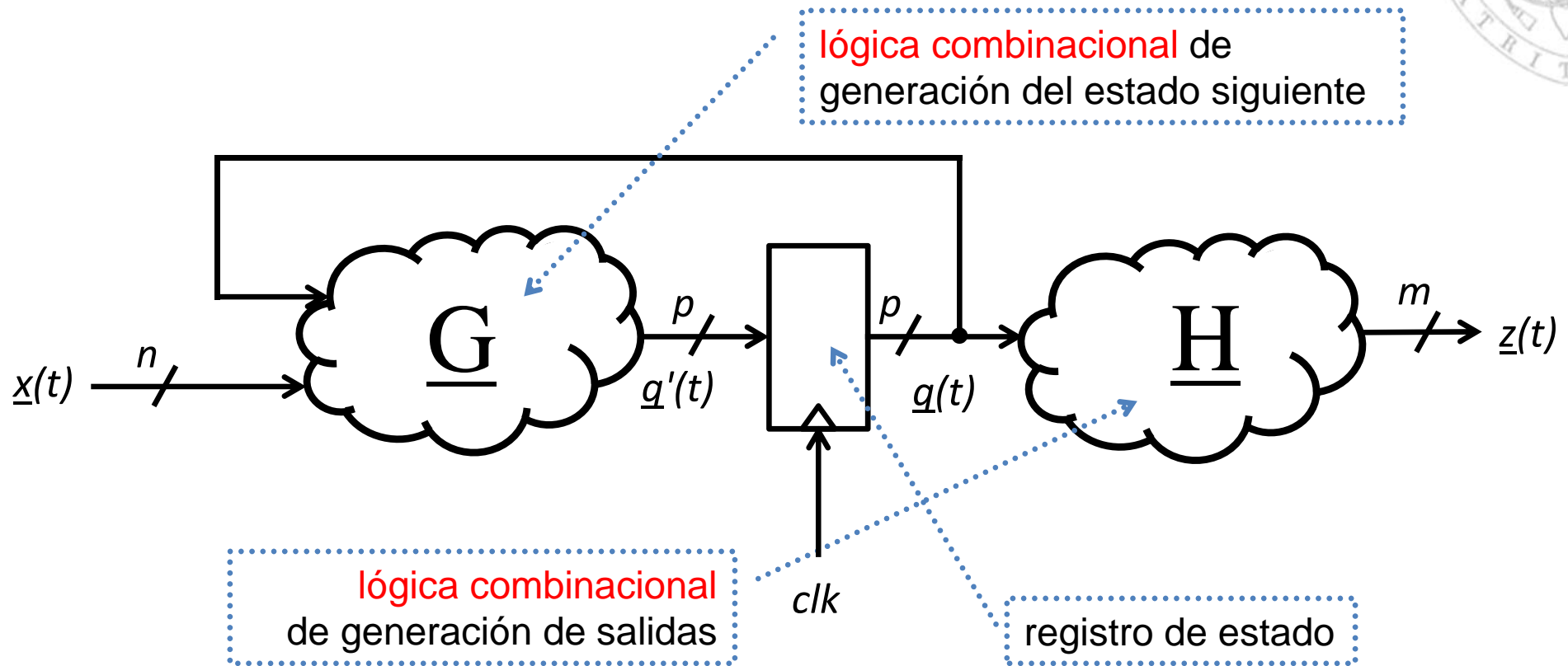


- **Registro de estado:** a cada flanco de reloj transfiere el valor de la entrada a la salida y lo mantiene durante un ciclo de reloj.





Máquina de Moore

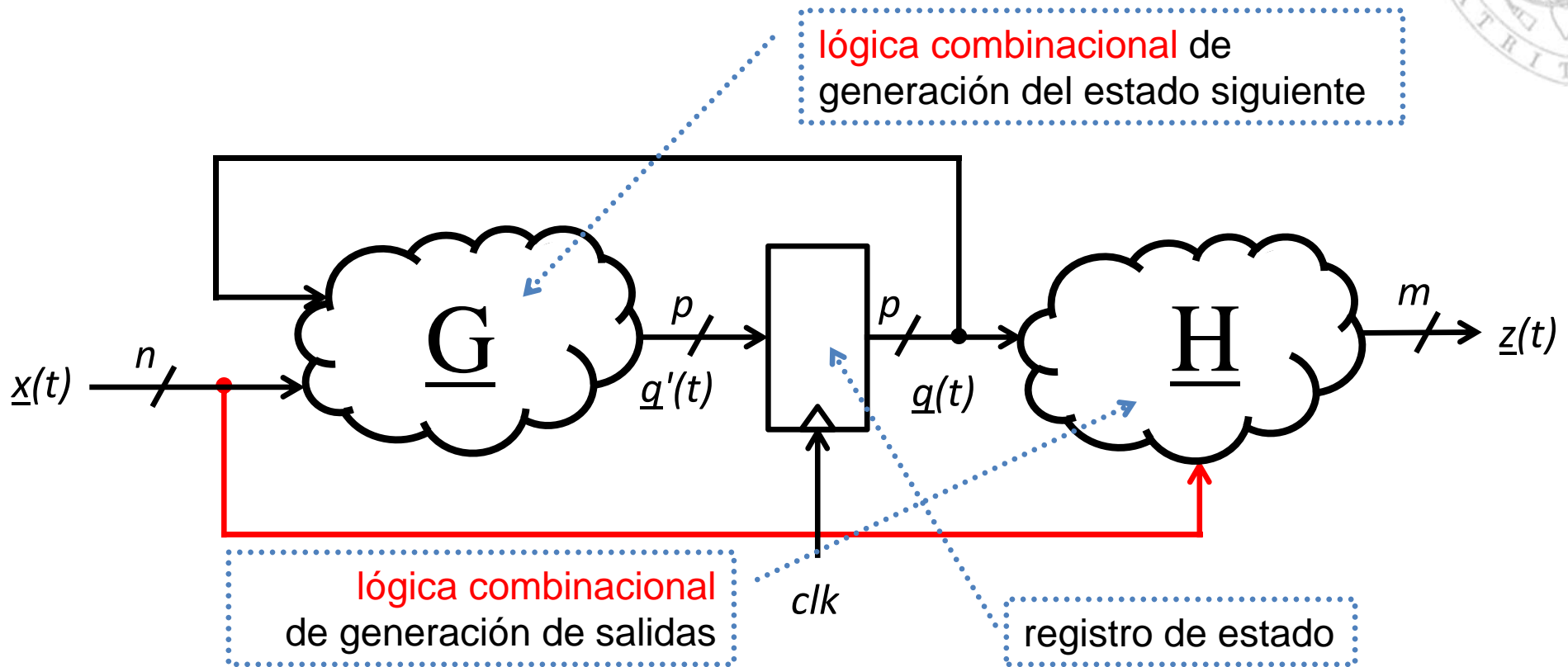


Estructura de una Máquina de Moore

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



Máquina de Mealy



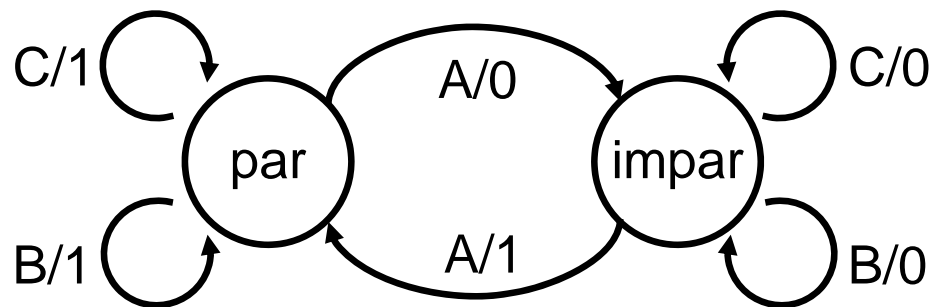
Estructura de una Máquina de Mealy

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

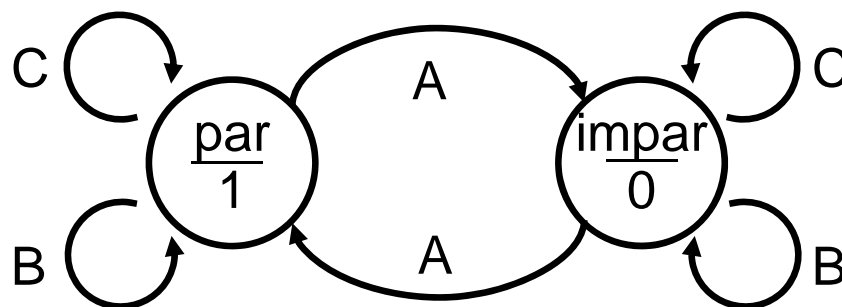
■ Mealy:



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



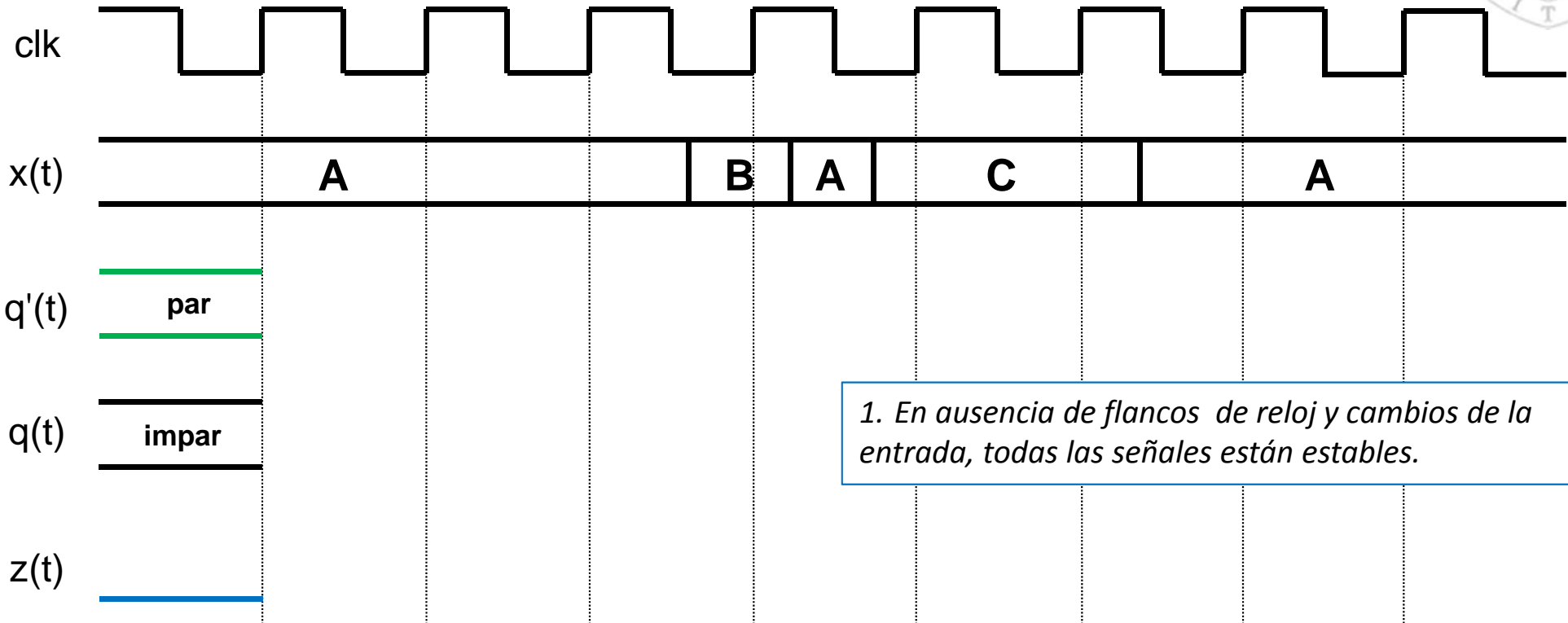
Máquina de Moore

versión 12/09/14

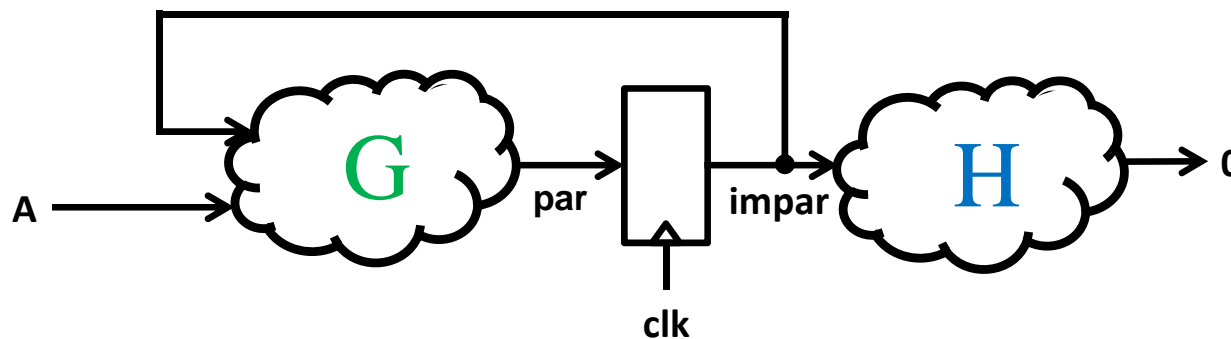
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

40



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
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



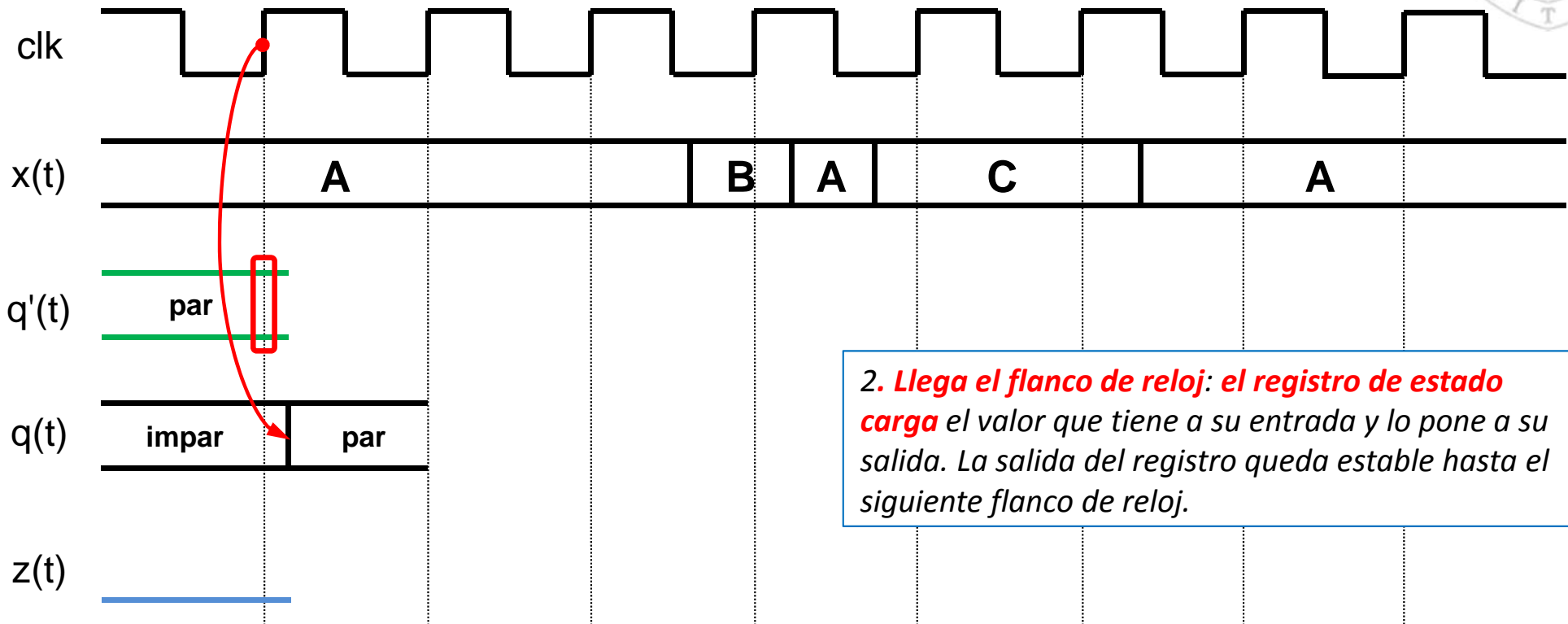
Máquina de Moore

versión 12/09/14

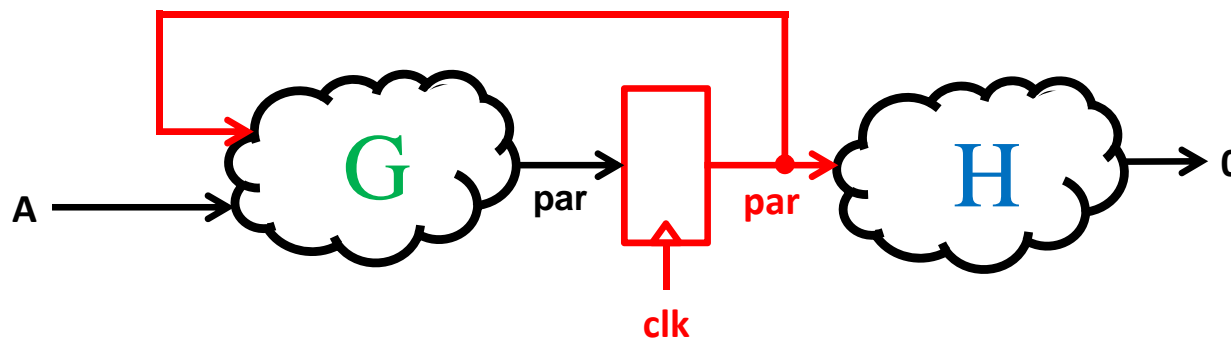
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

41



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



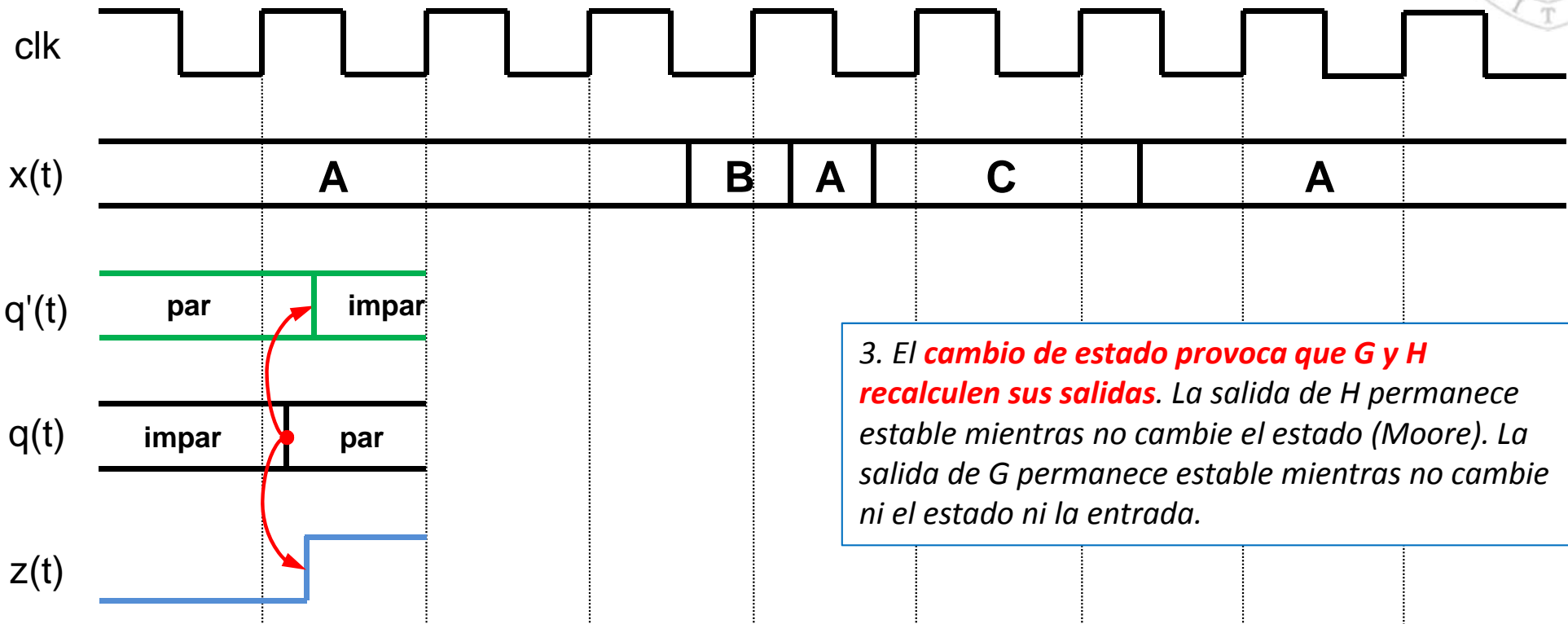
Máquina de Moore

versión 12/09/14

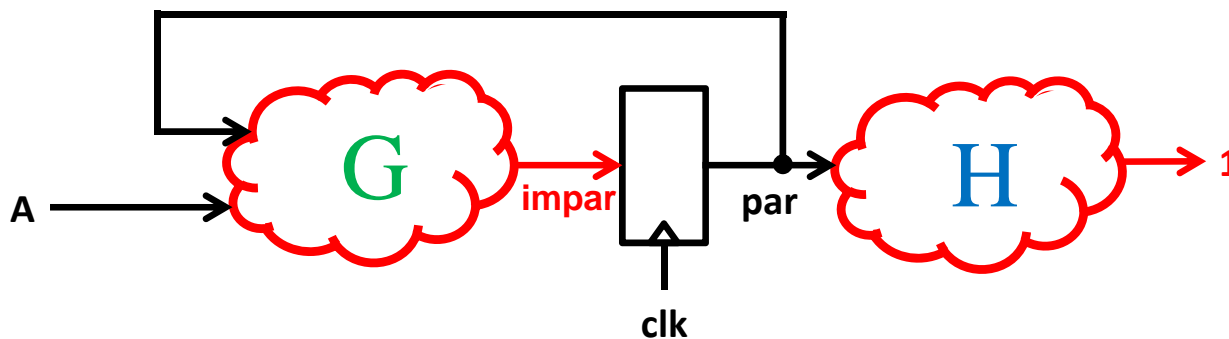
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

42



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



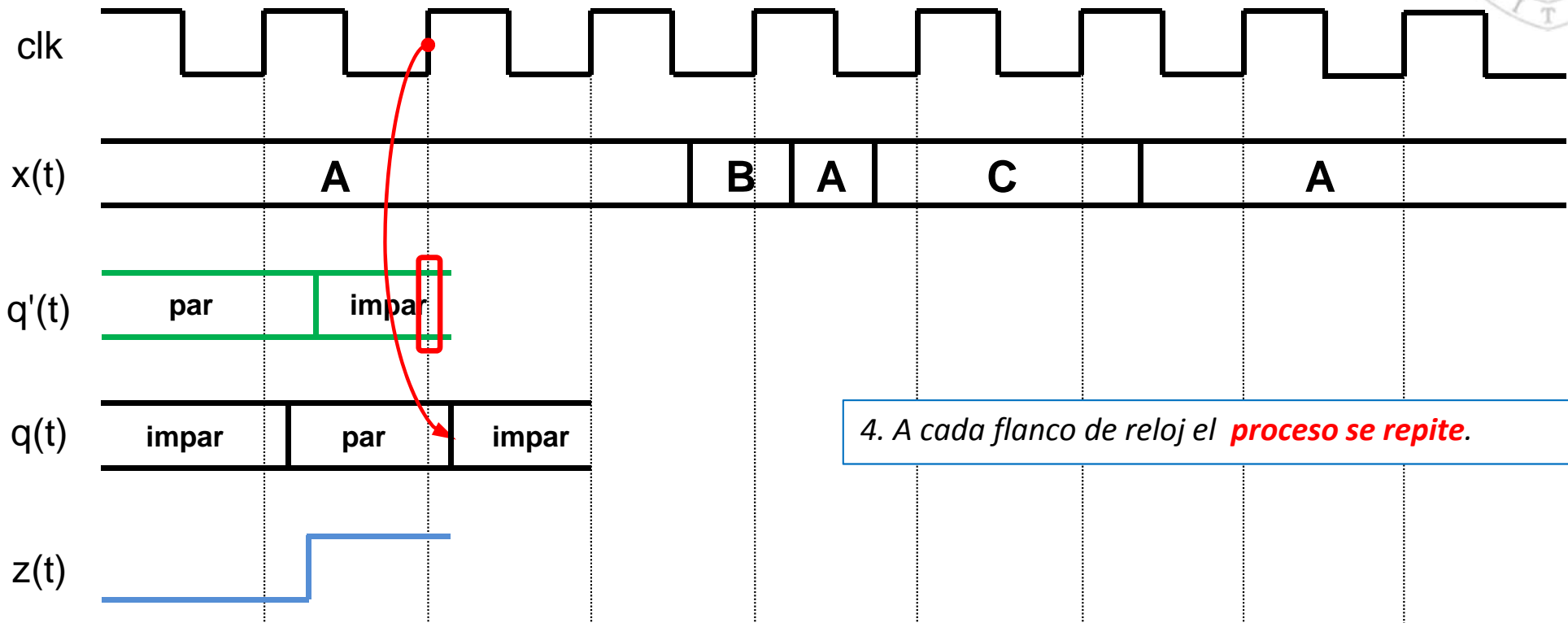
Máquina de Moore

versión 12/09/14

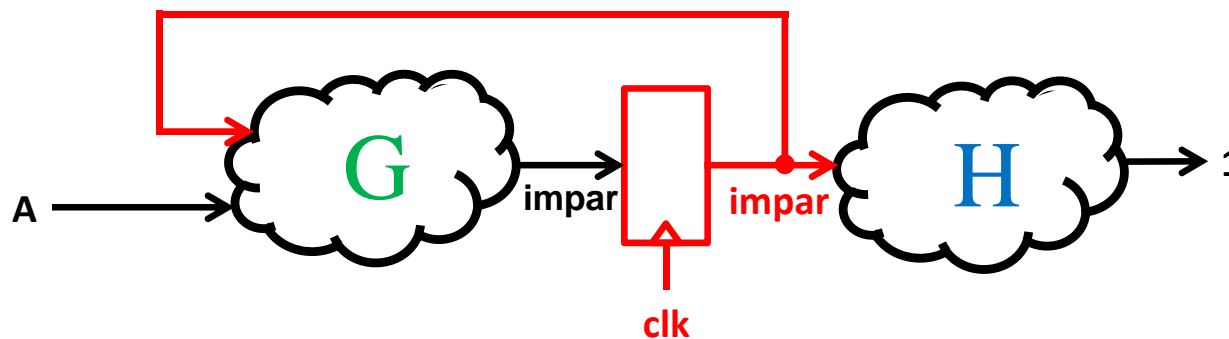
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

43



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



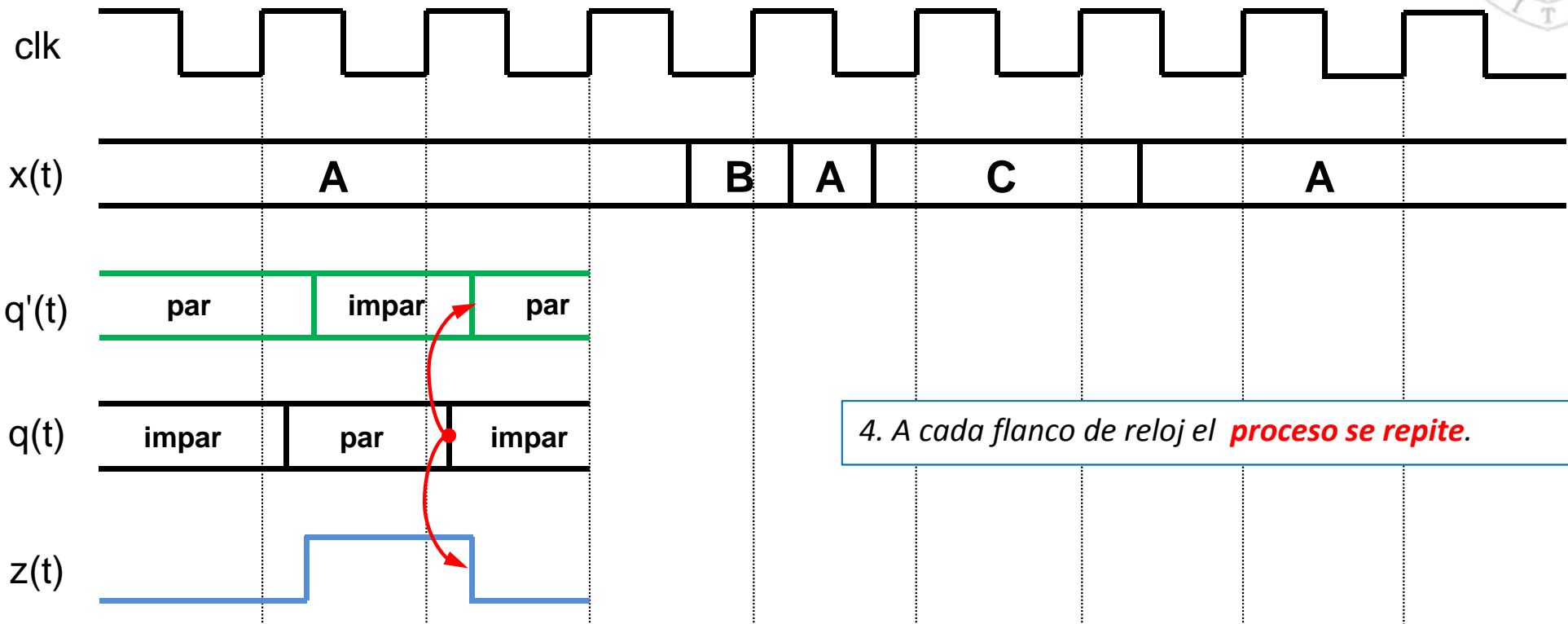
Máquina de Moore

versión 12/09/14

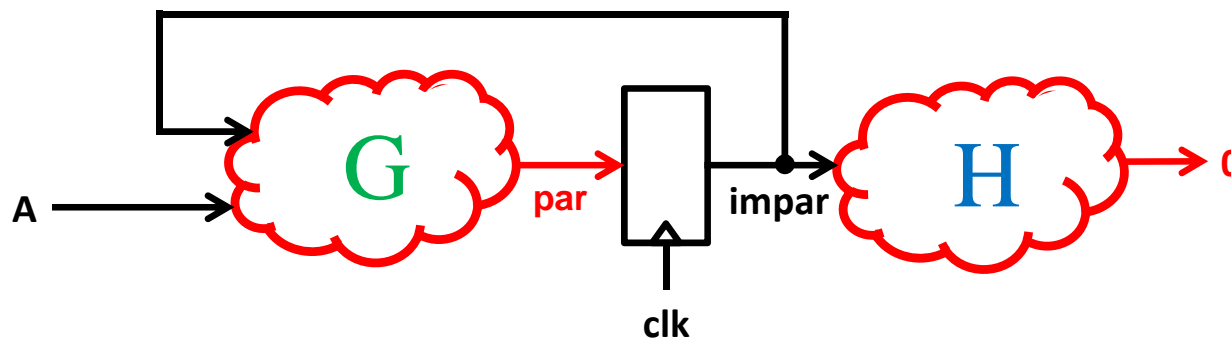
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

44



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



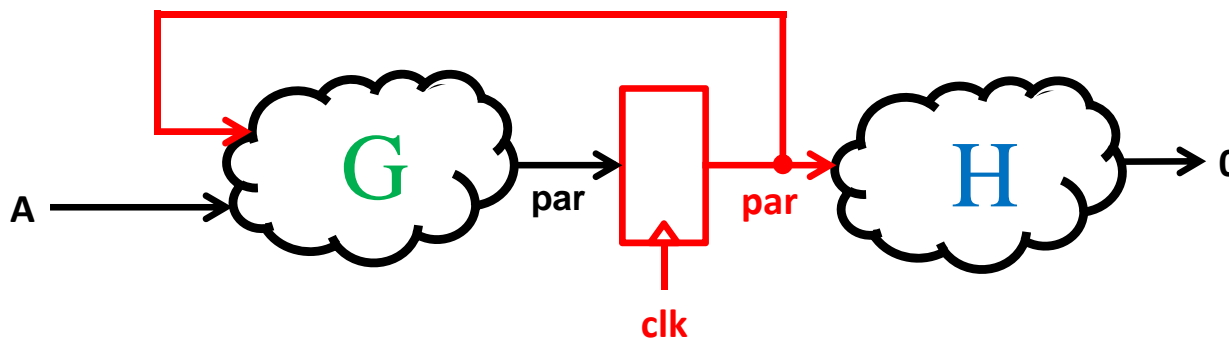
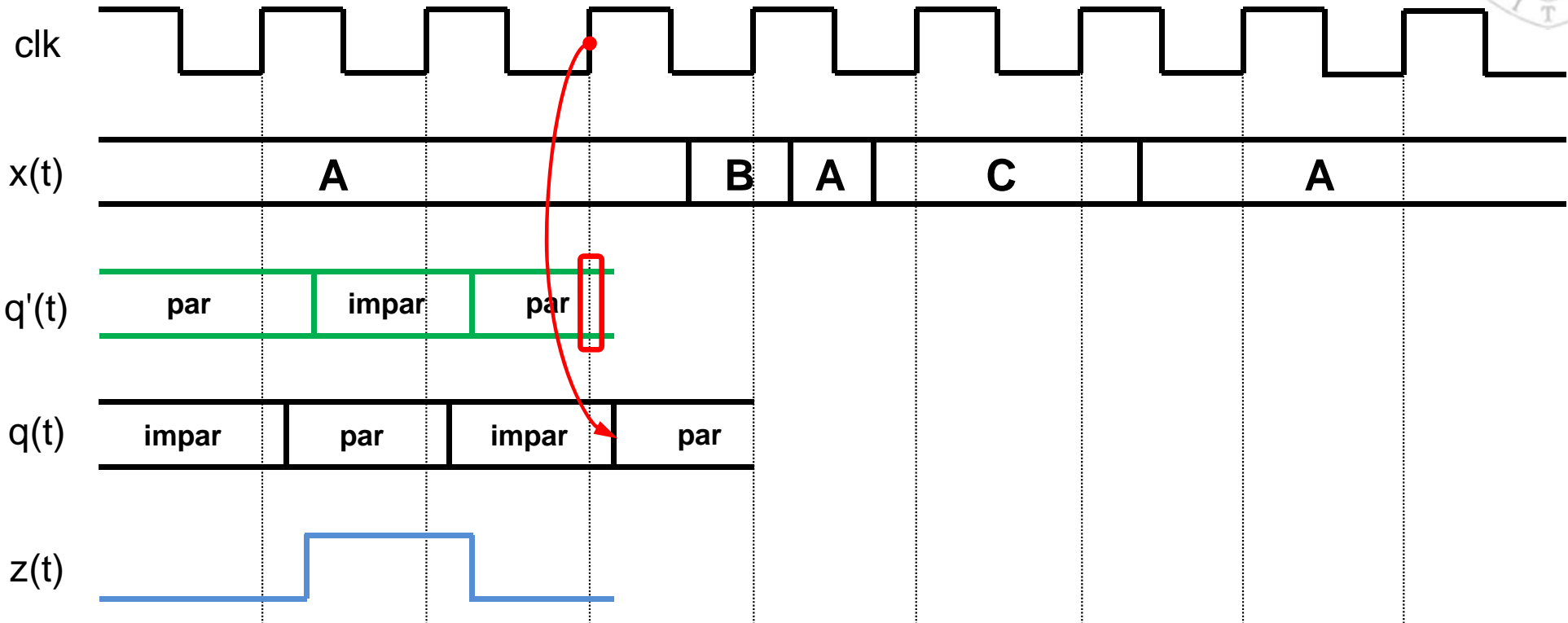
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

45



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



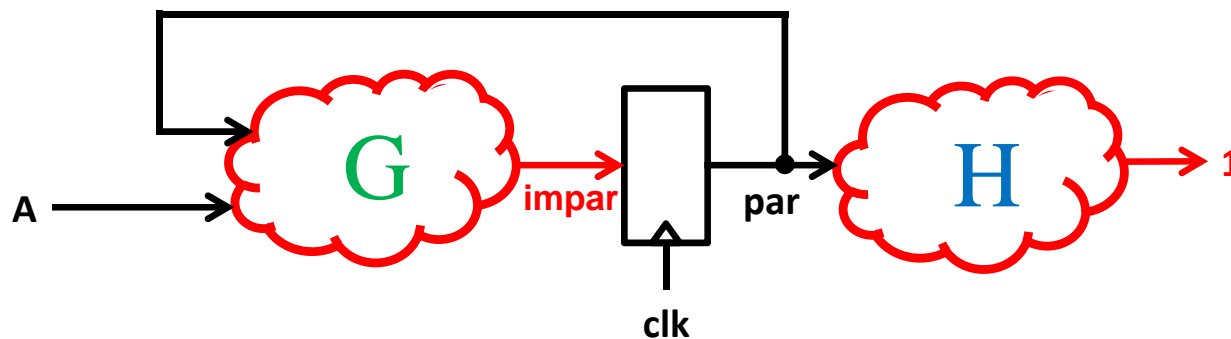
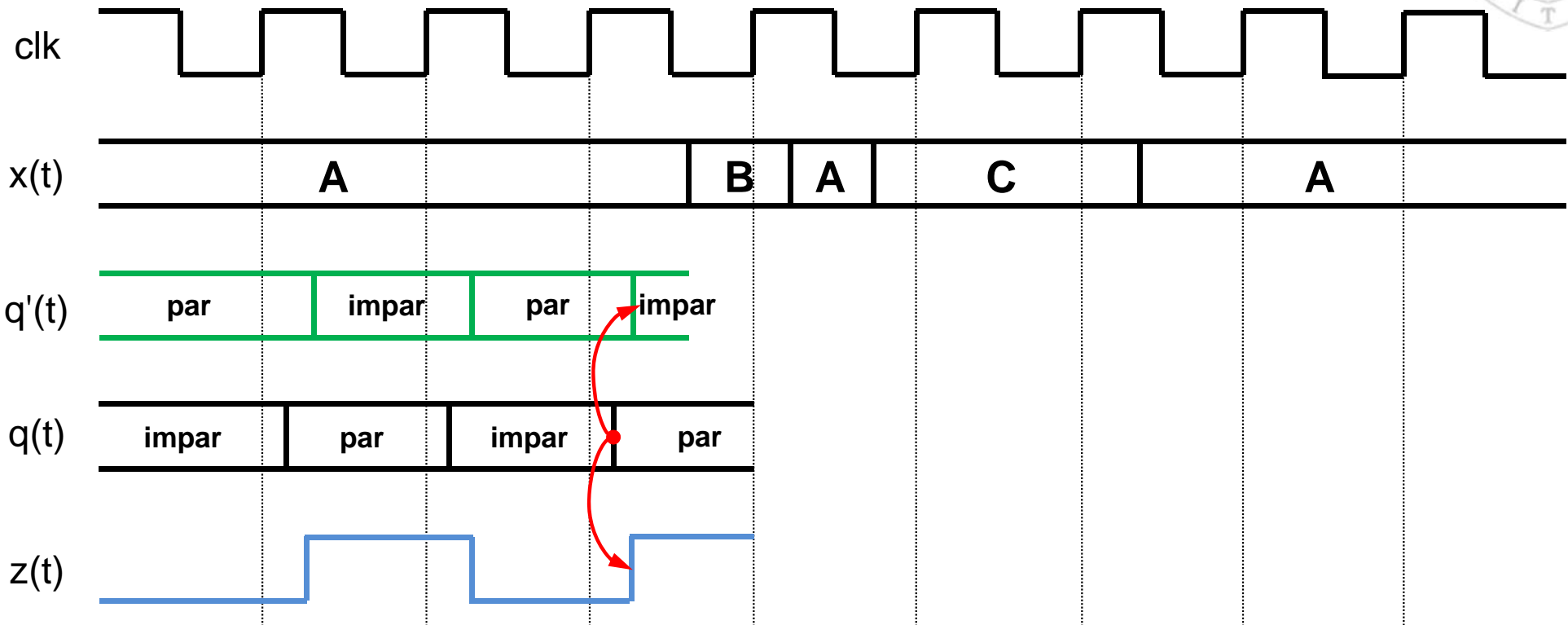
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



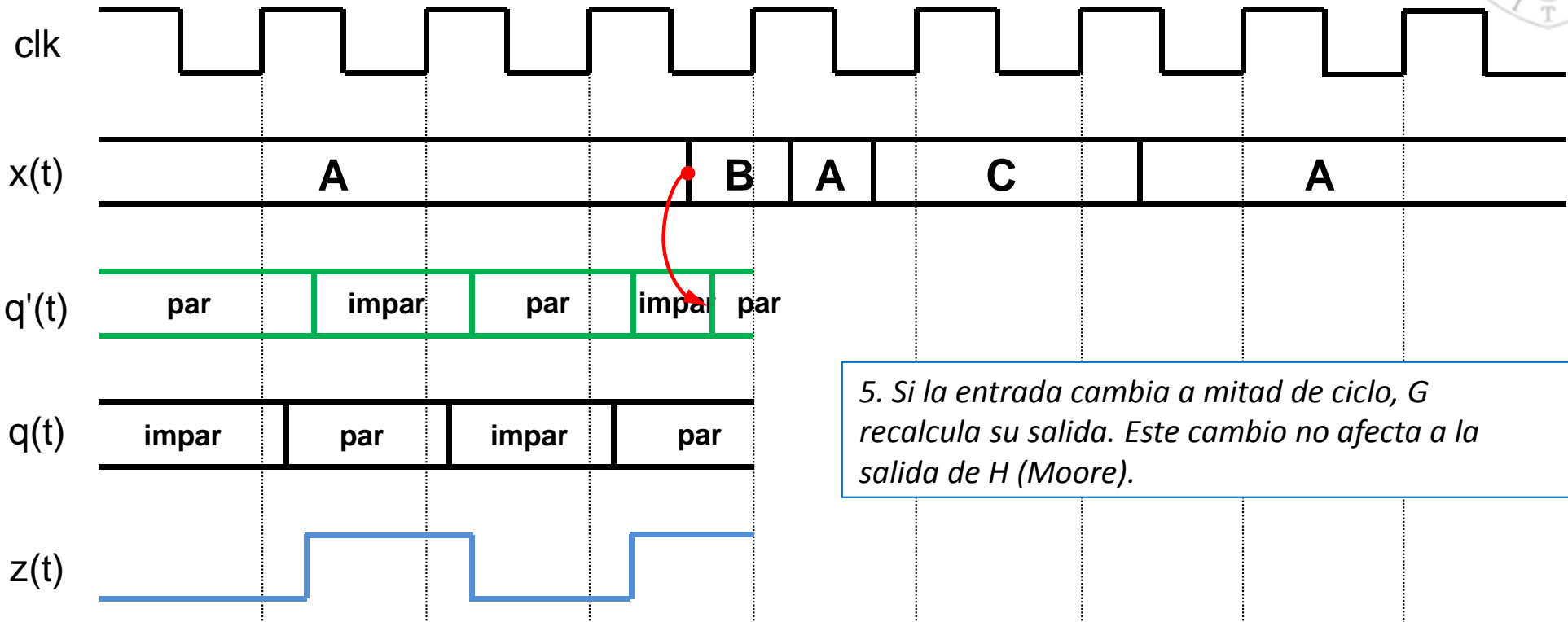
Máquina de Moore

versión 12/09/14

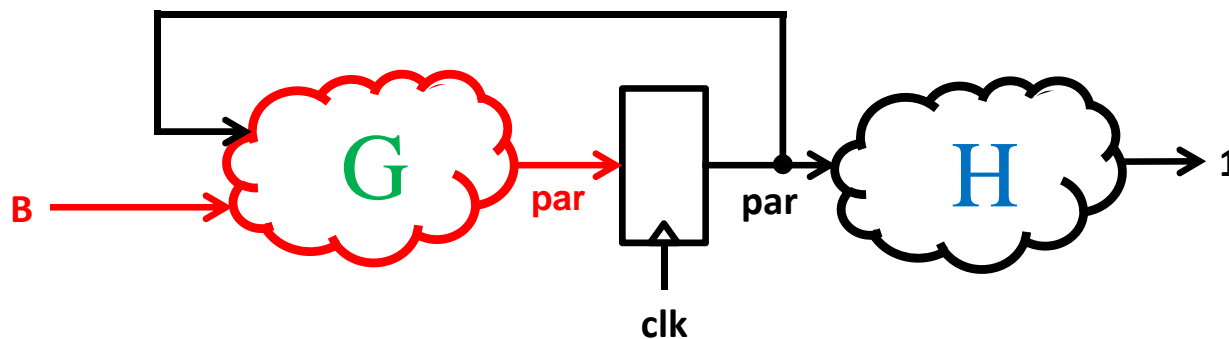
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

47



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
par	B	par
par	C	par
impar	A	par
impar	B	impar
impar	C	impar

q	z
par	1
impar	0



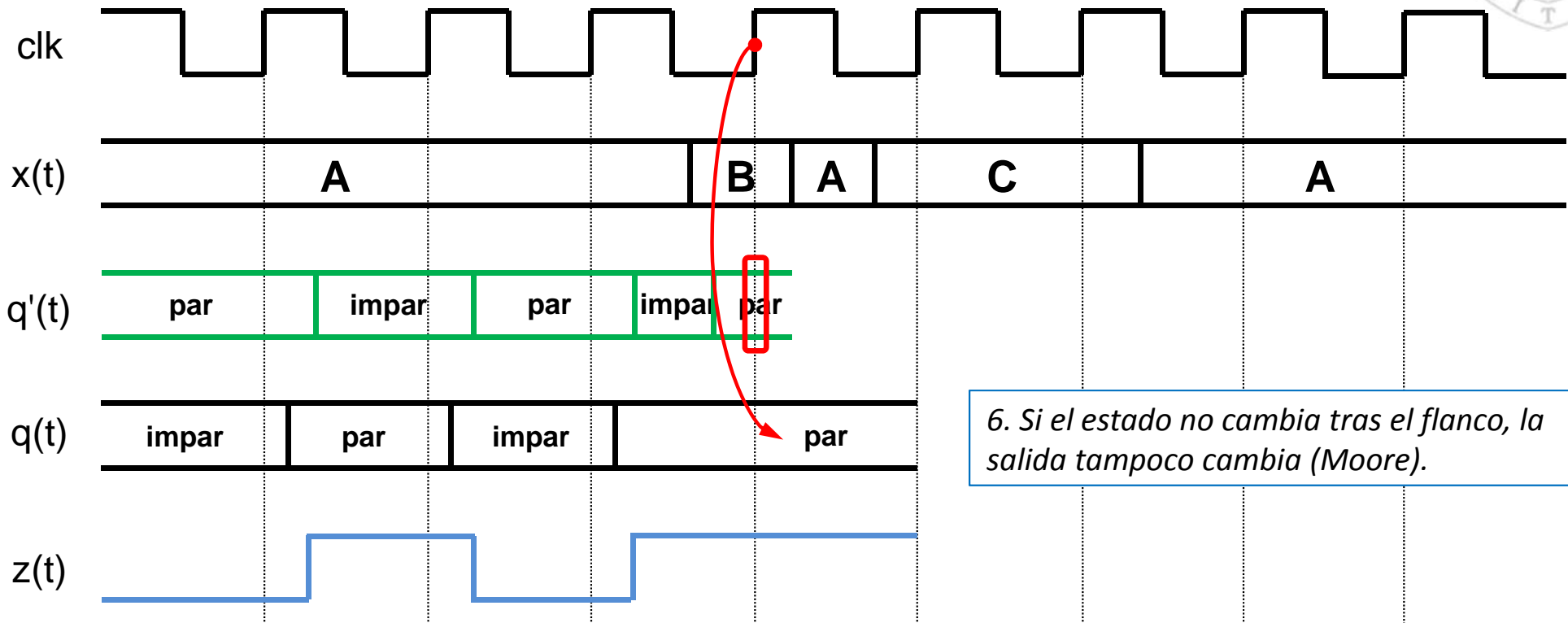
Máquina de Moore

versión 12/09/14

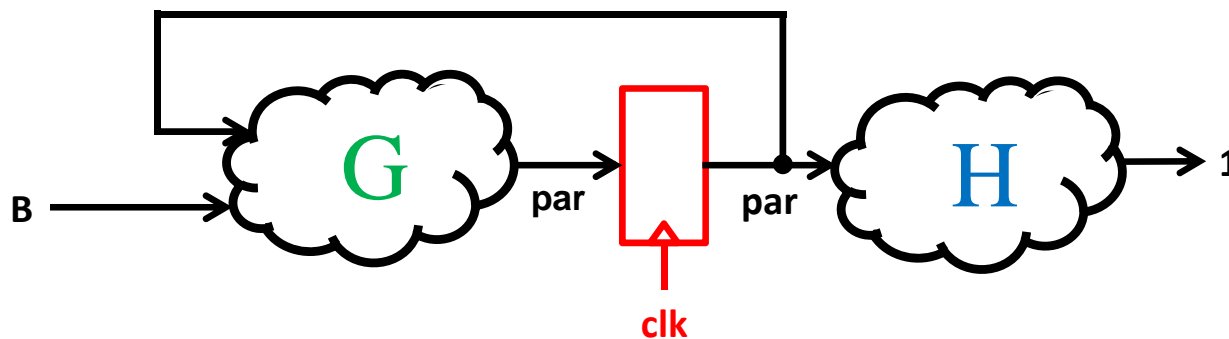
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

48



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



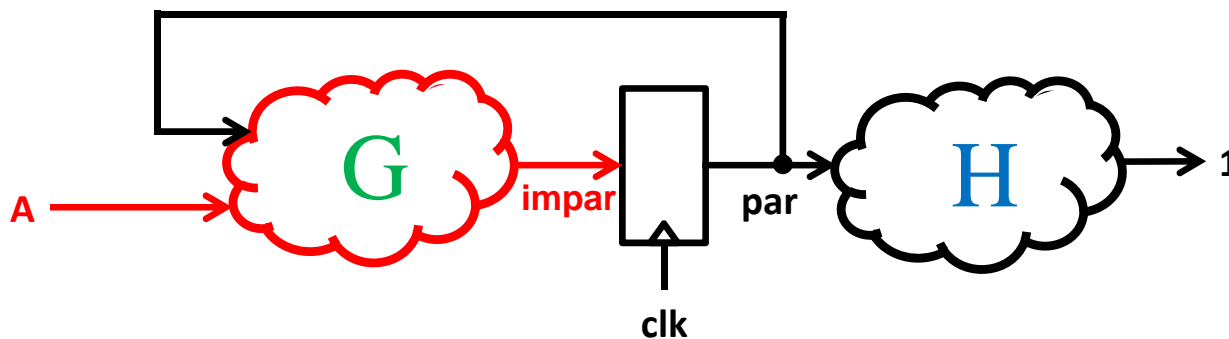
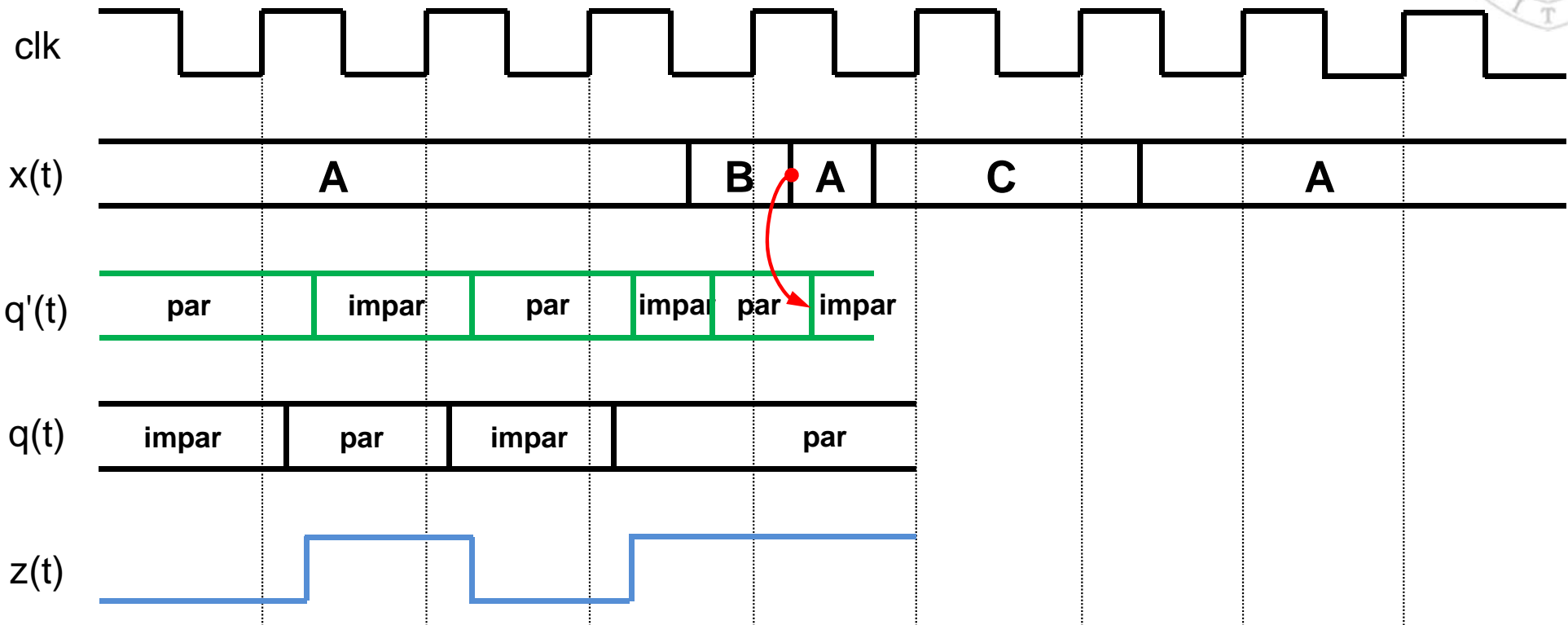
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



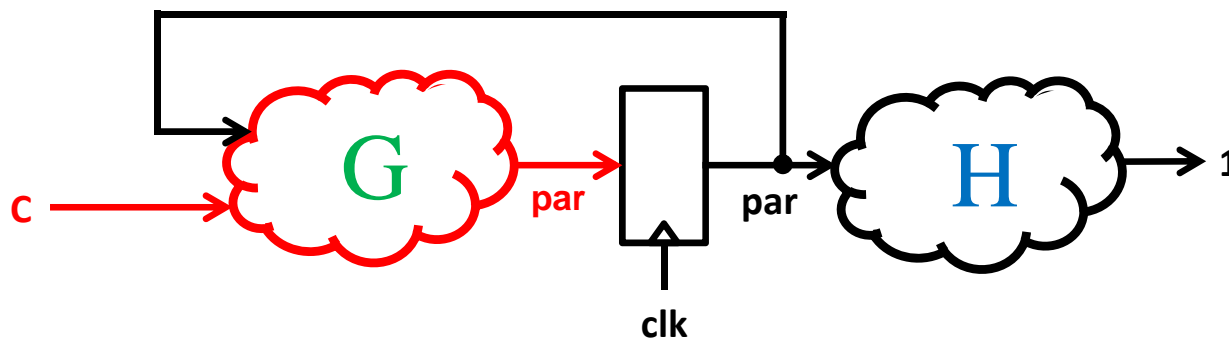
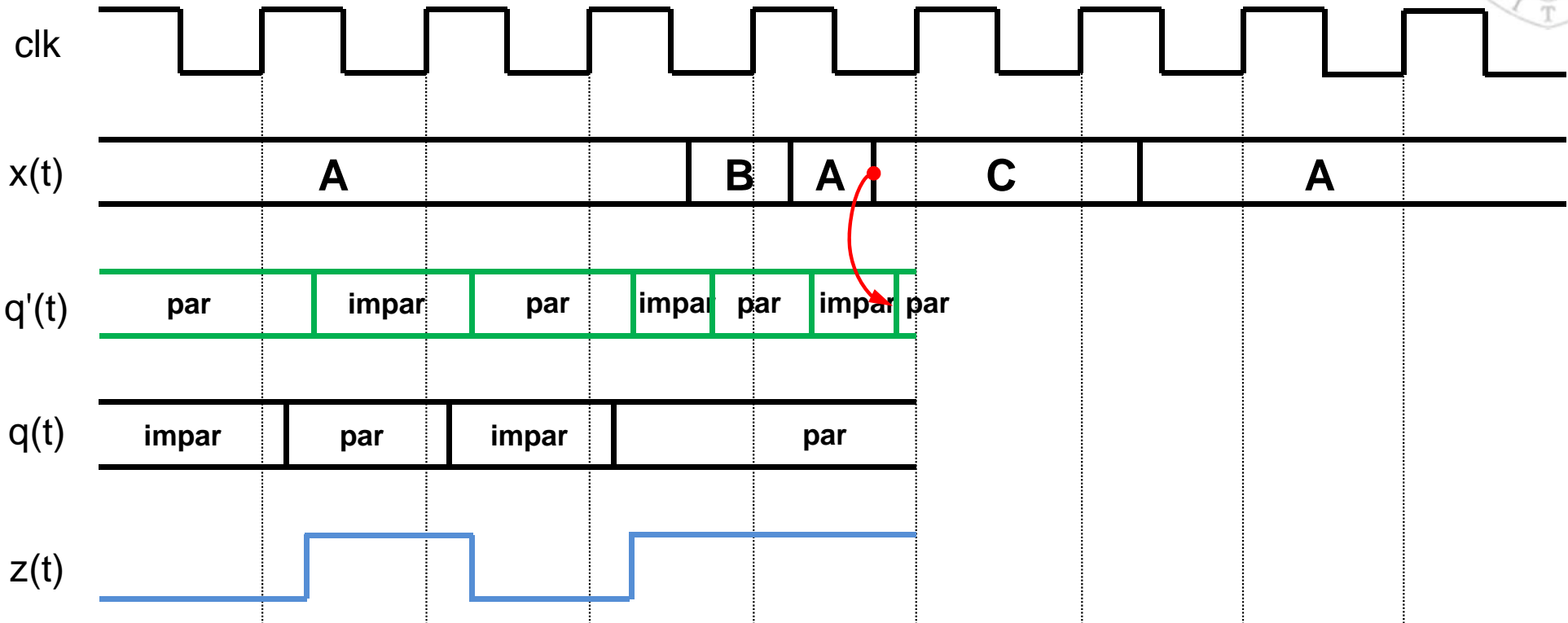
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

50



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



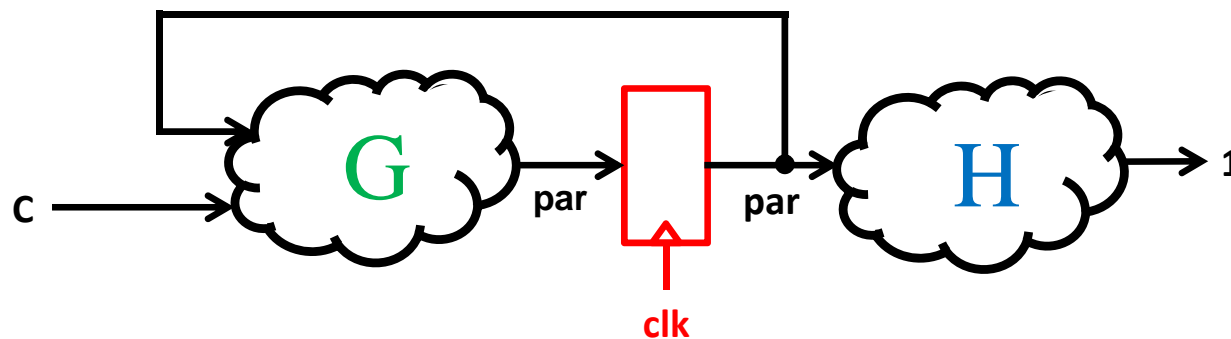
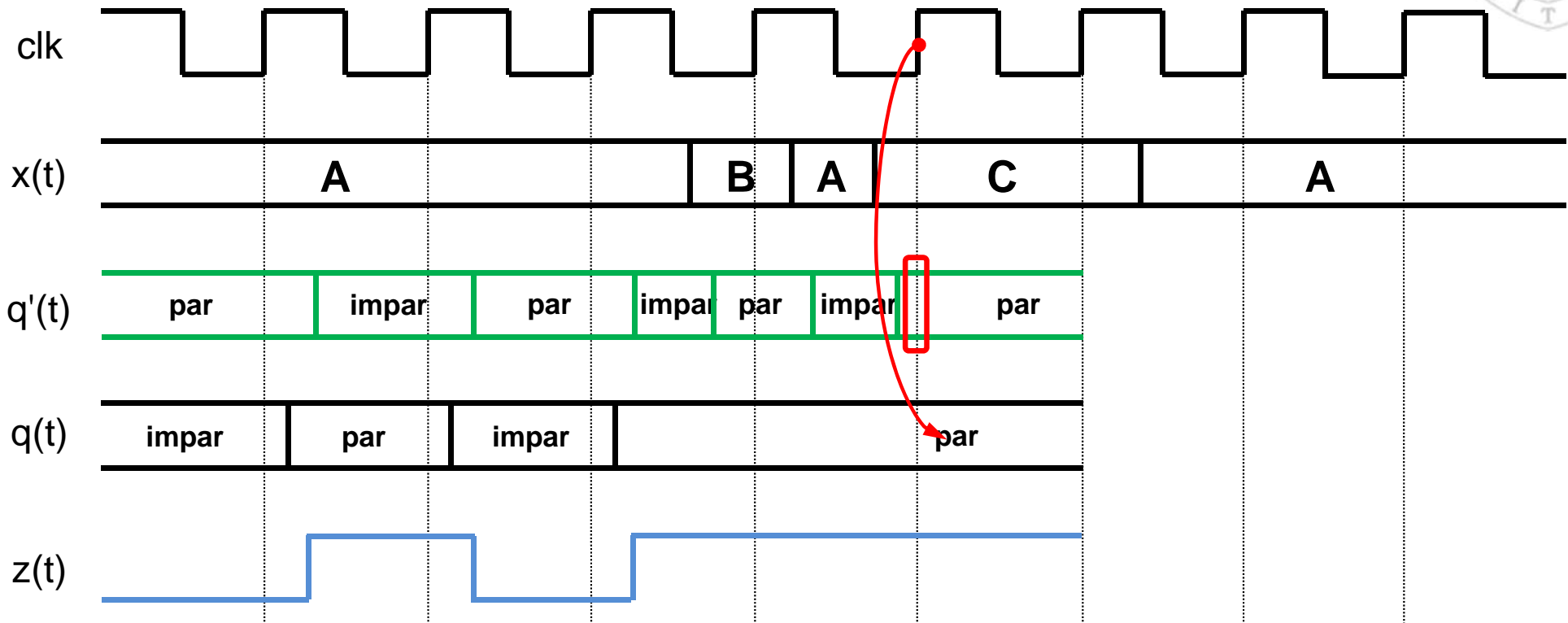
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



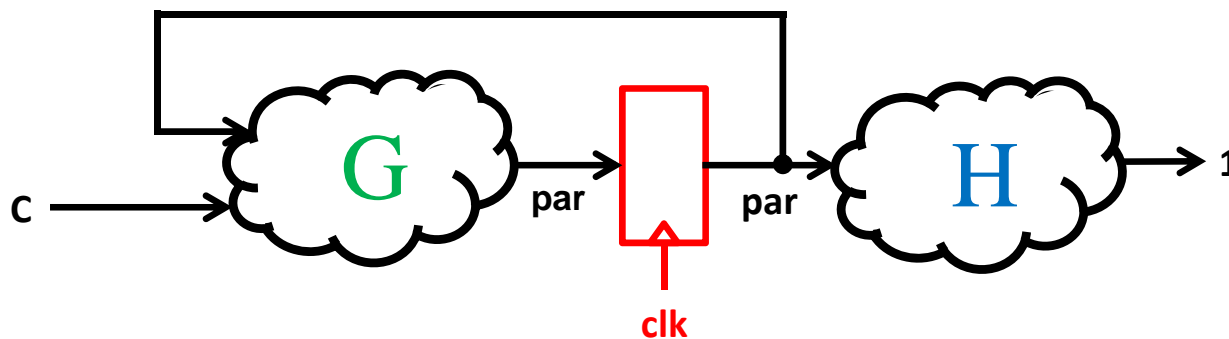
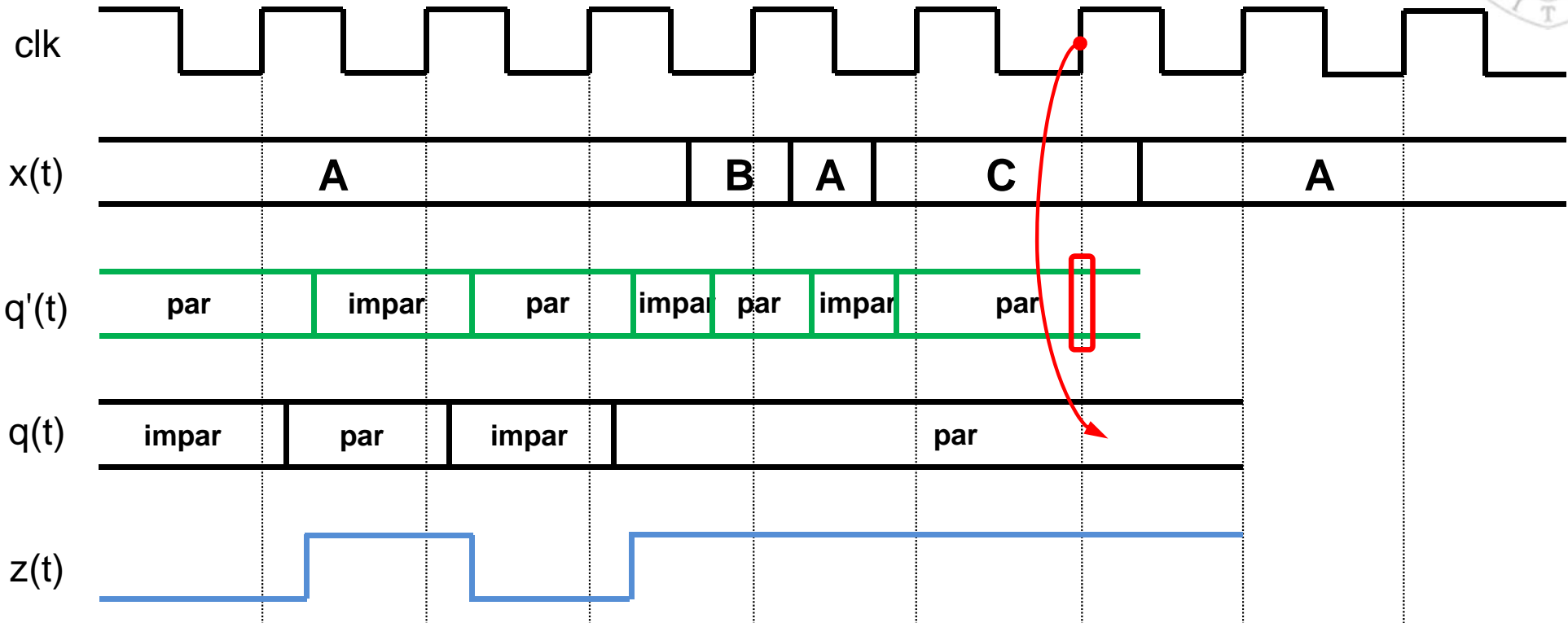
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



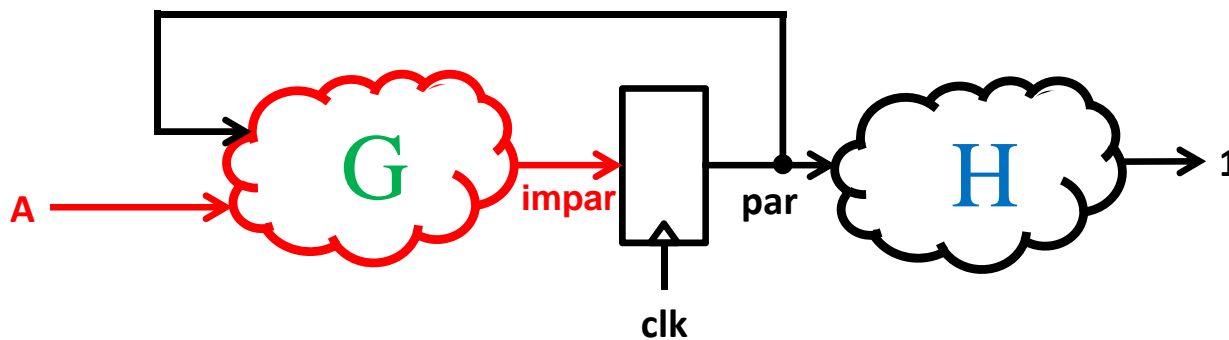
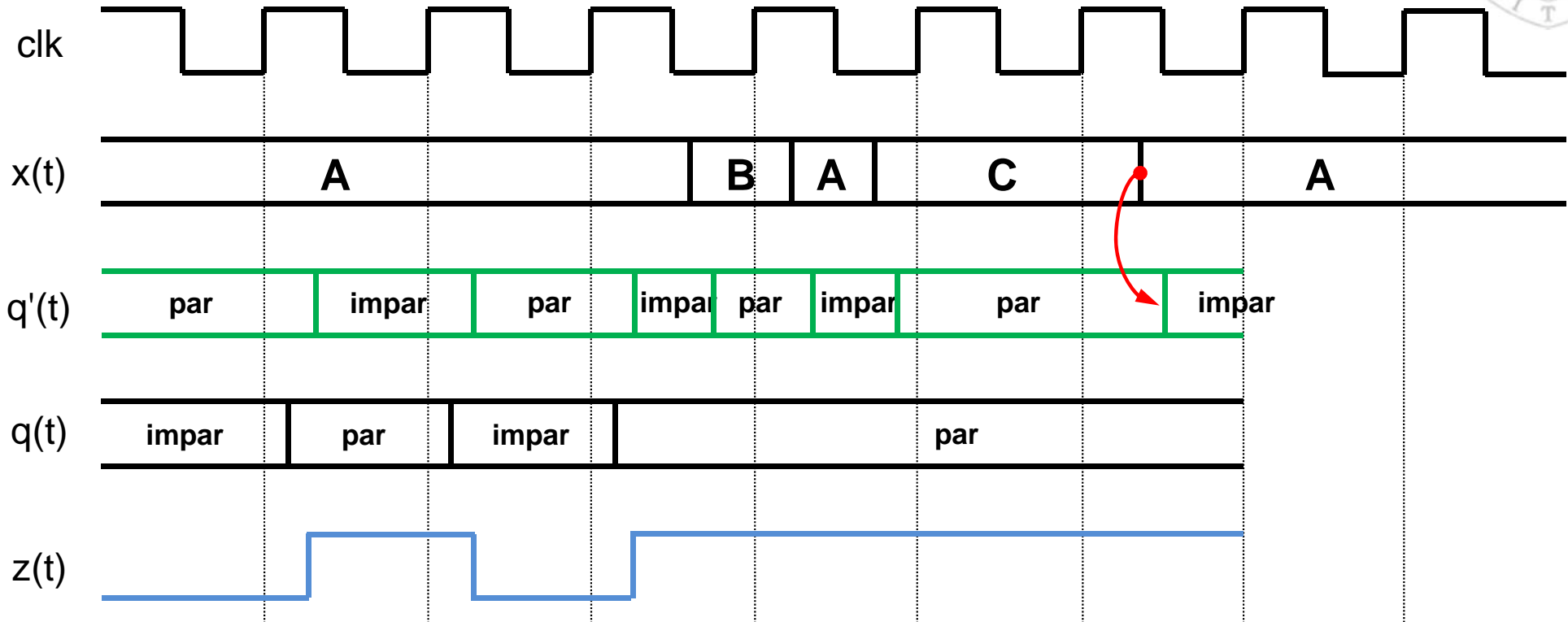
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



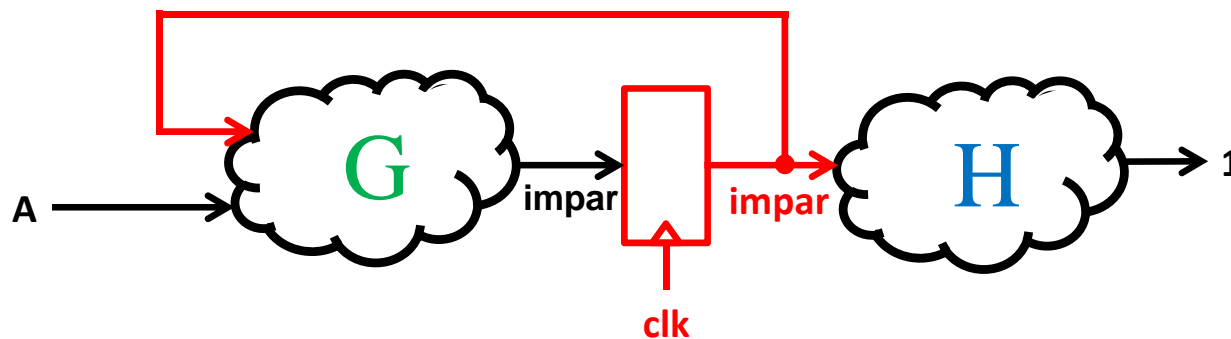
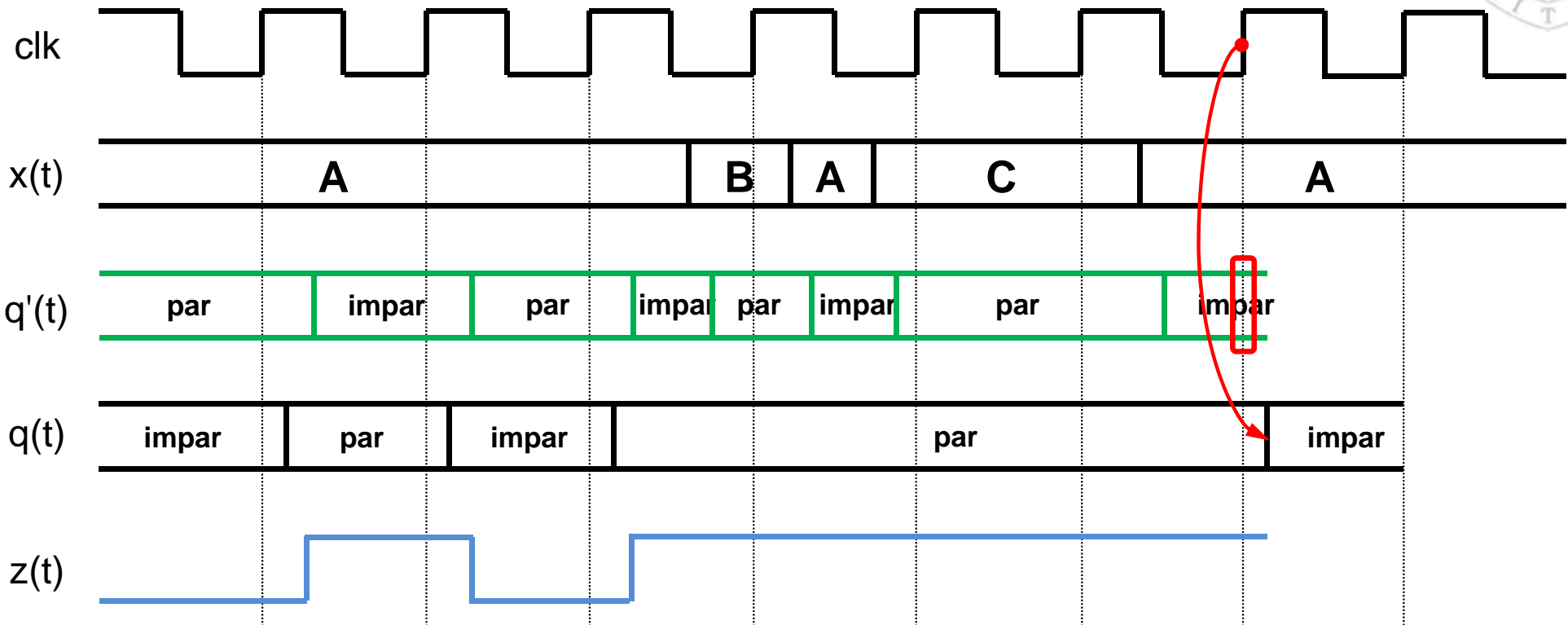
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



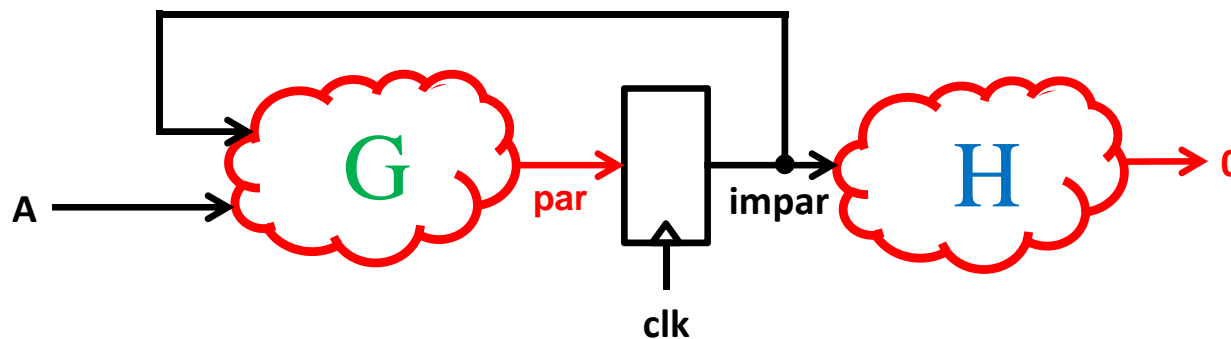
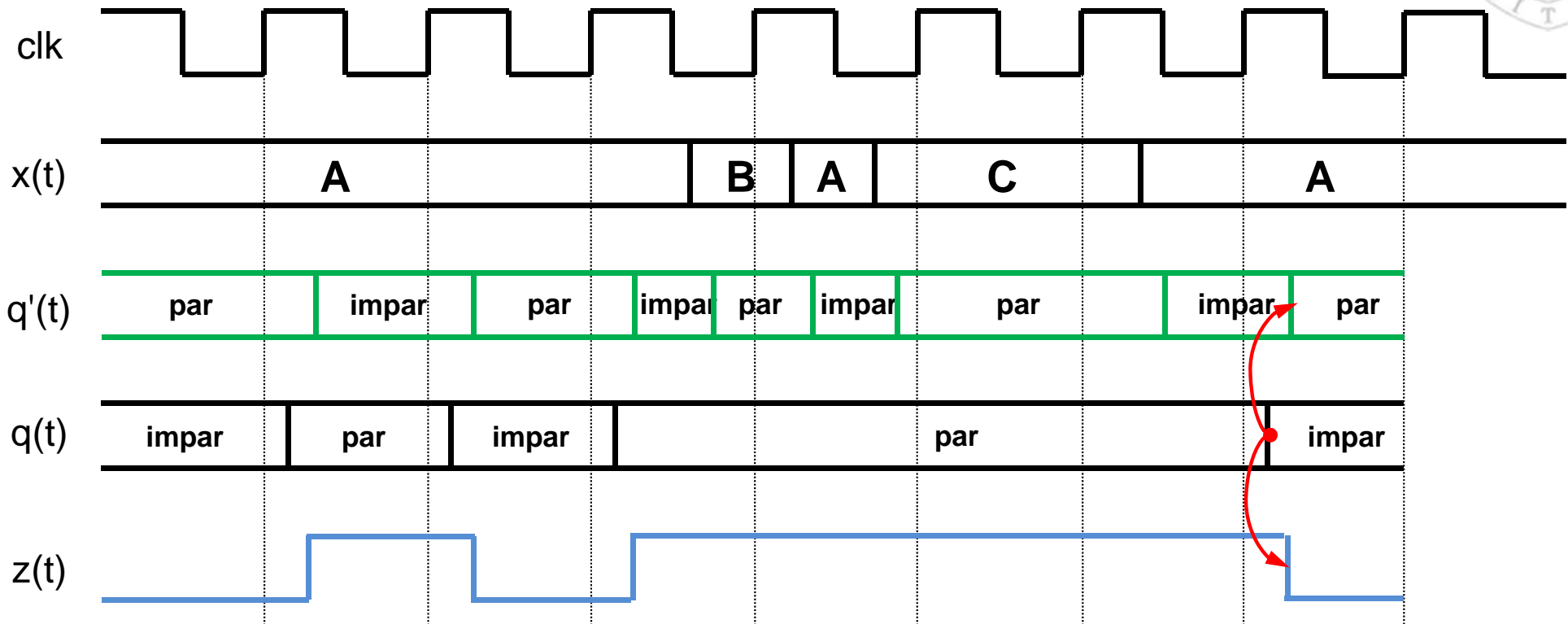
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

55



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



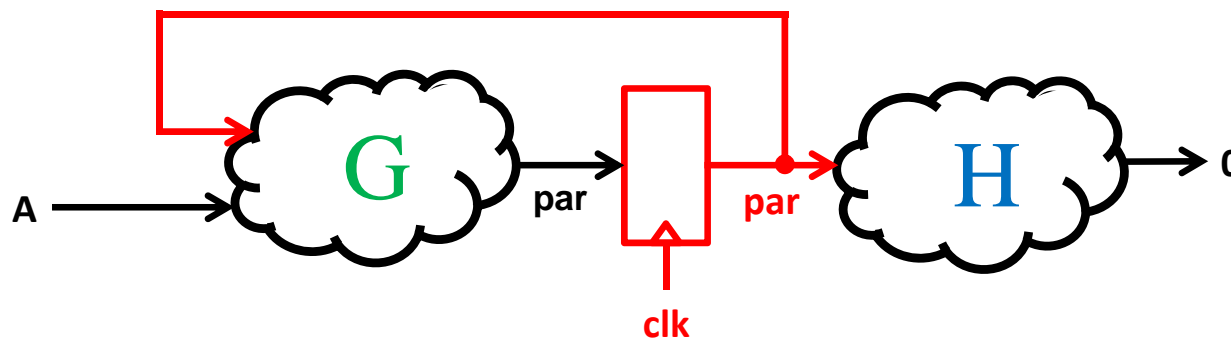
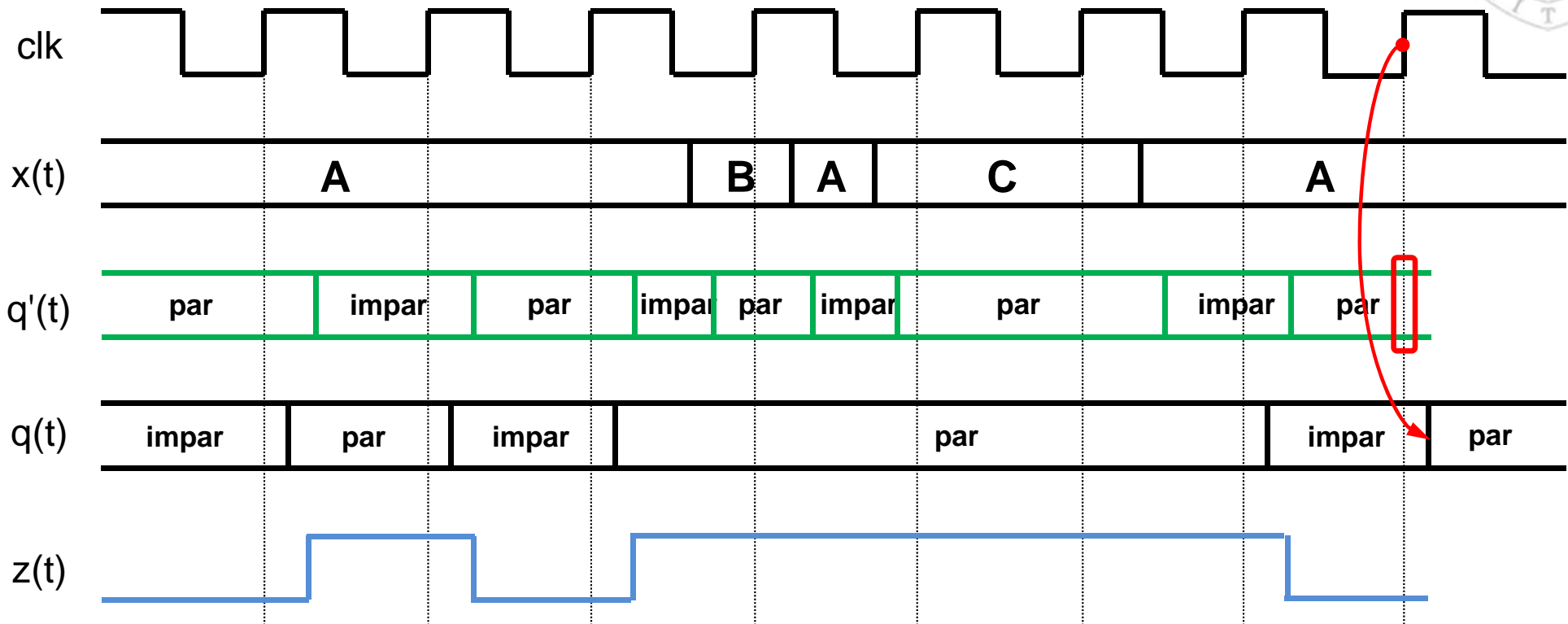
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



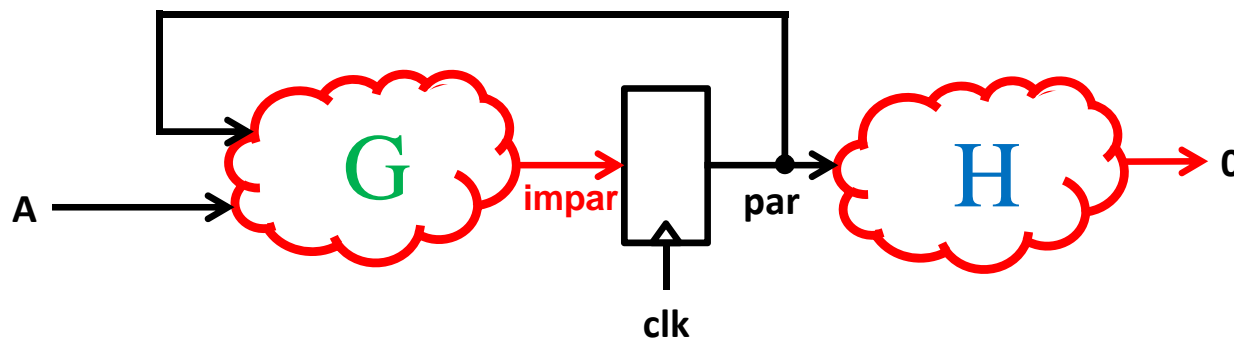
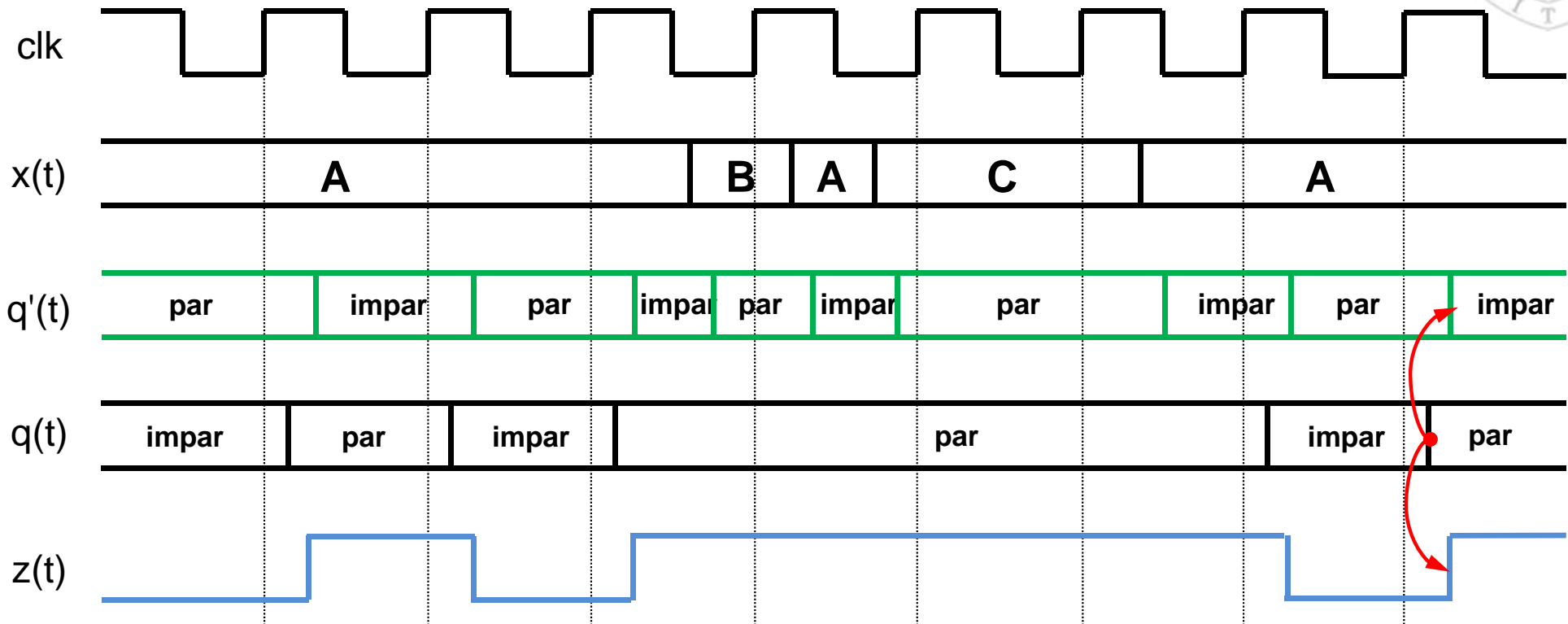
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



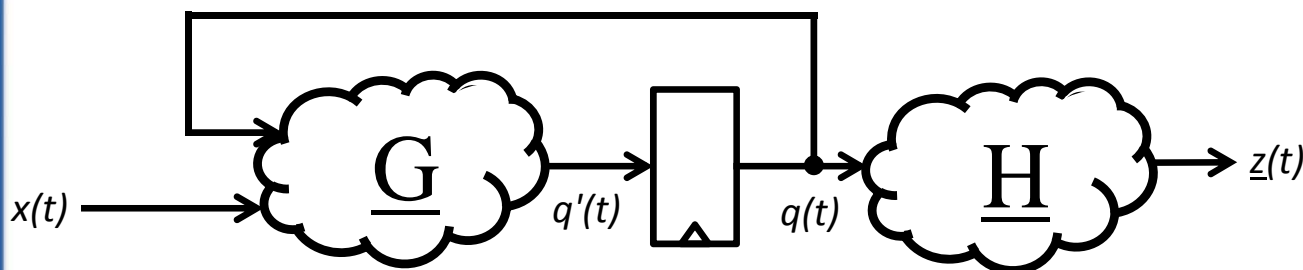
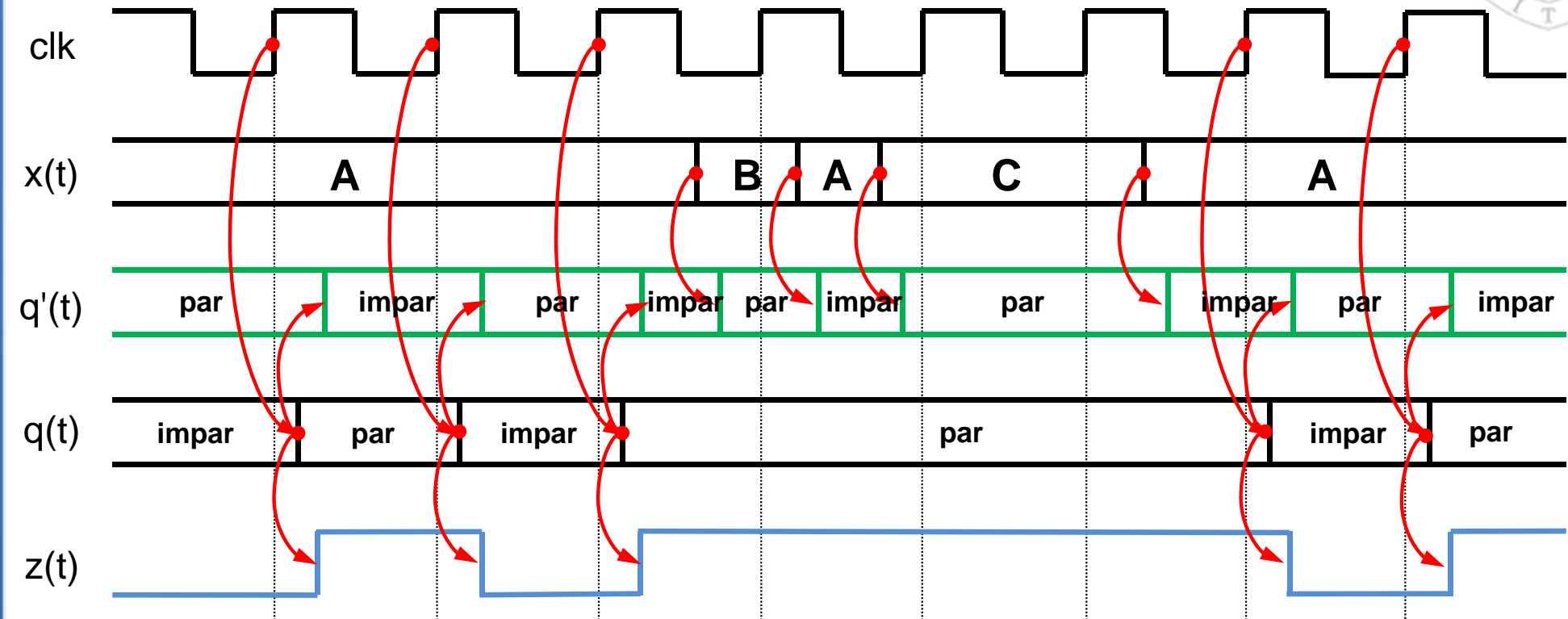
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



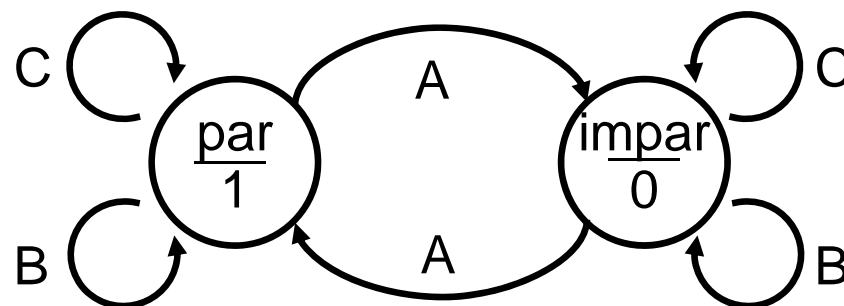
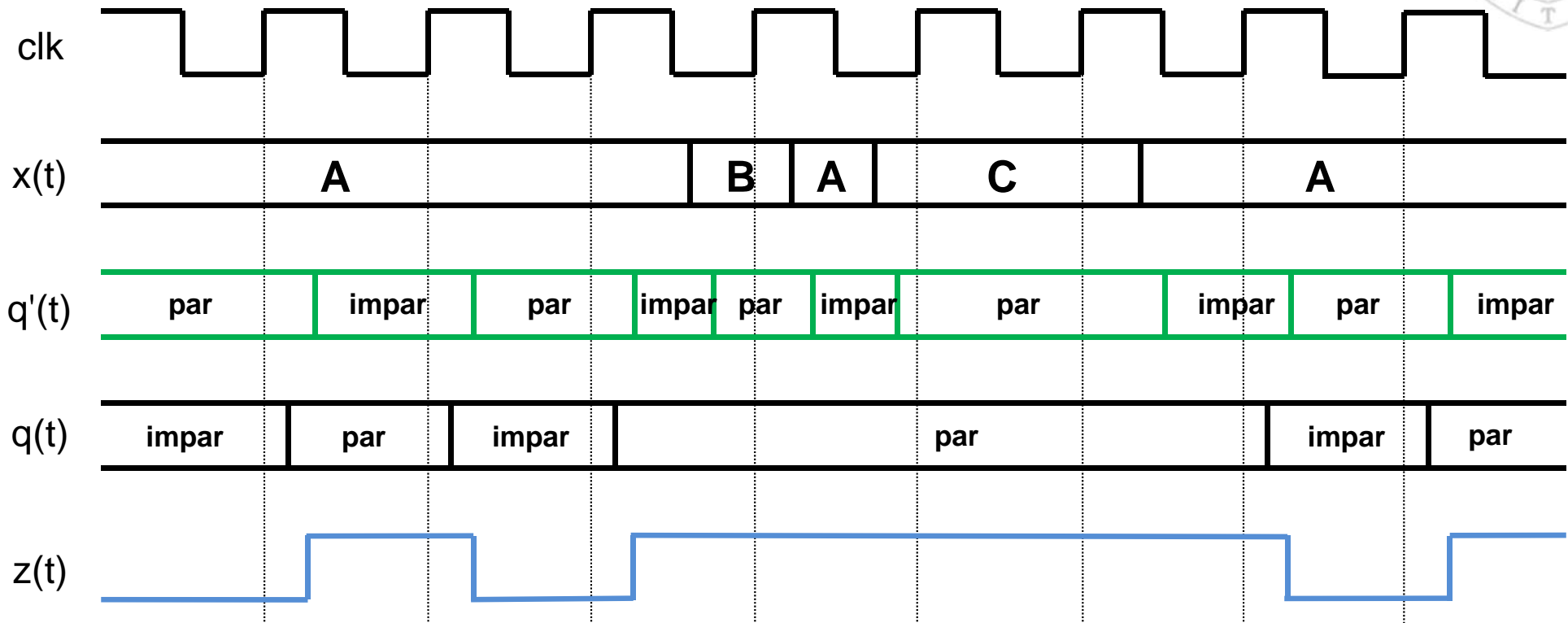
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

59





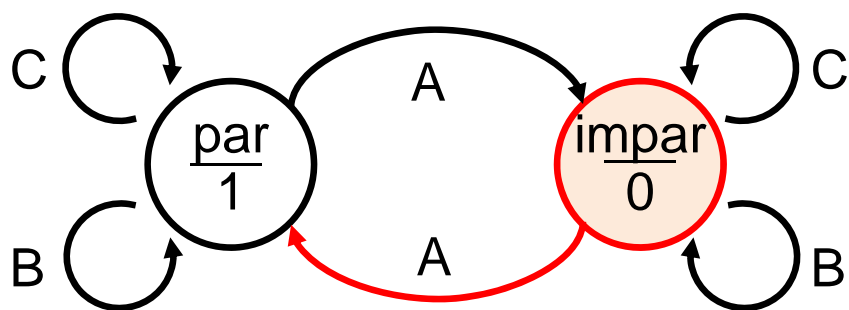
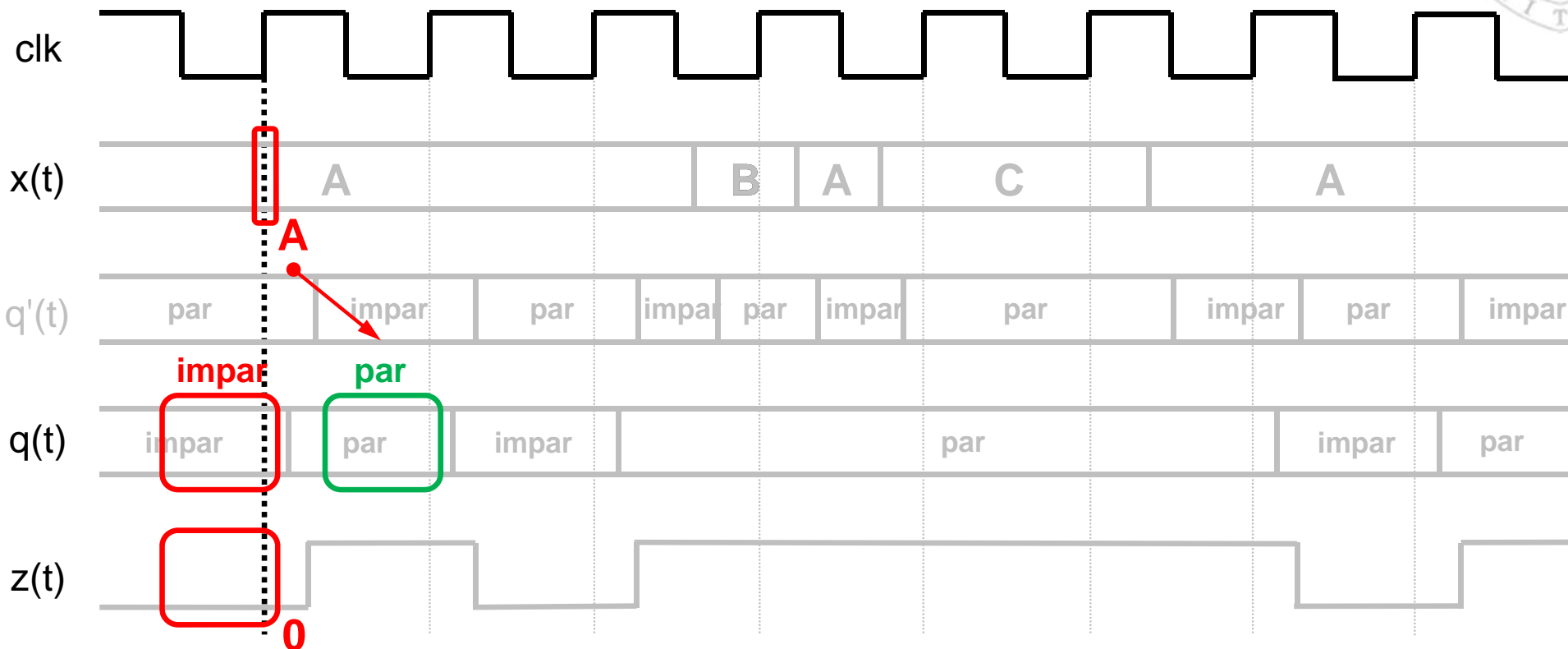
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

60





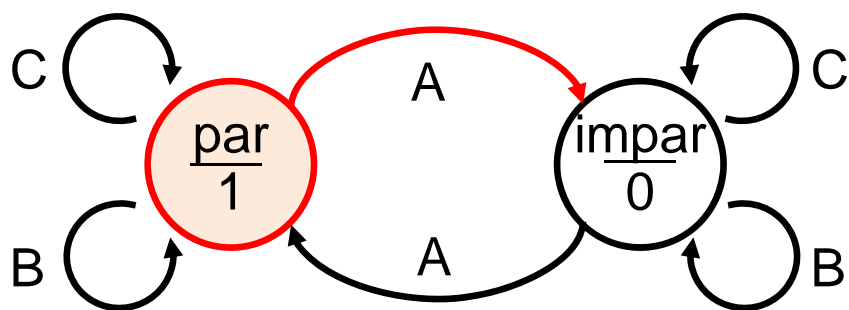
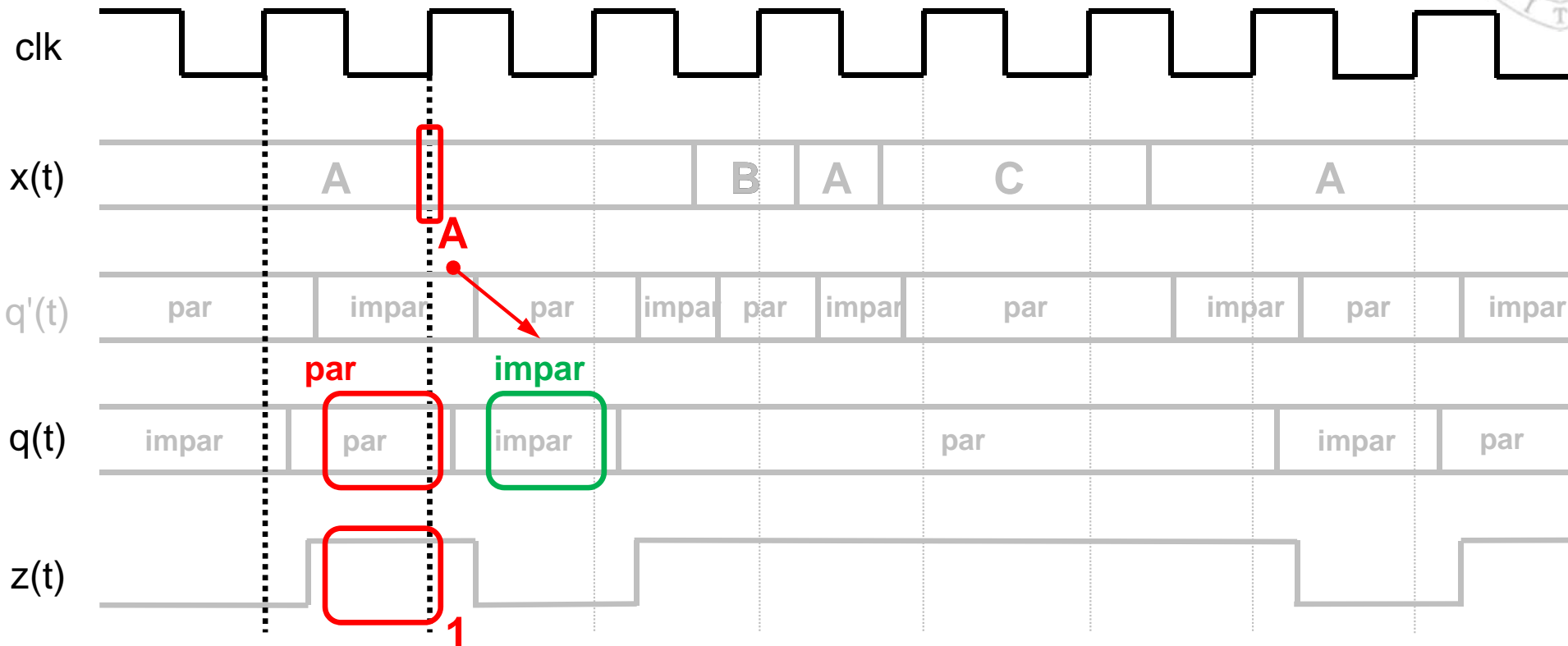
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

61





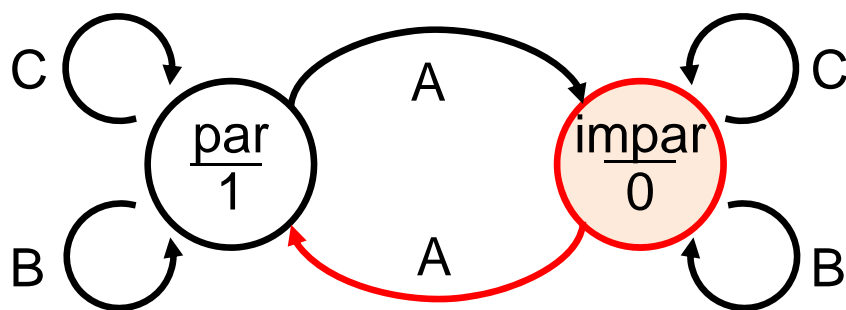
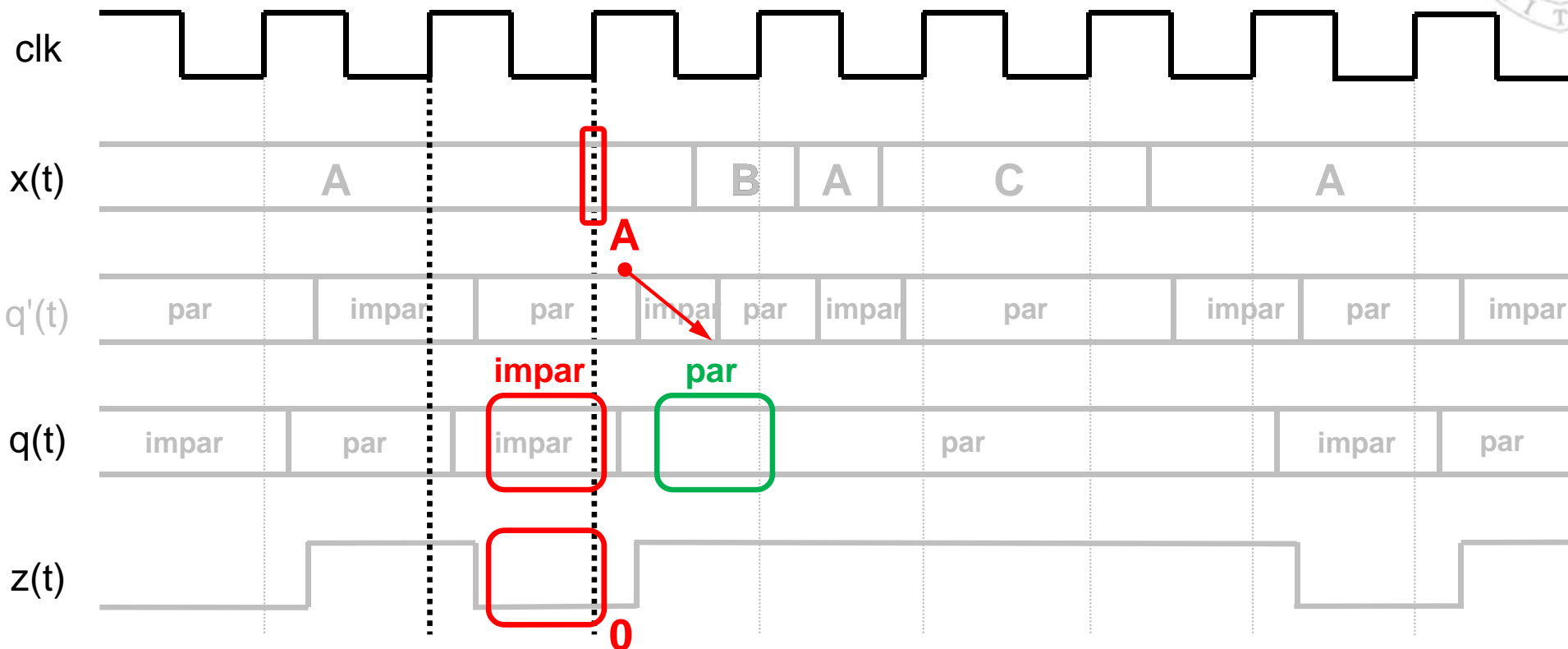
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

62





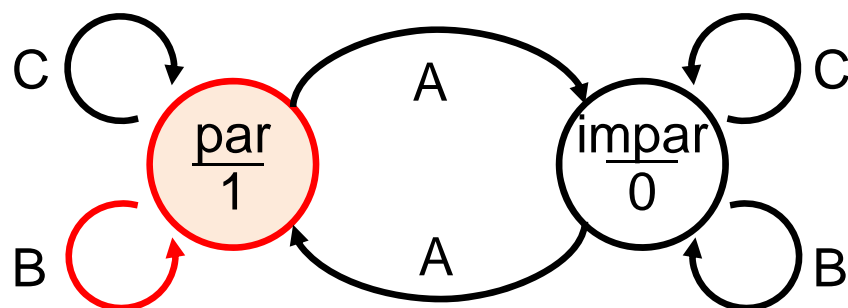
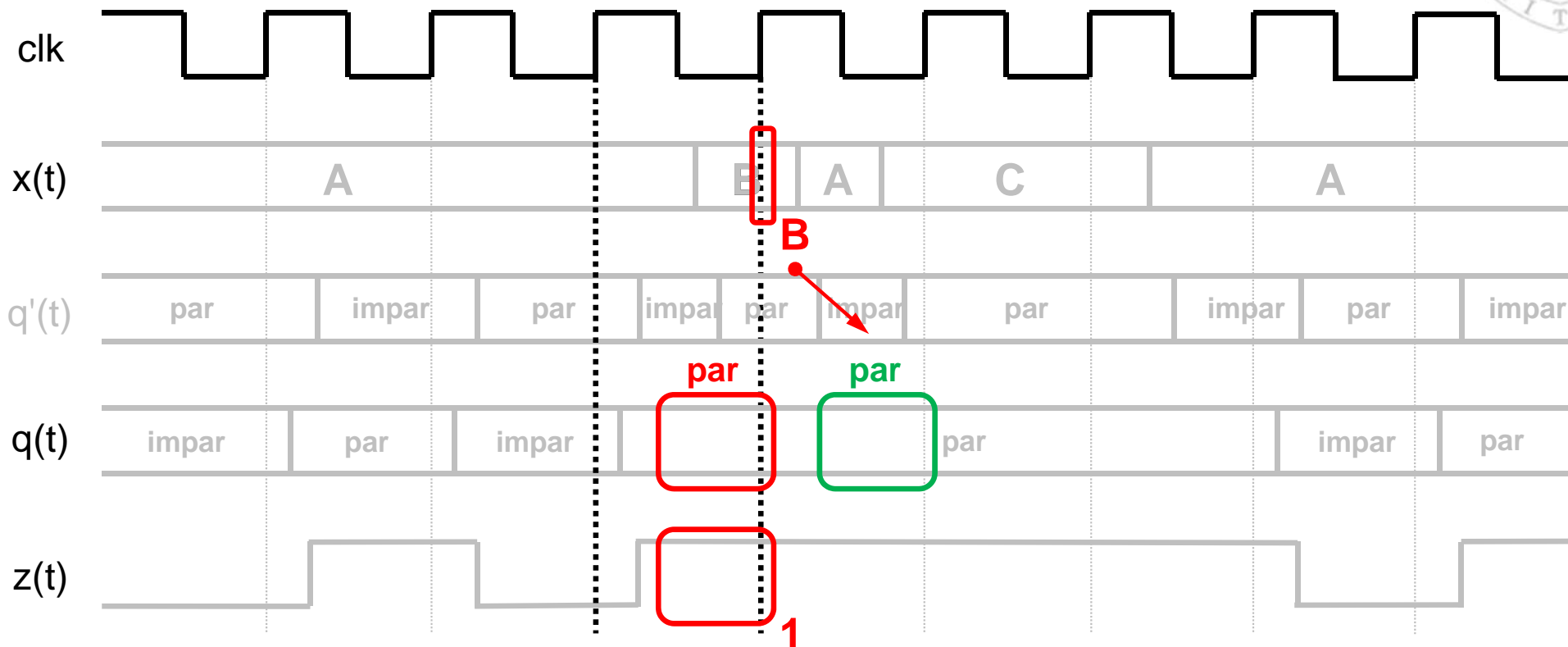
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

63





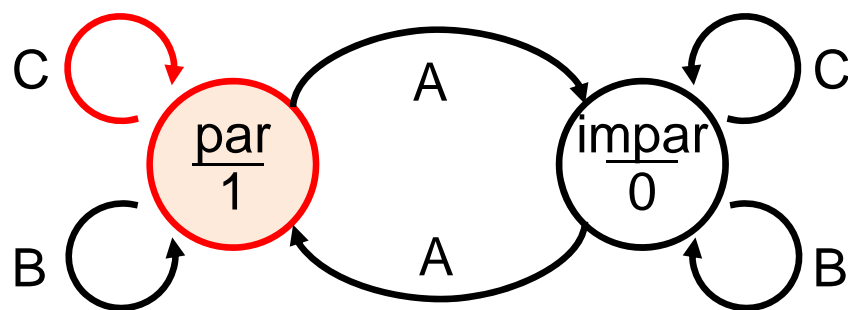
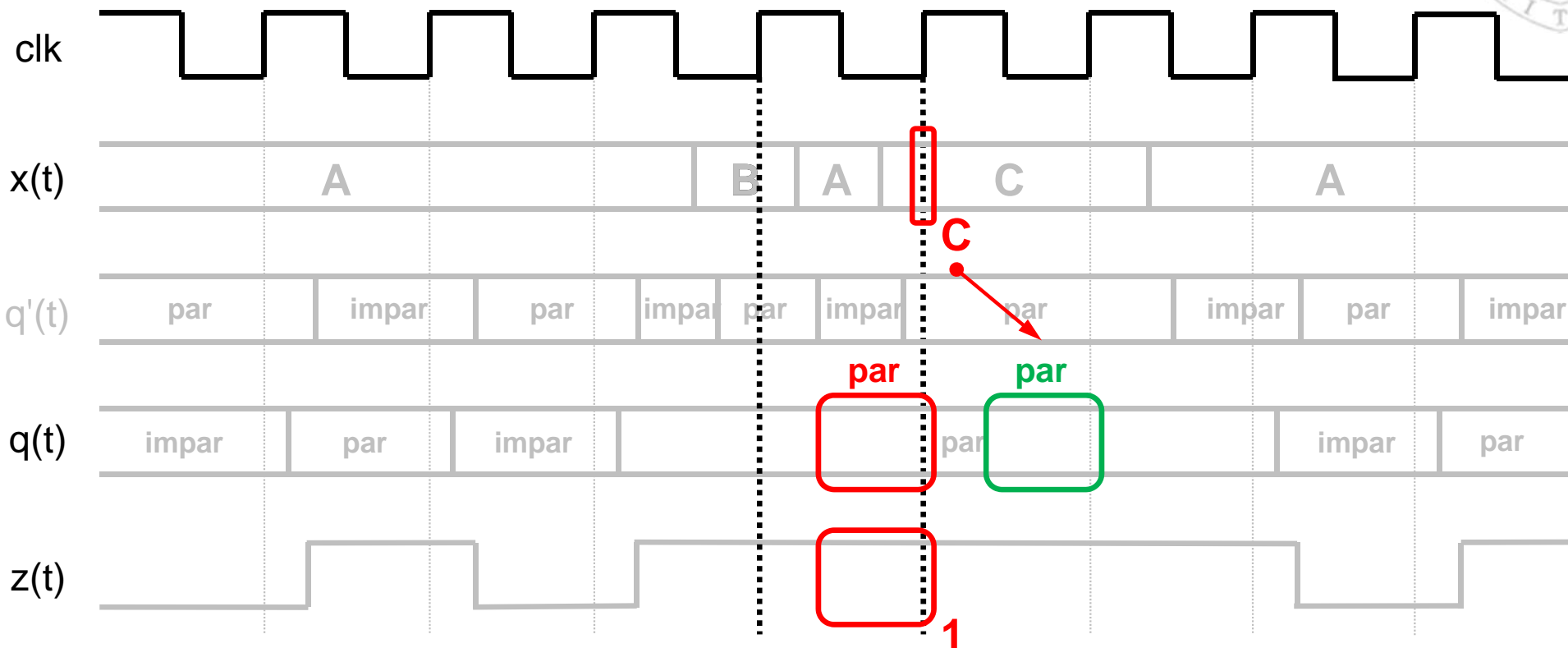
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

64





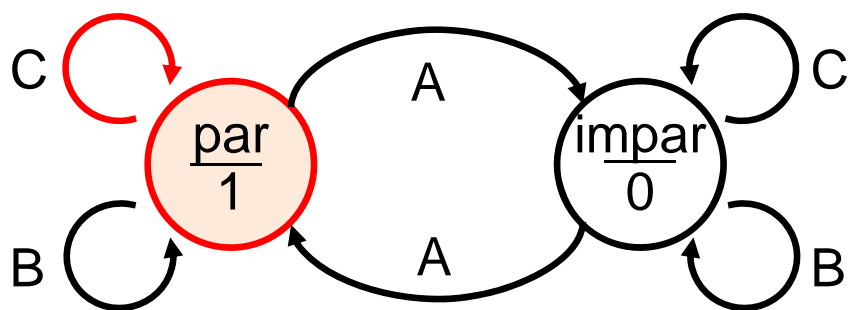
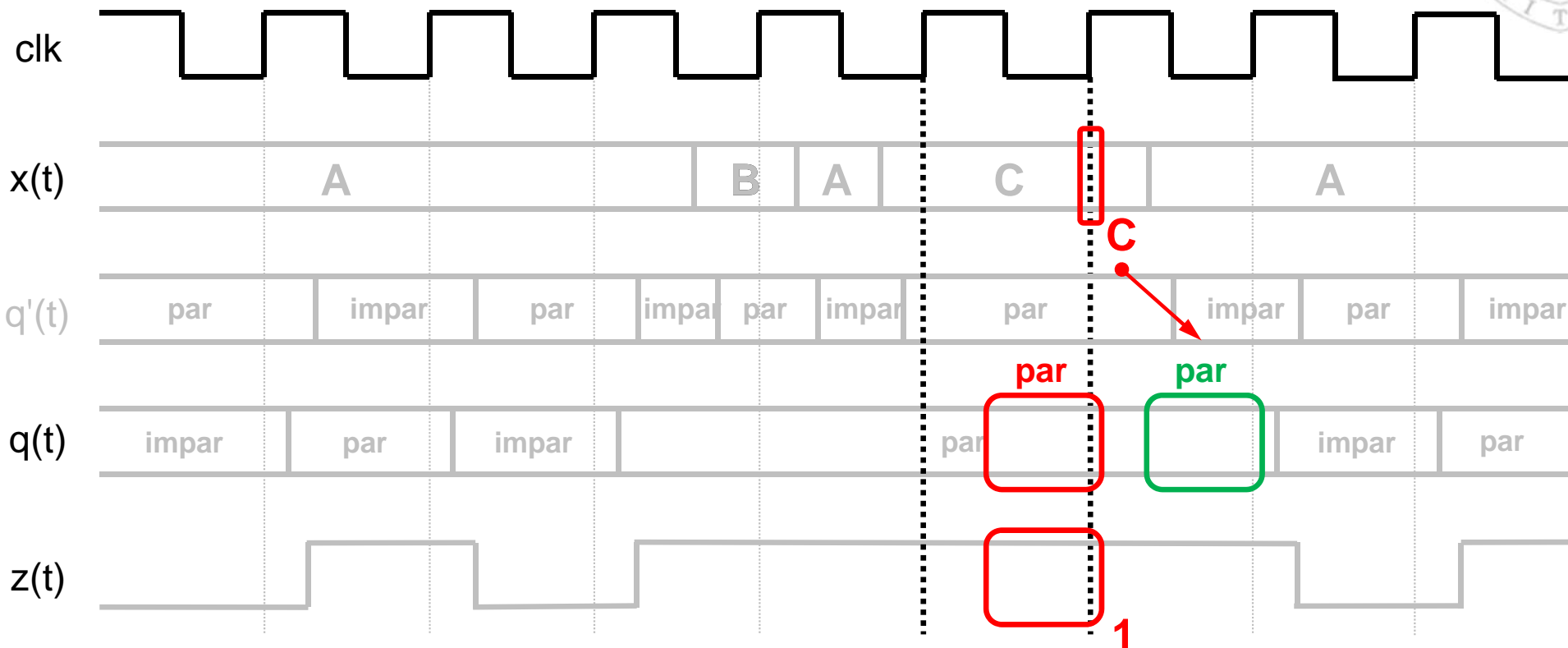
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

65





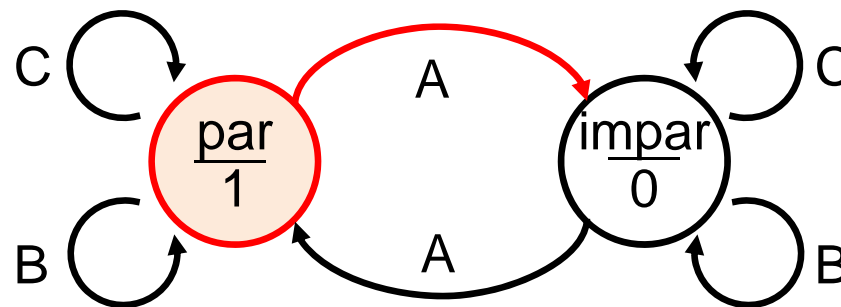
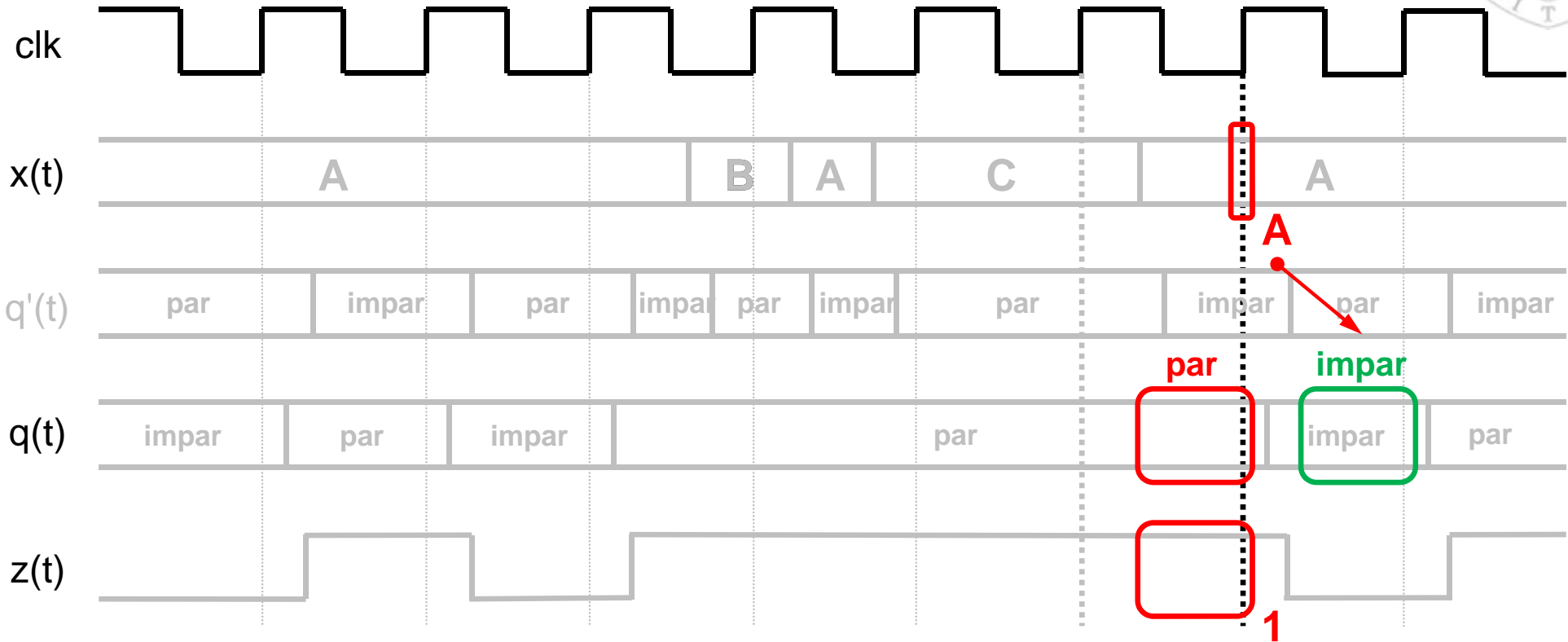
Máquina de Moore

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

66





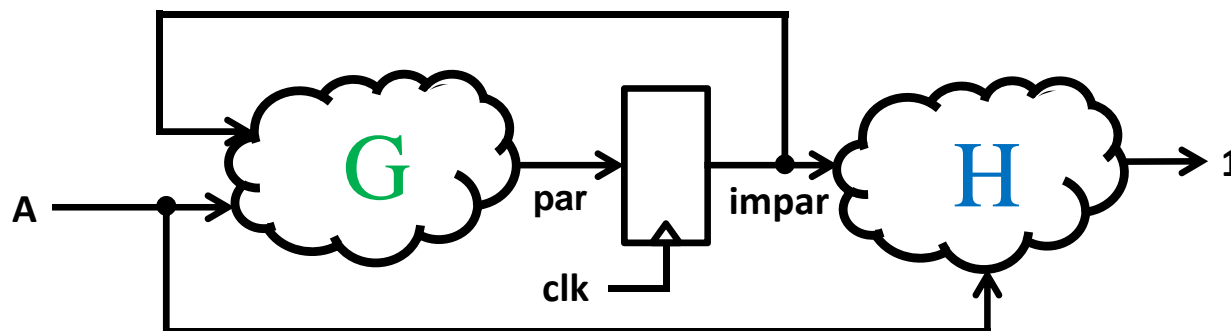
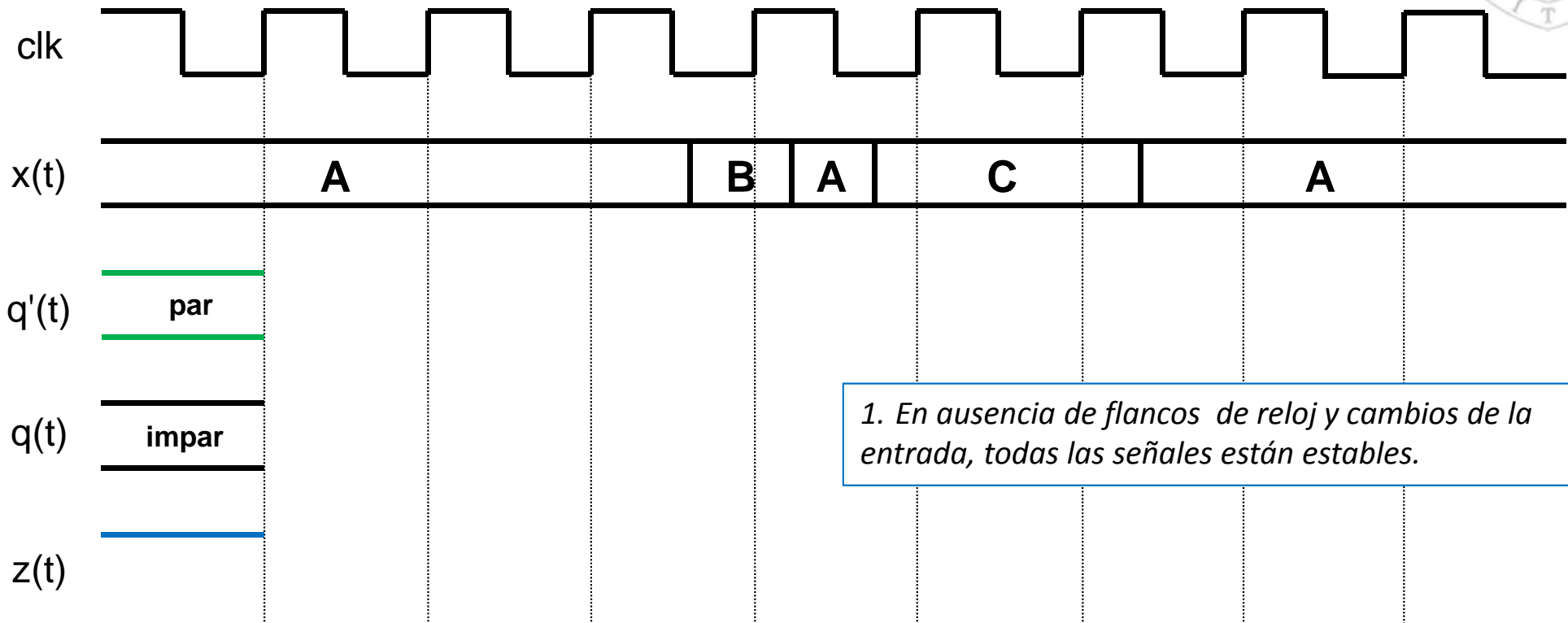
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

67



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



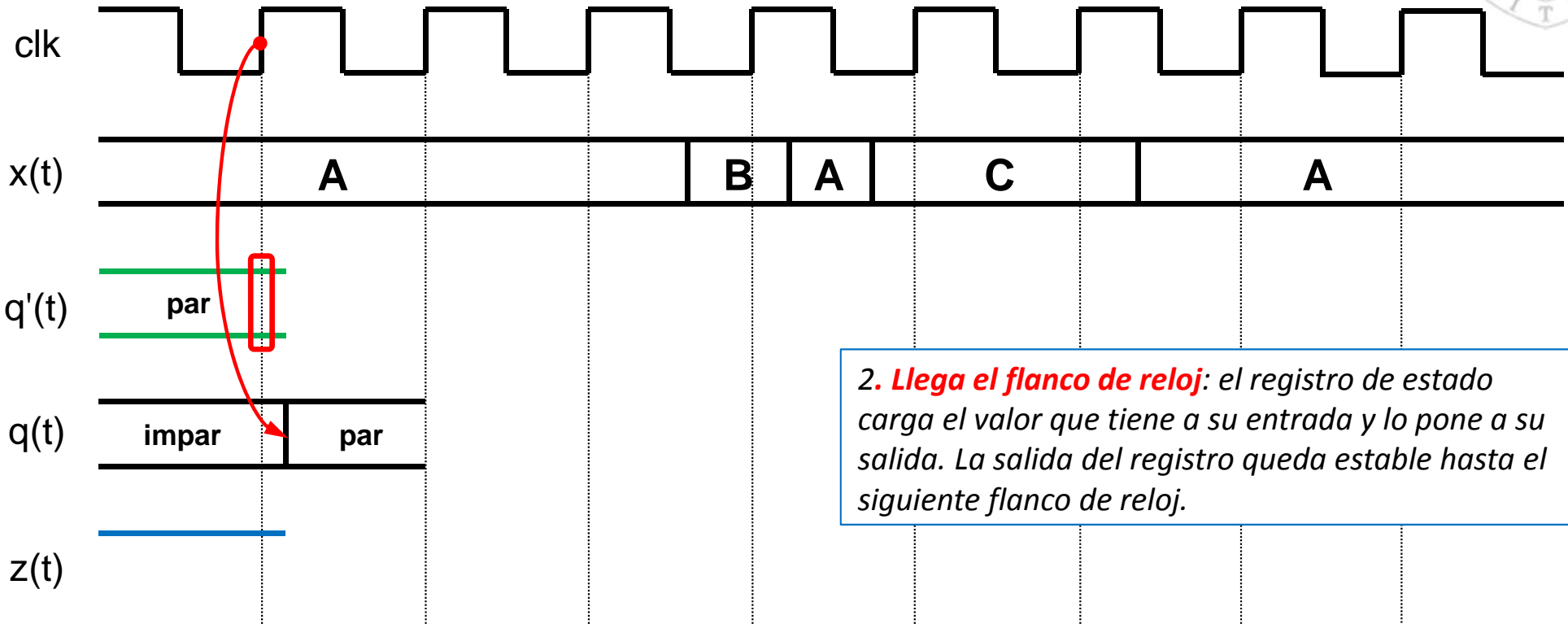
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

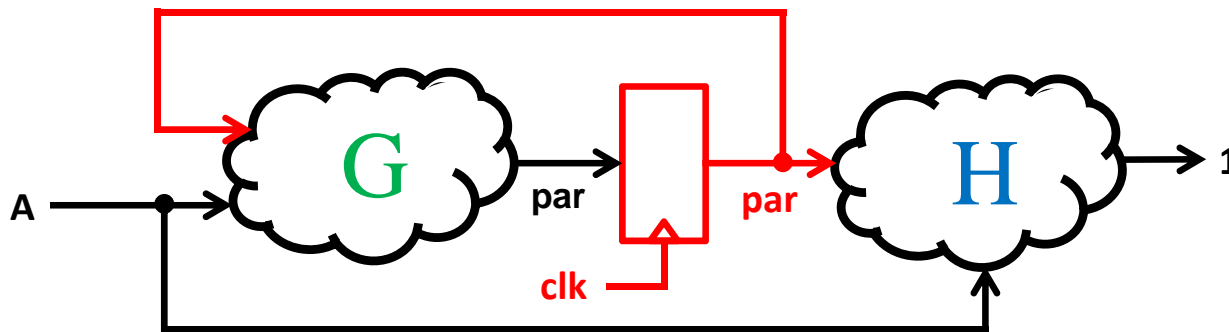
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

68



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



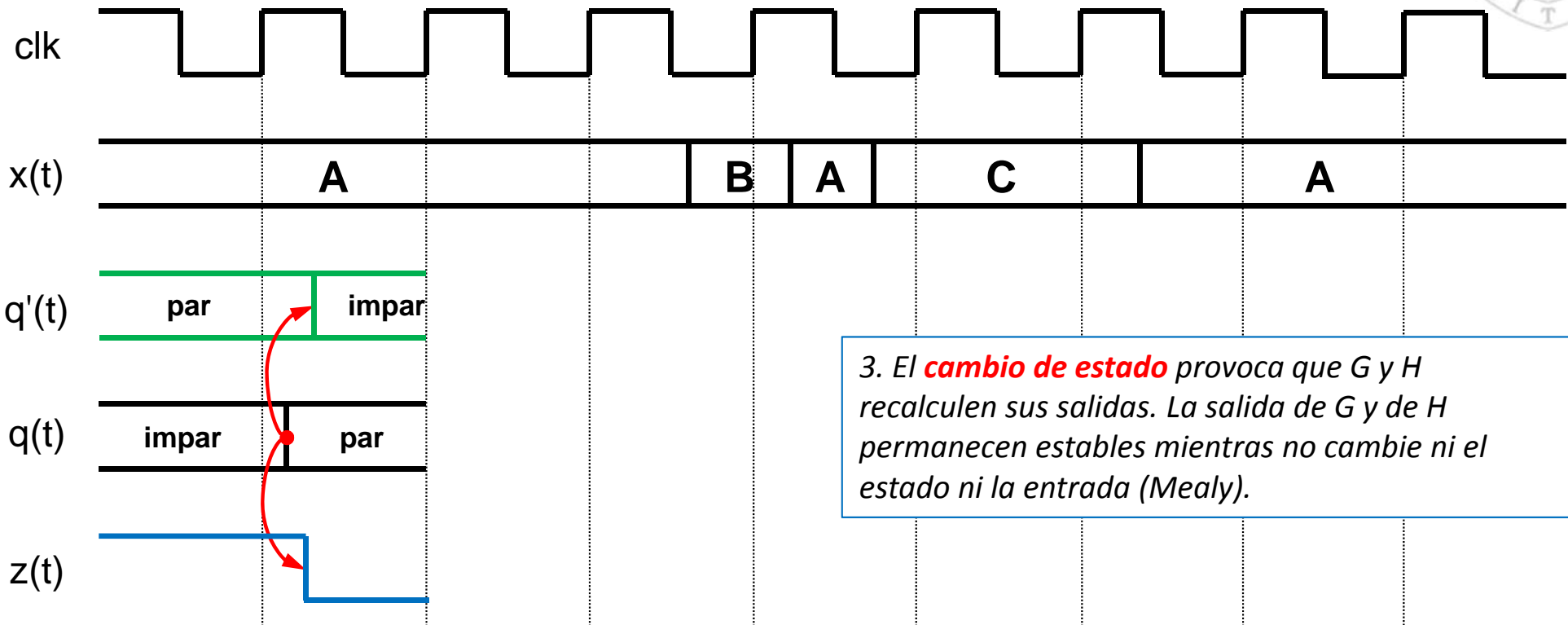
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

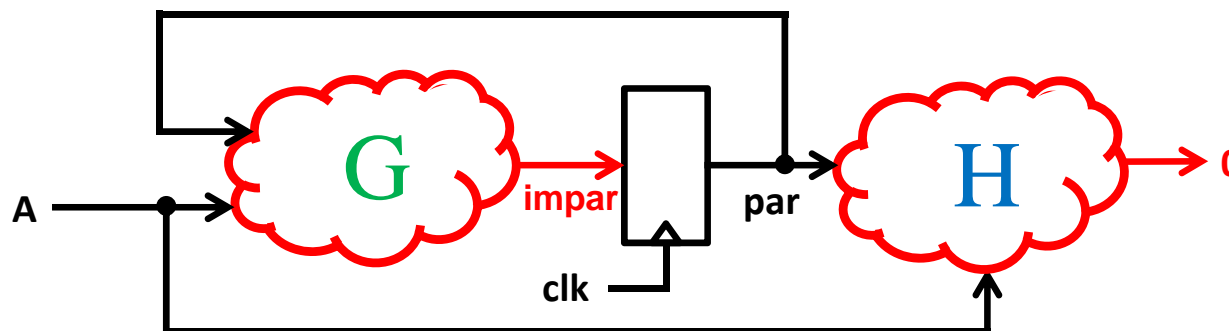
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

69



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



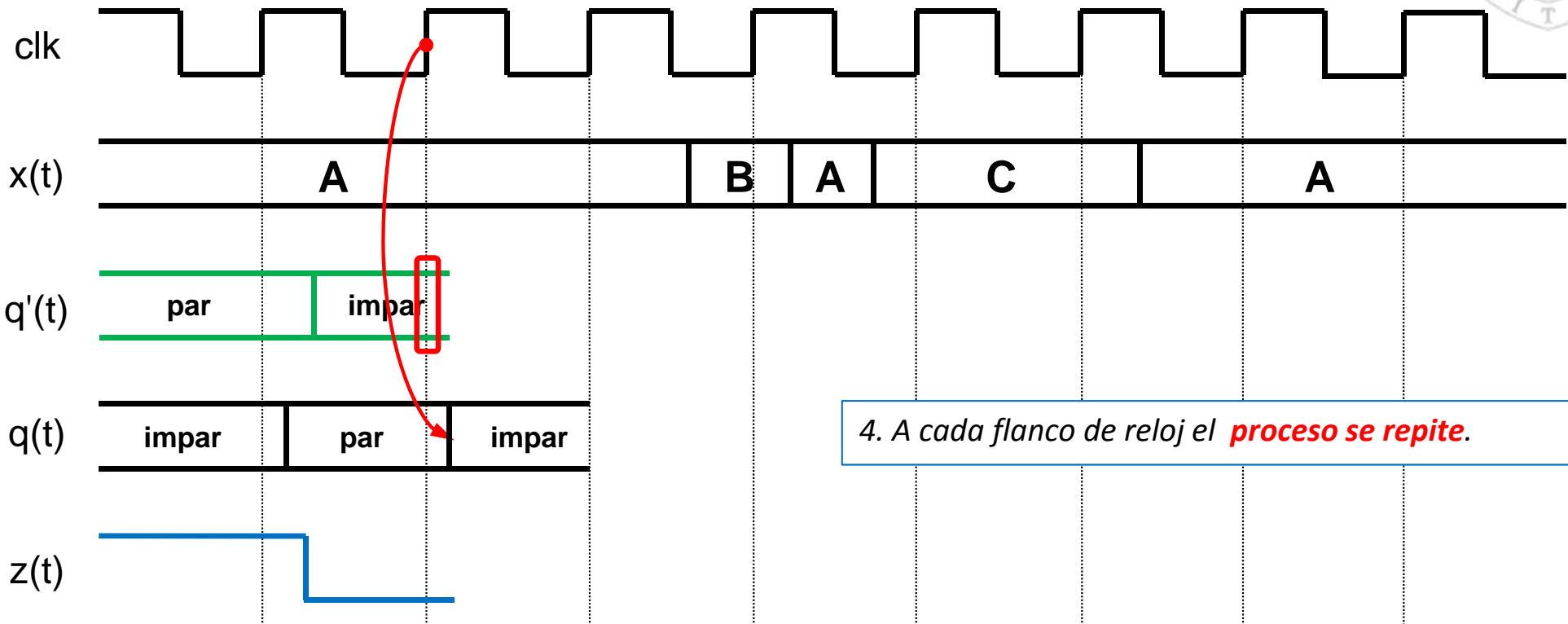
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

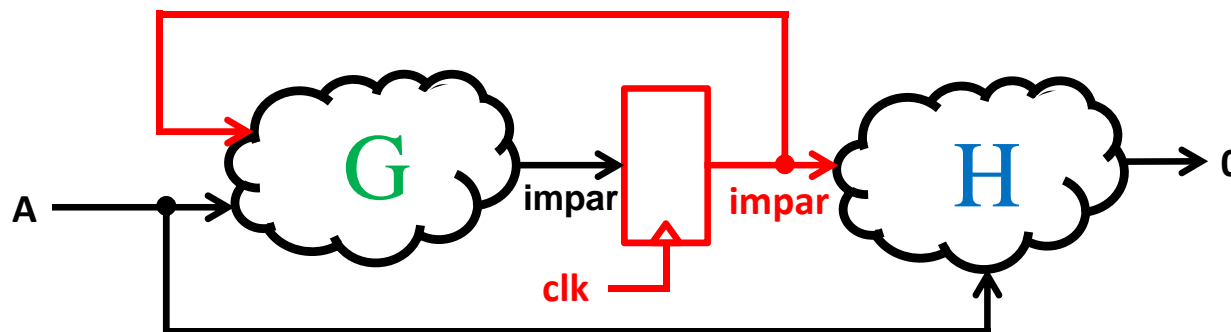
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

70



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



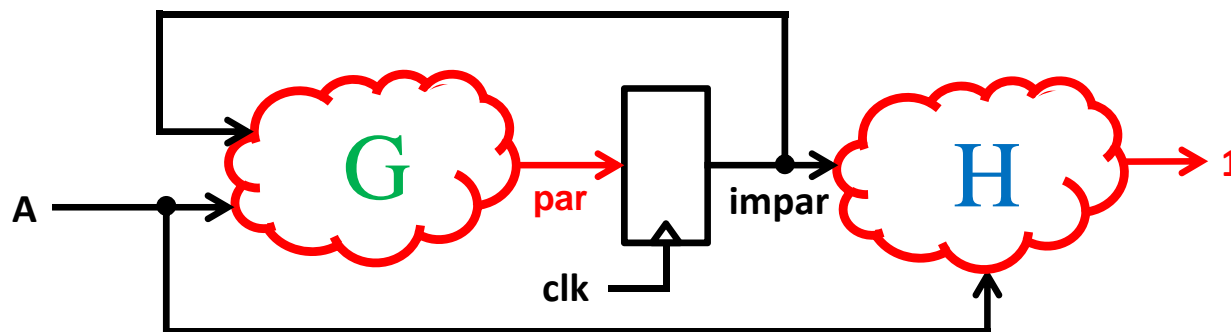
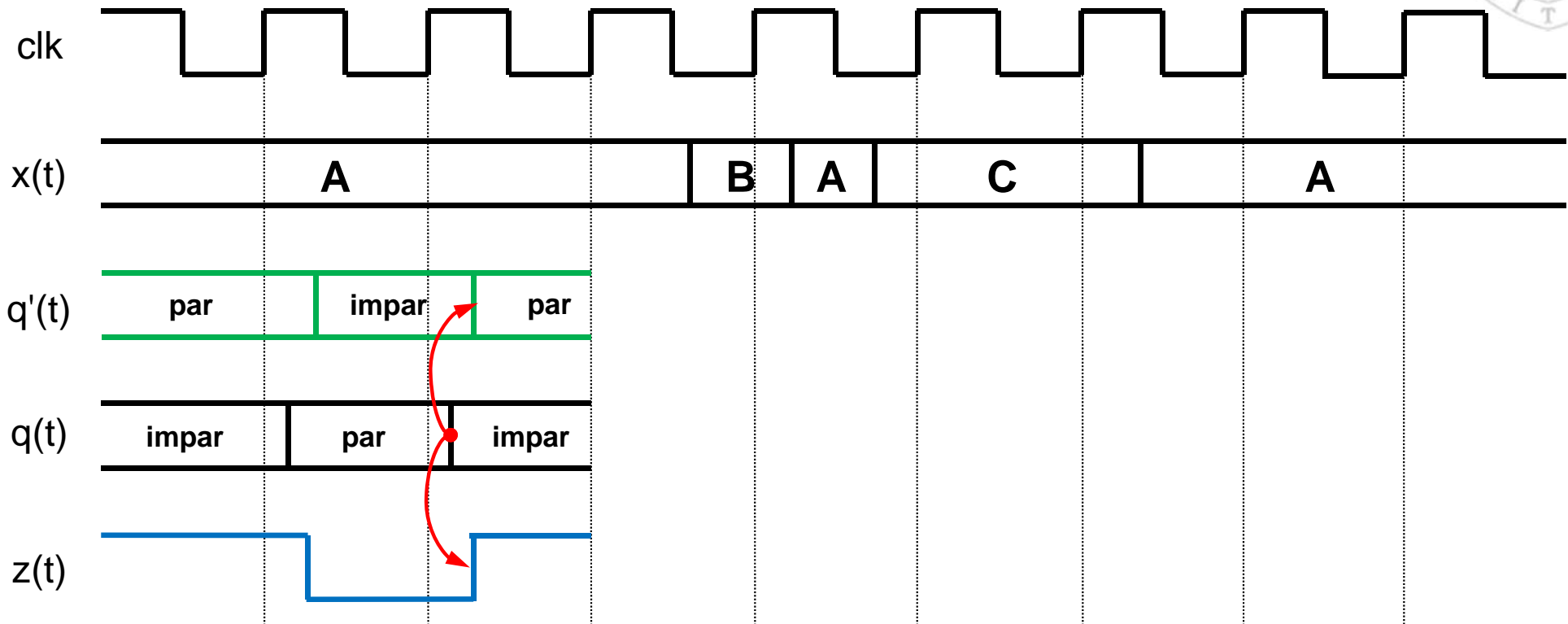
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

71



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



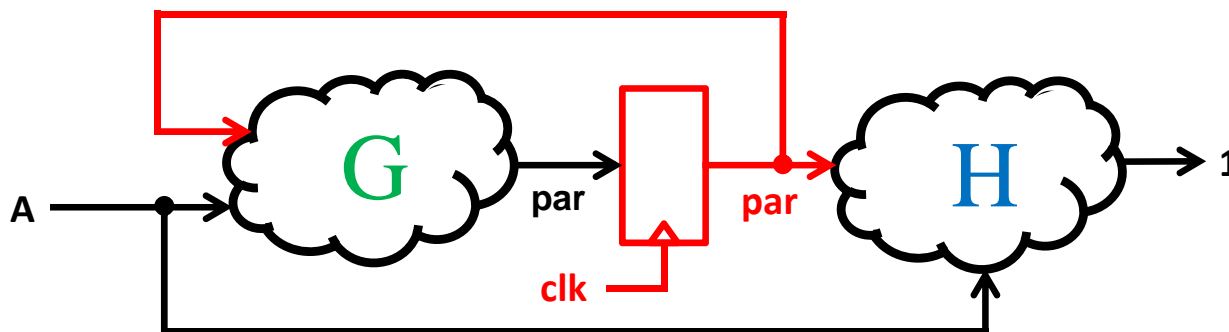
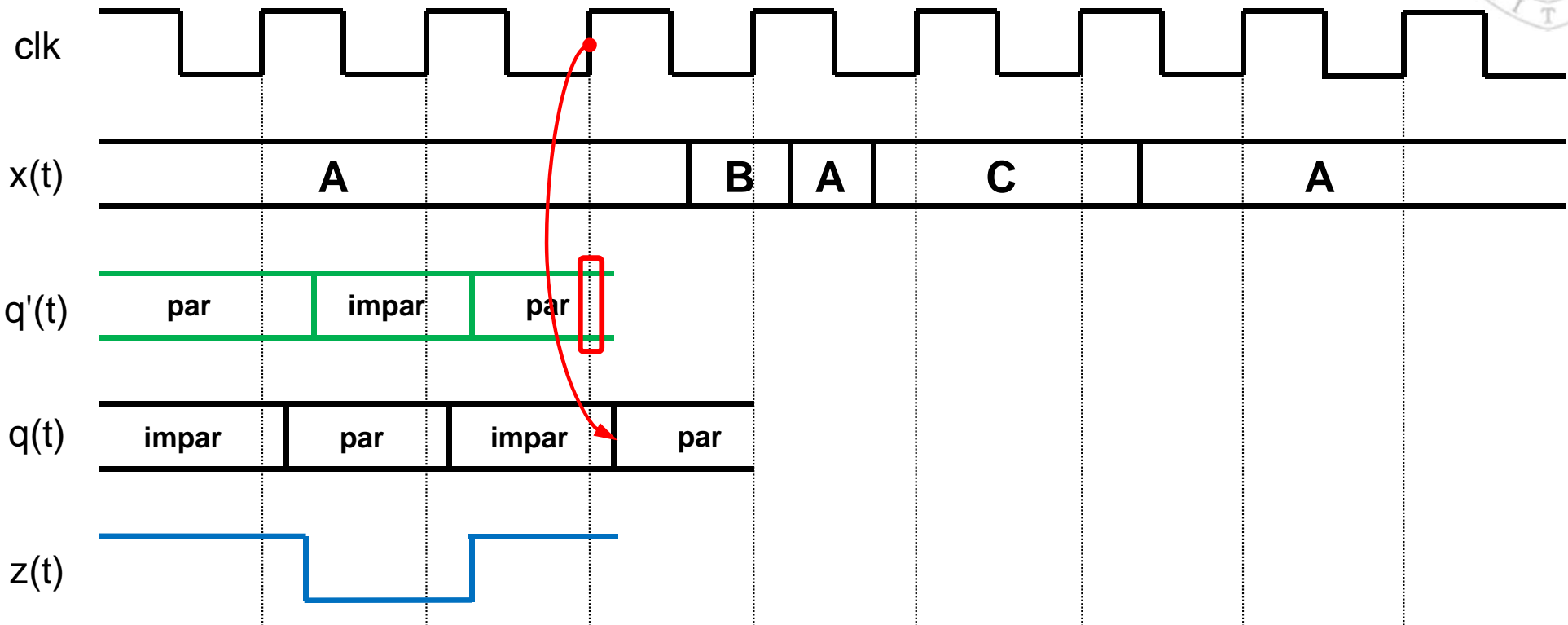
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



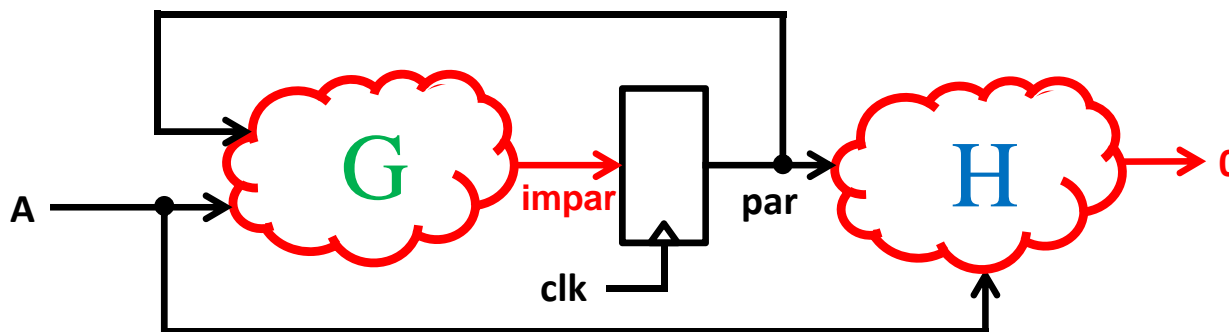
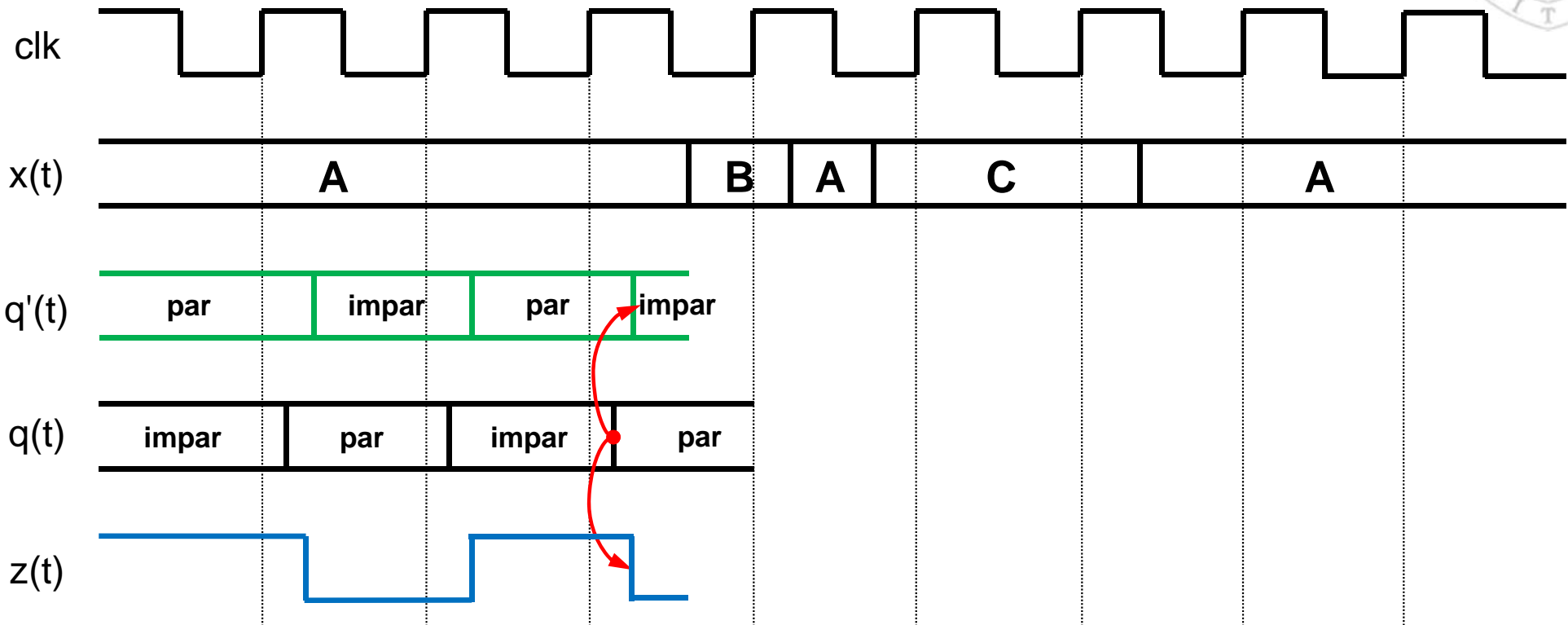
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

73



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



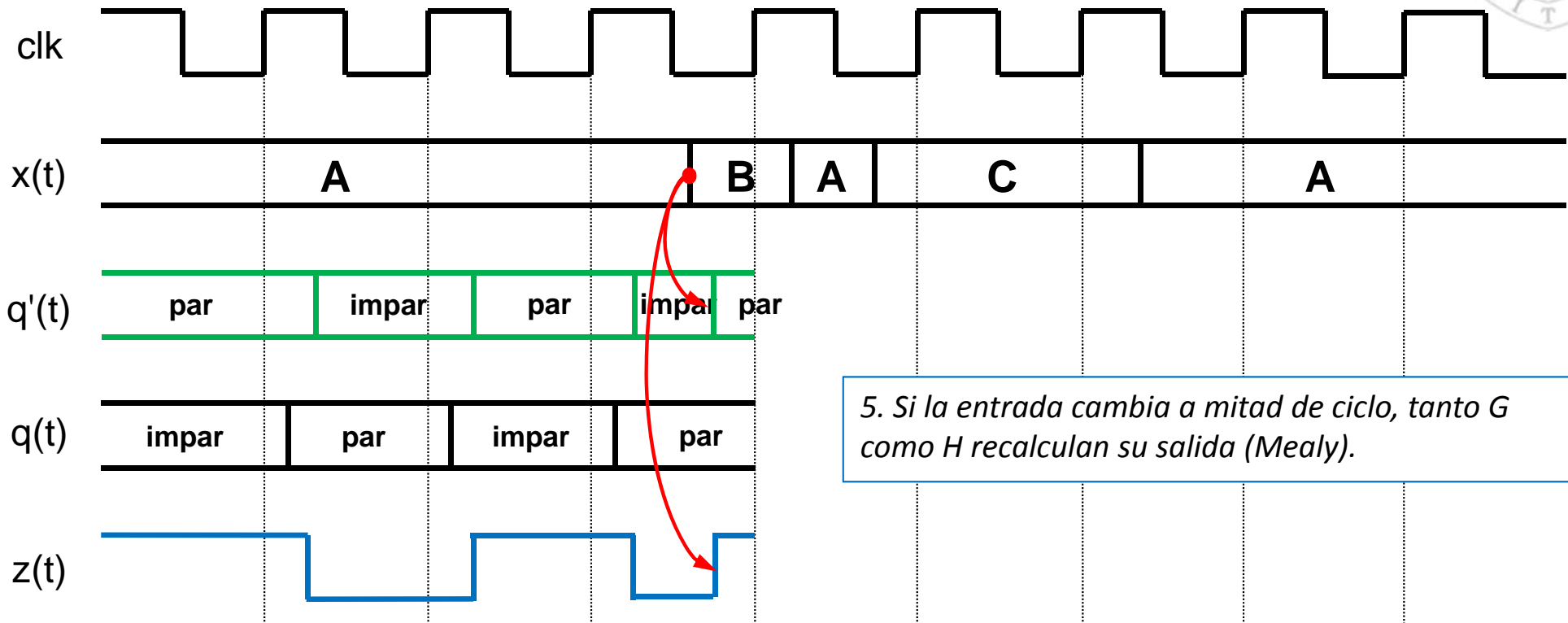
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

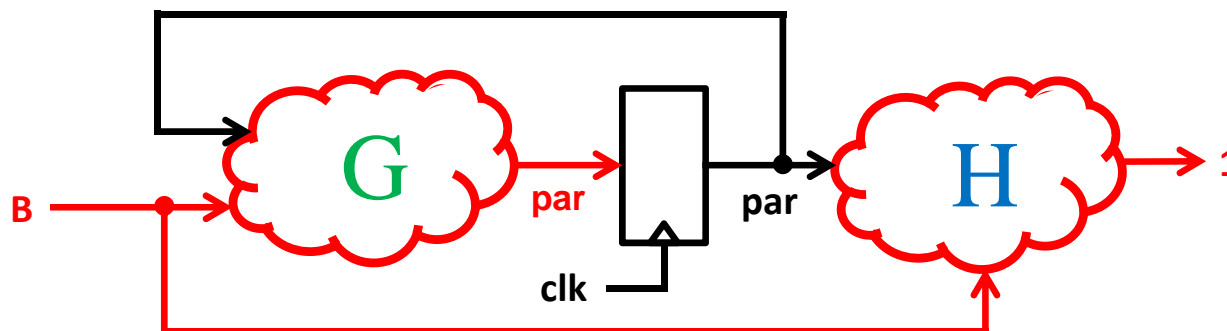
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

74



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
par	B	par	1
par	C	par	1
impar	A	par	1
impar	B	impar	0
impar	C	impar	0



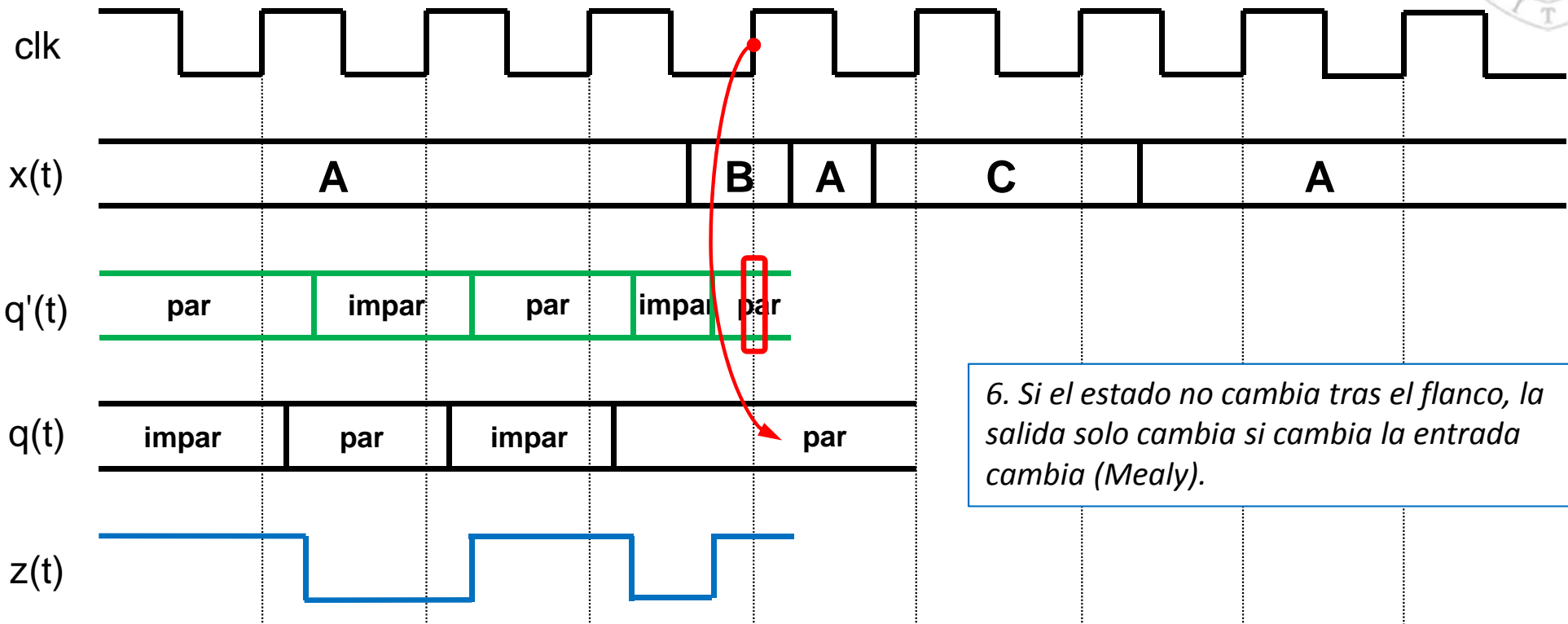
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

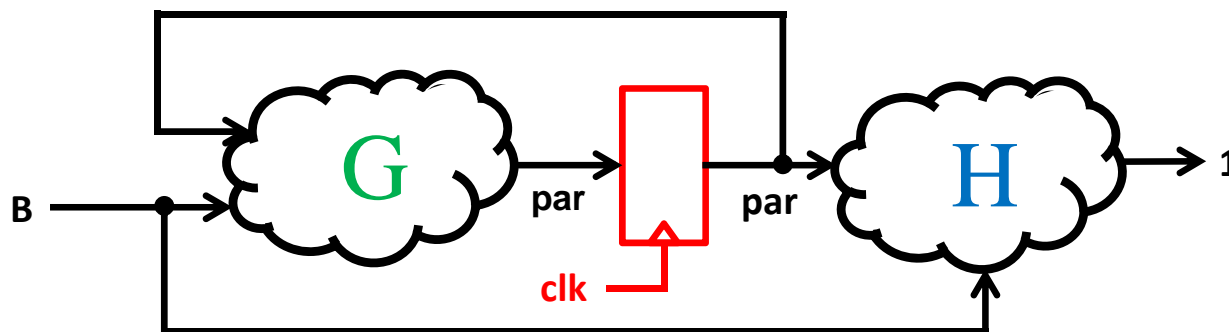
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

75



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



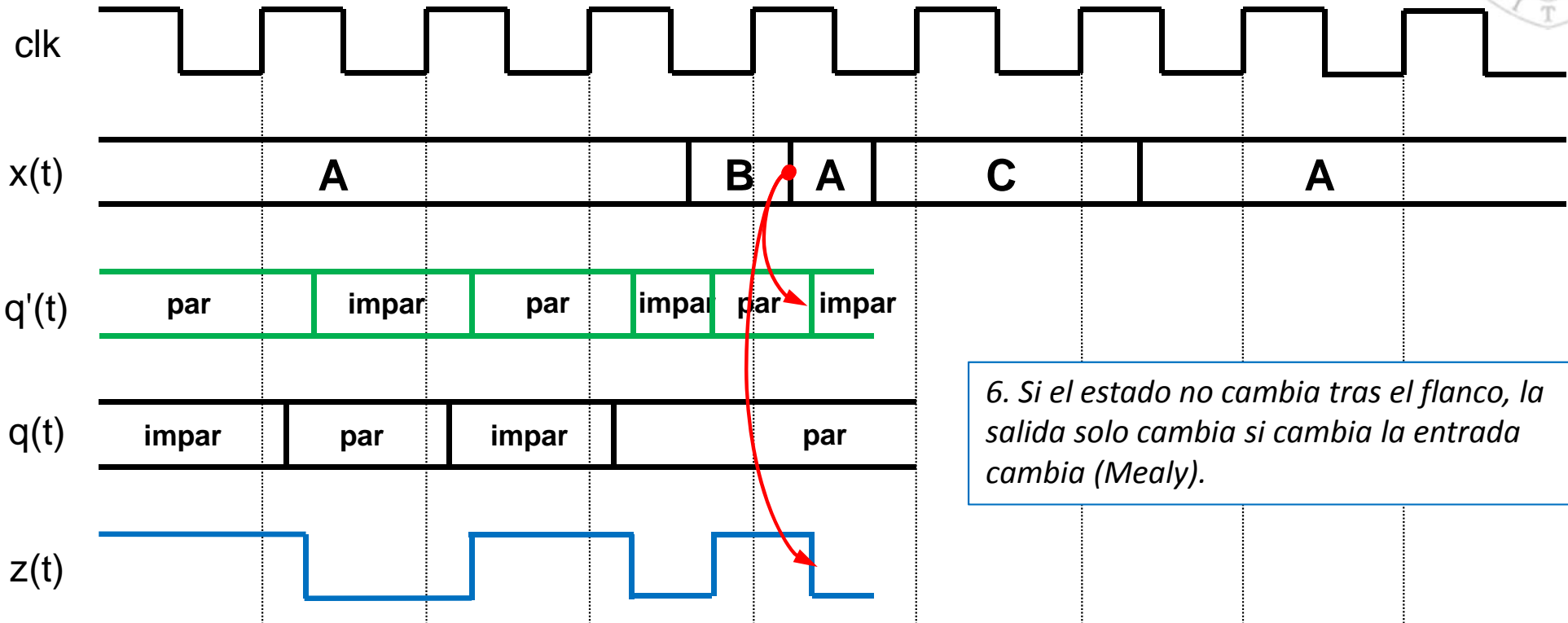
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

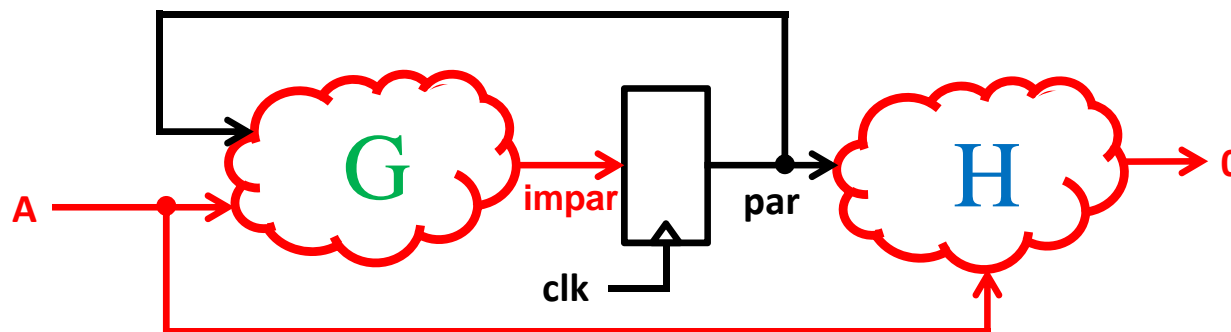
tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

76



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



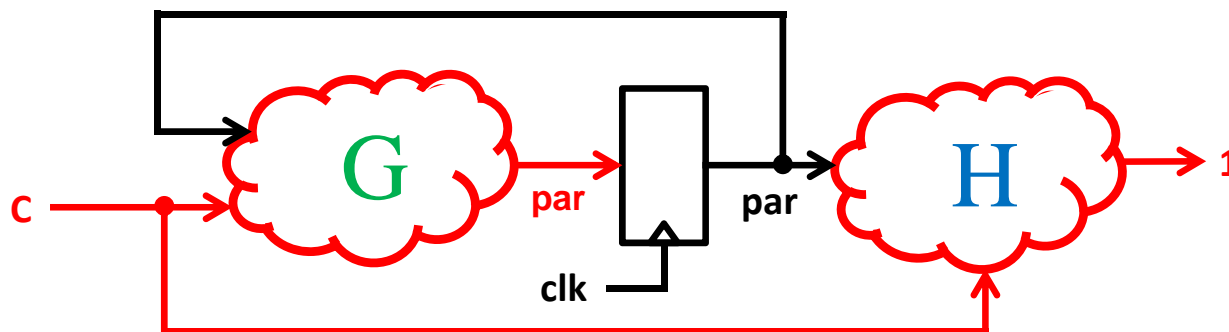
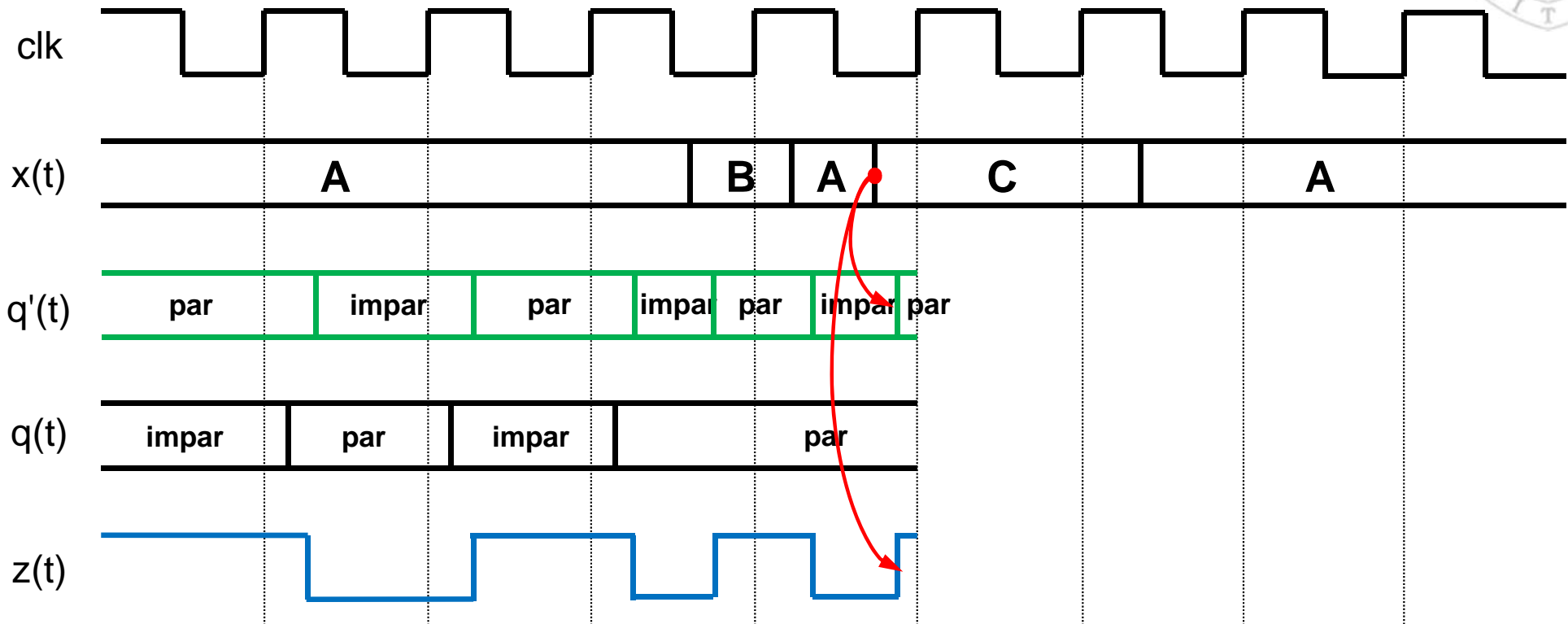
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

77



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



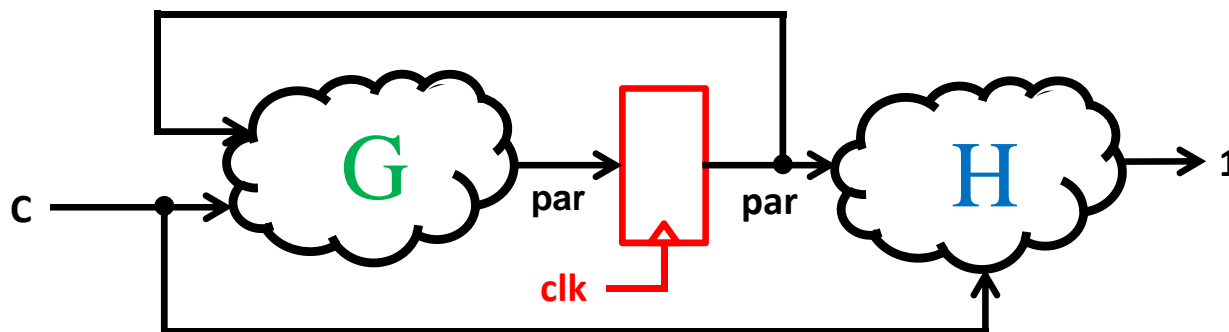
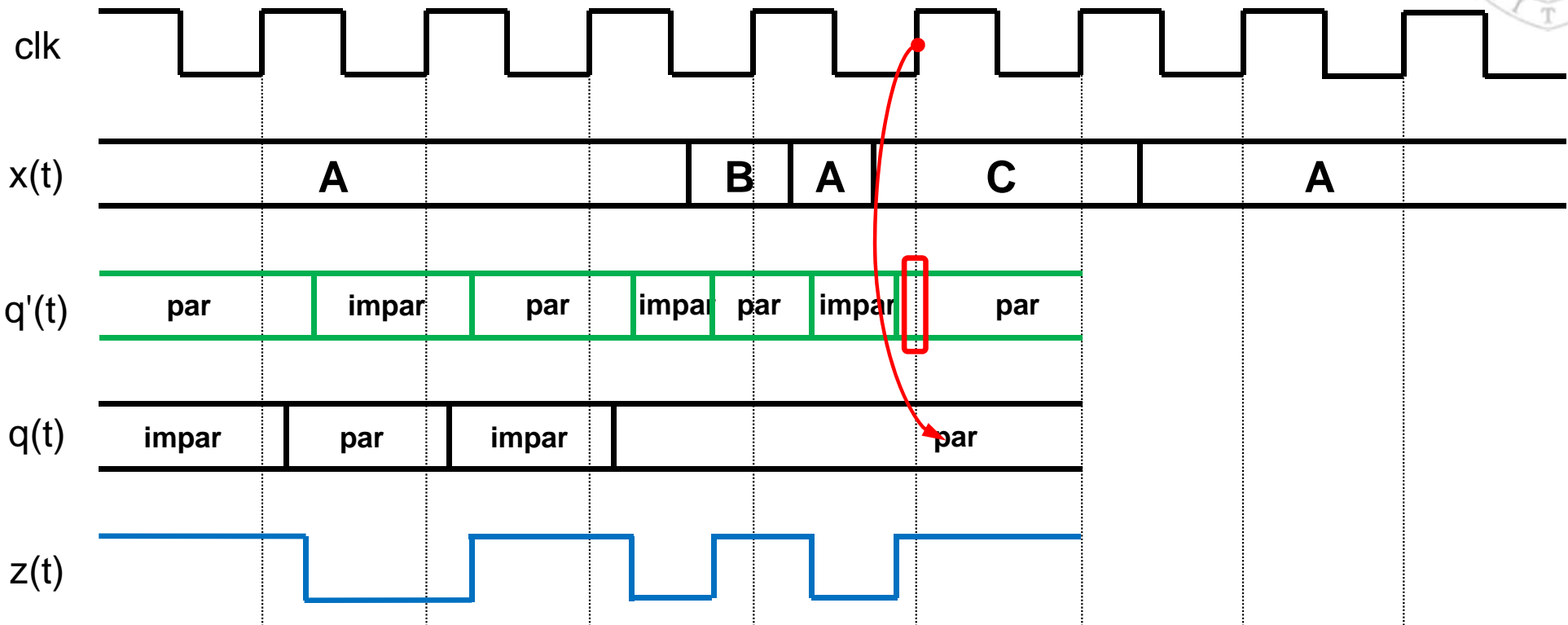
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



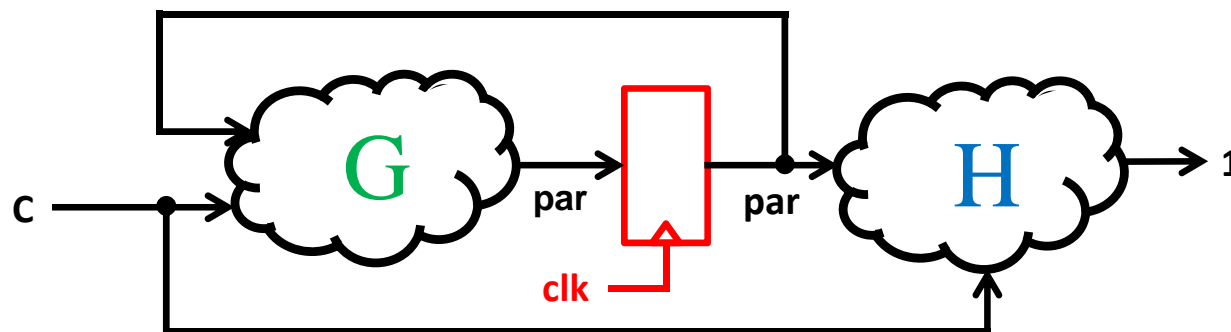
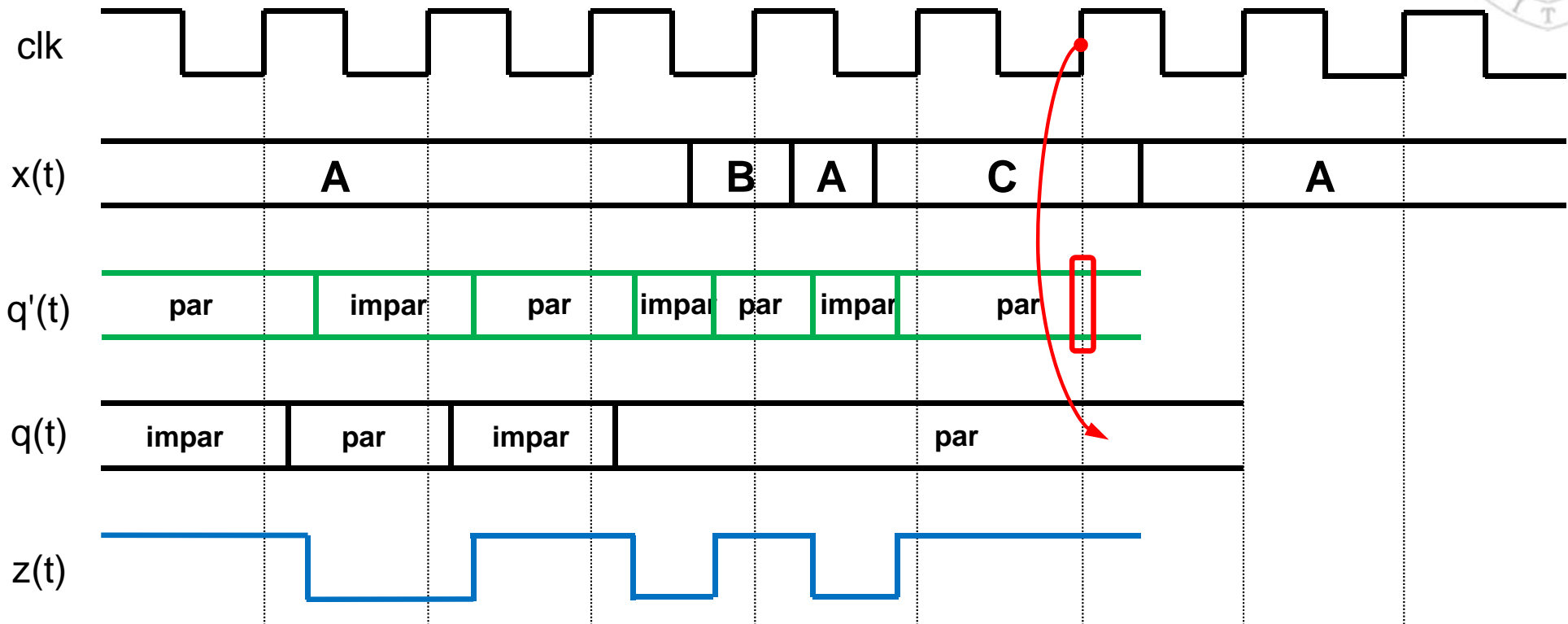
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



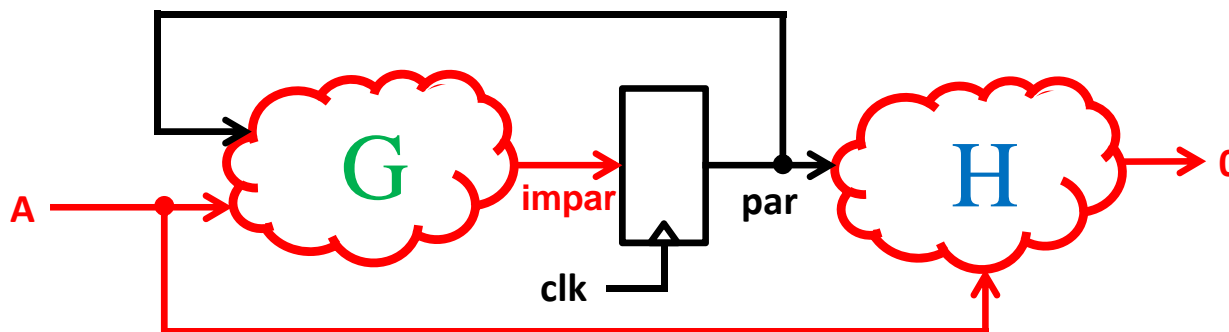
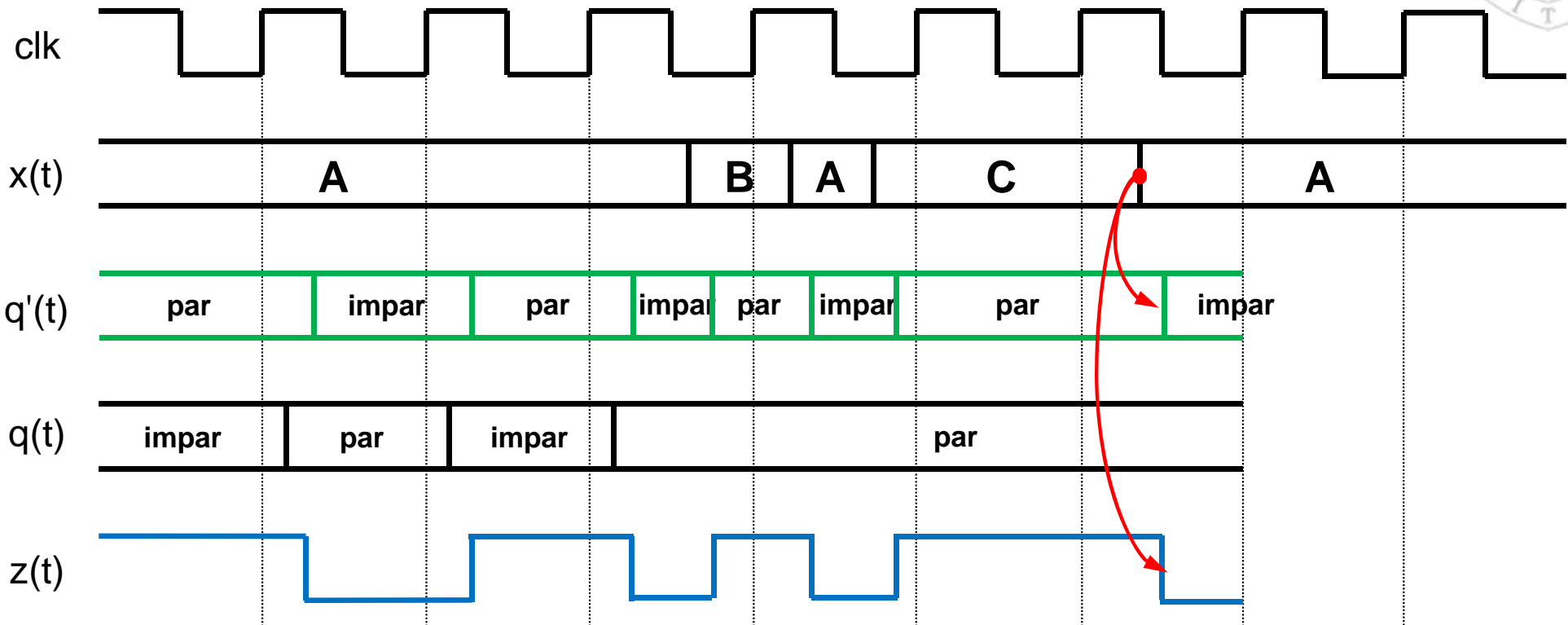
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



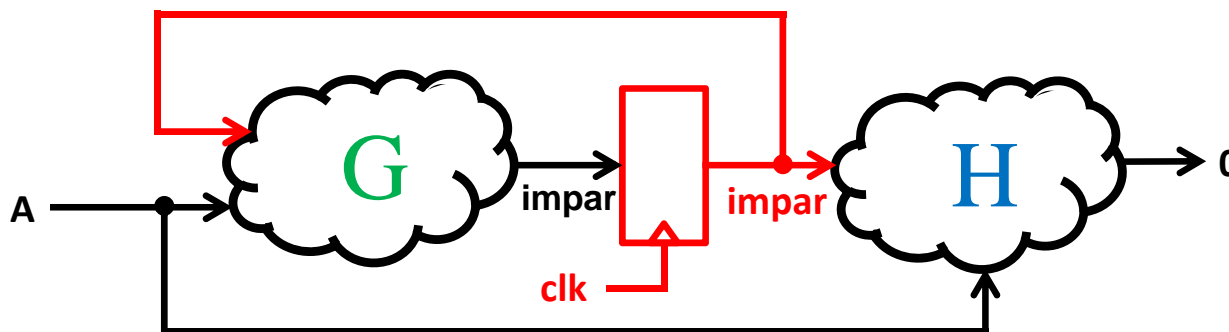
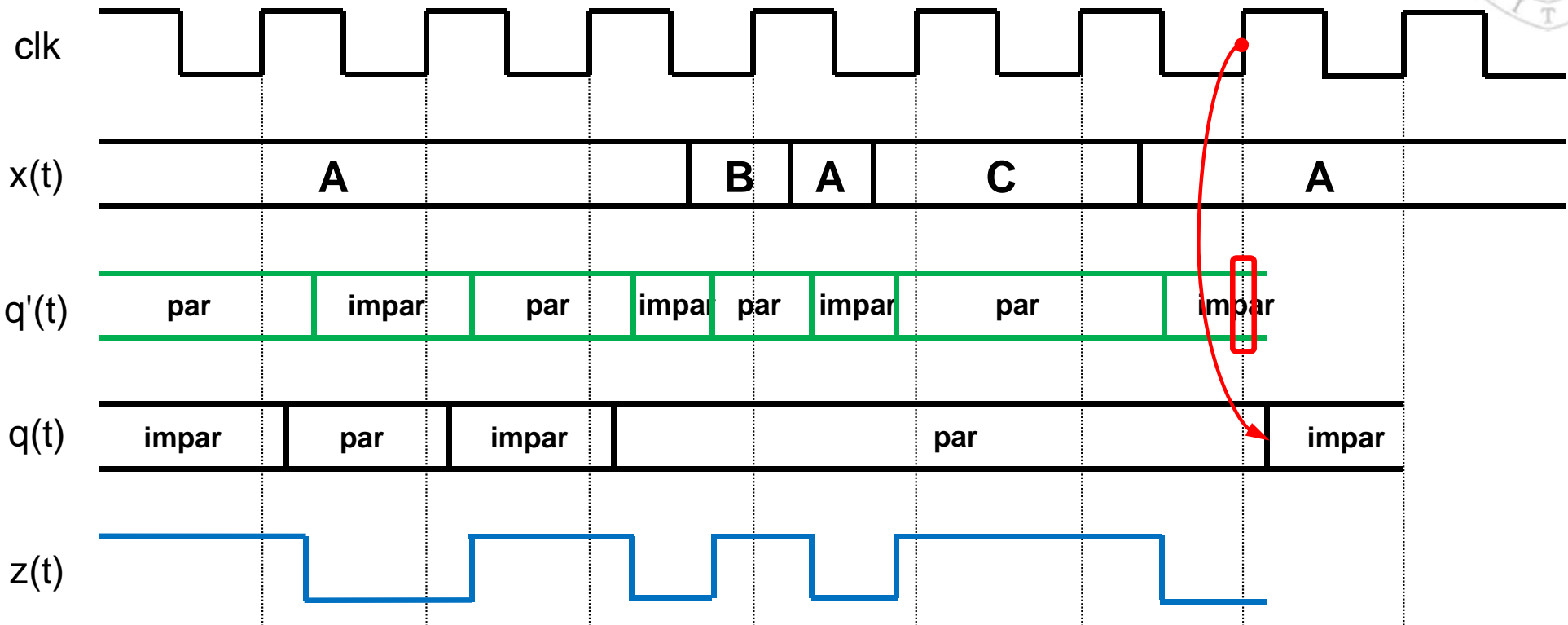
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



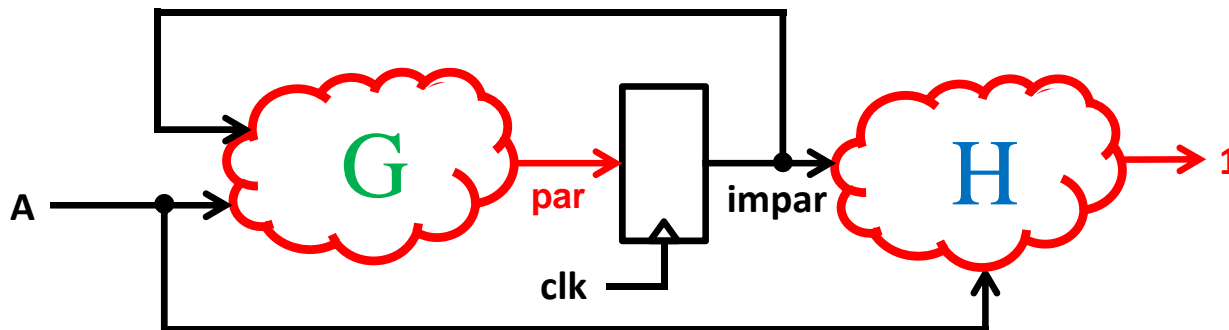
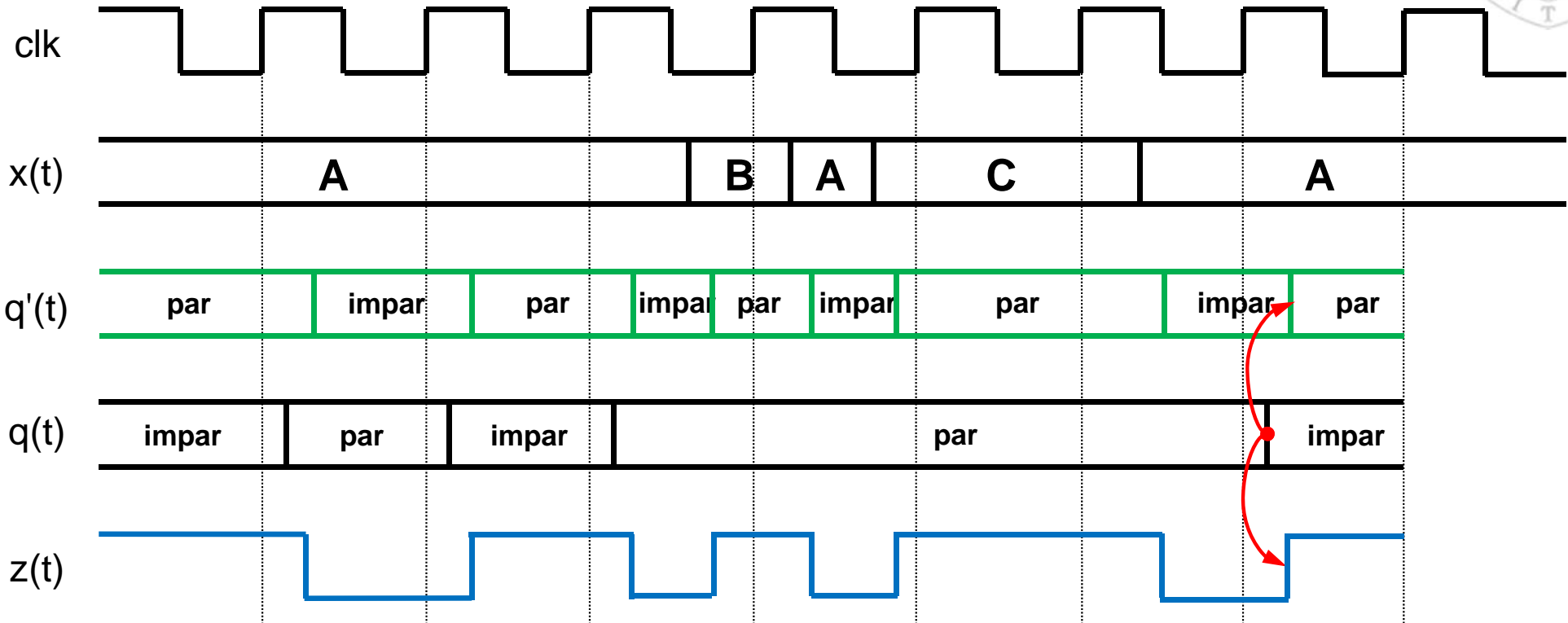
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

82



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



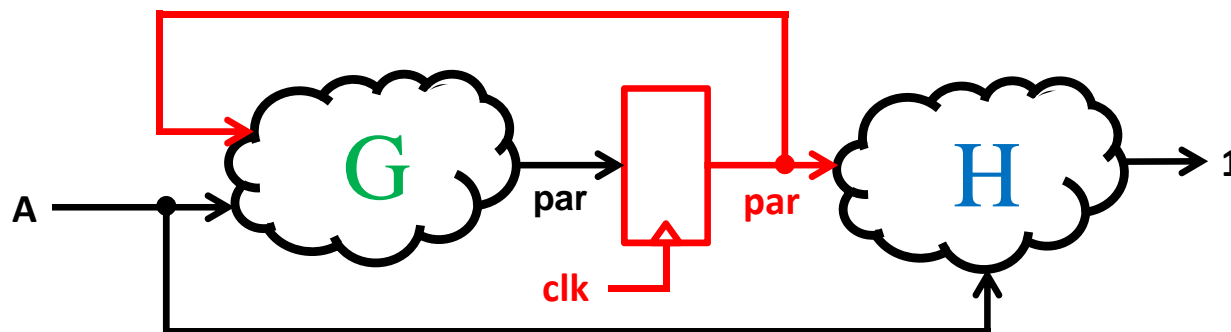
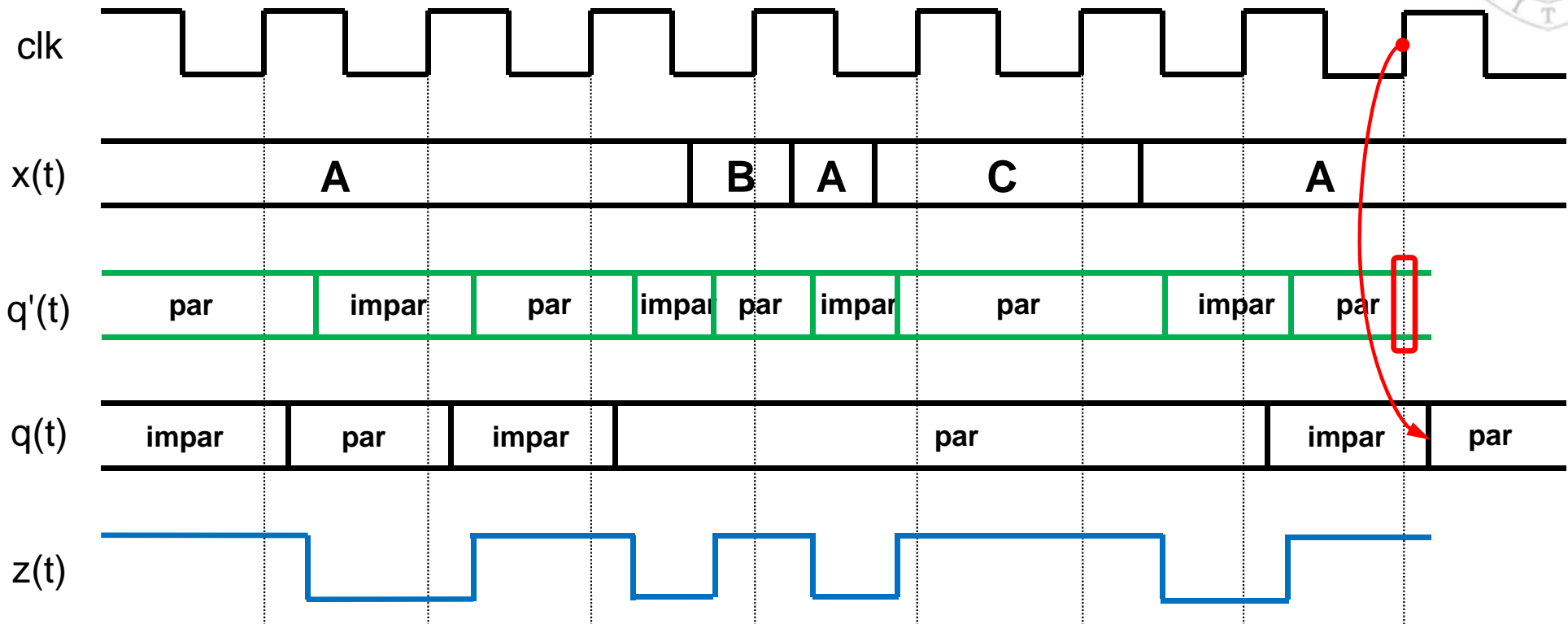
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



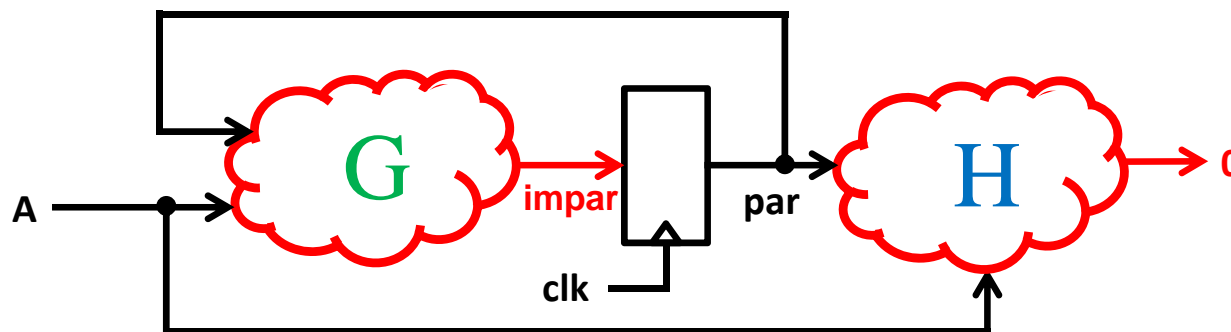
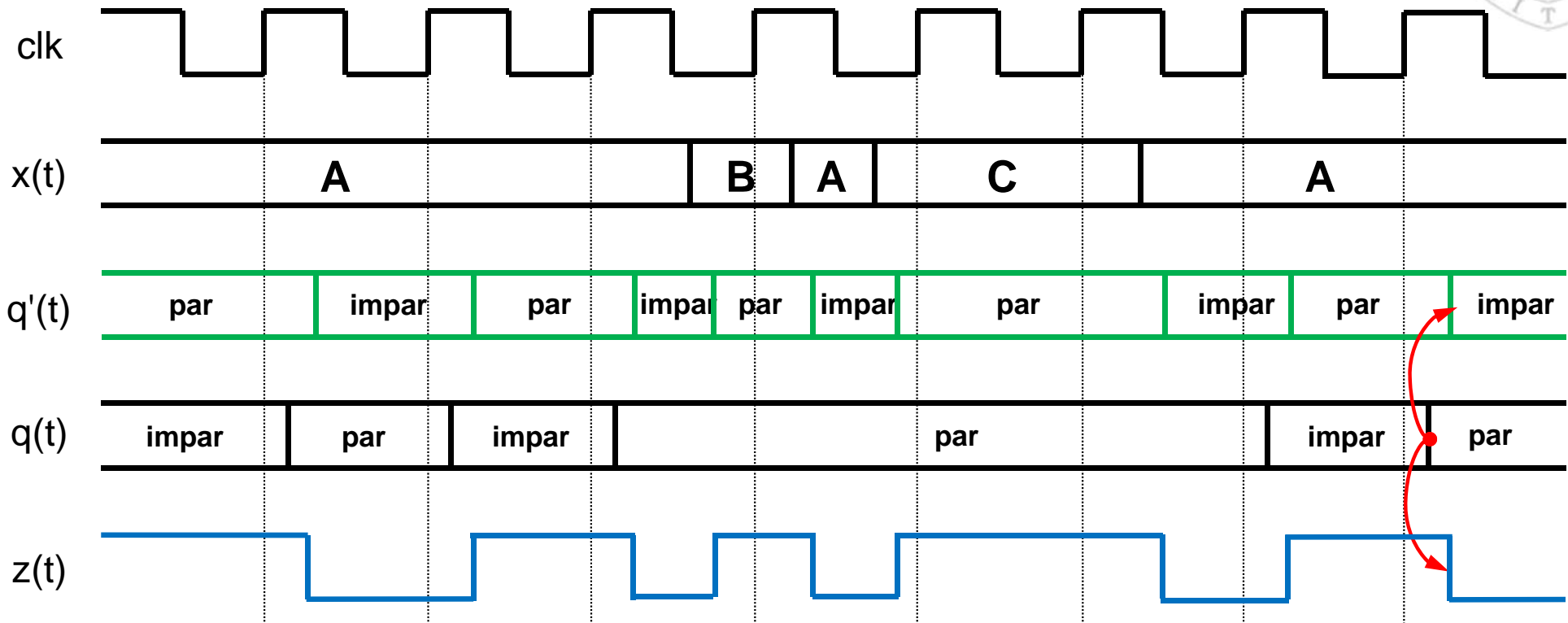
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



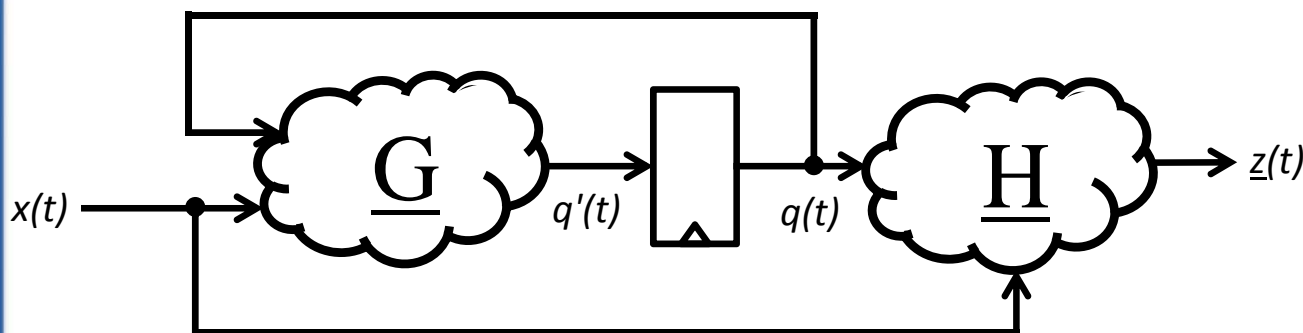
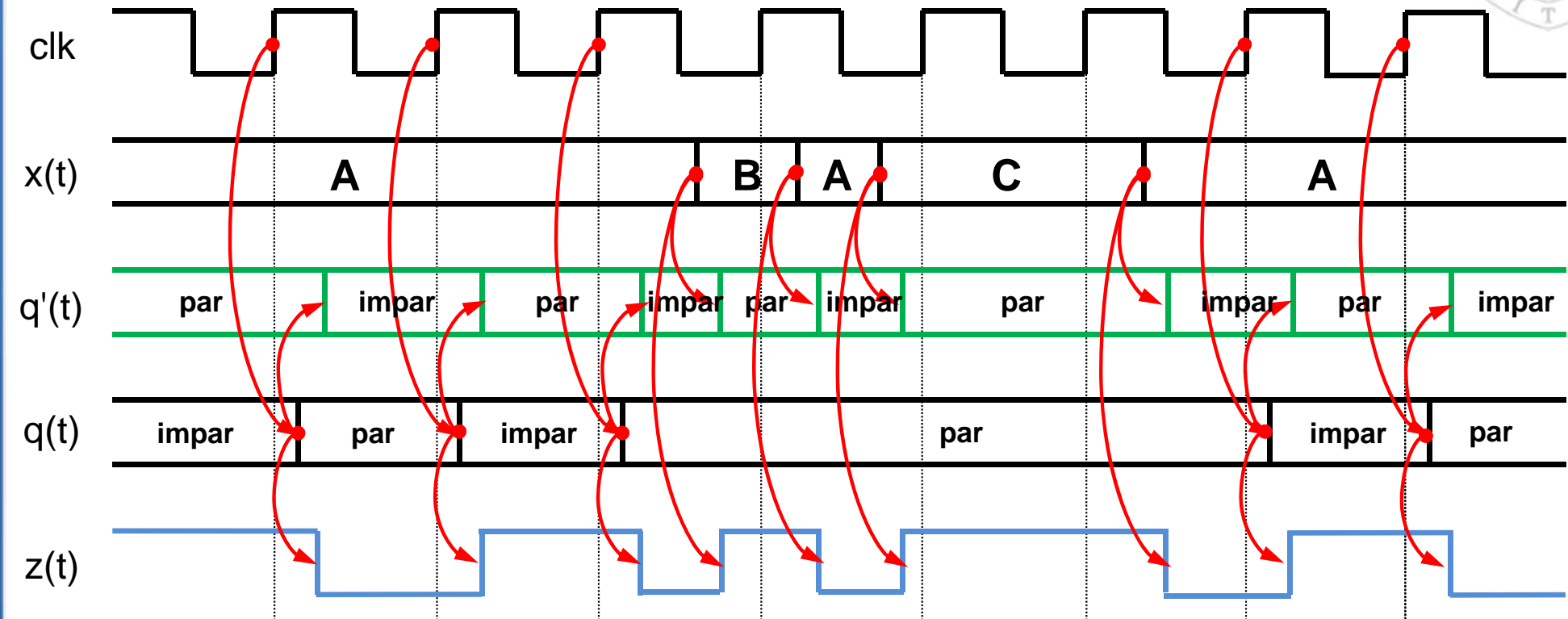
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

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



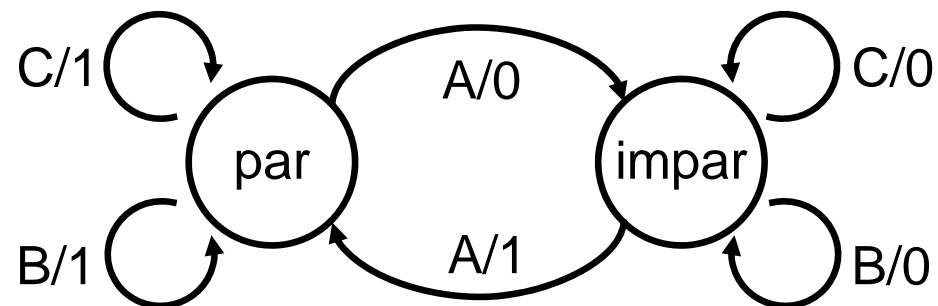
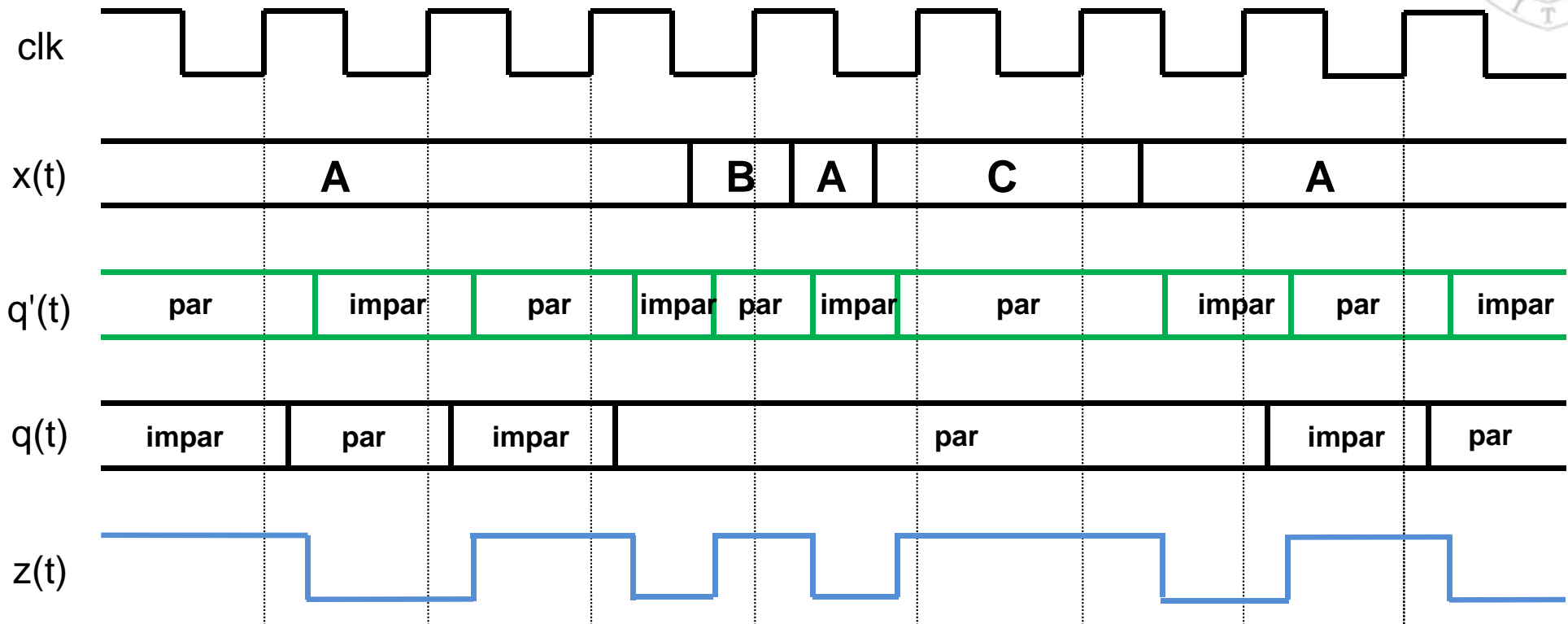
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

86





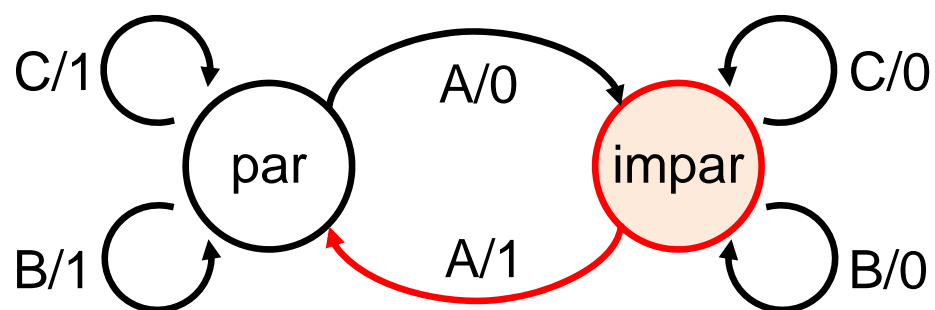
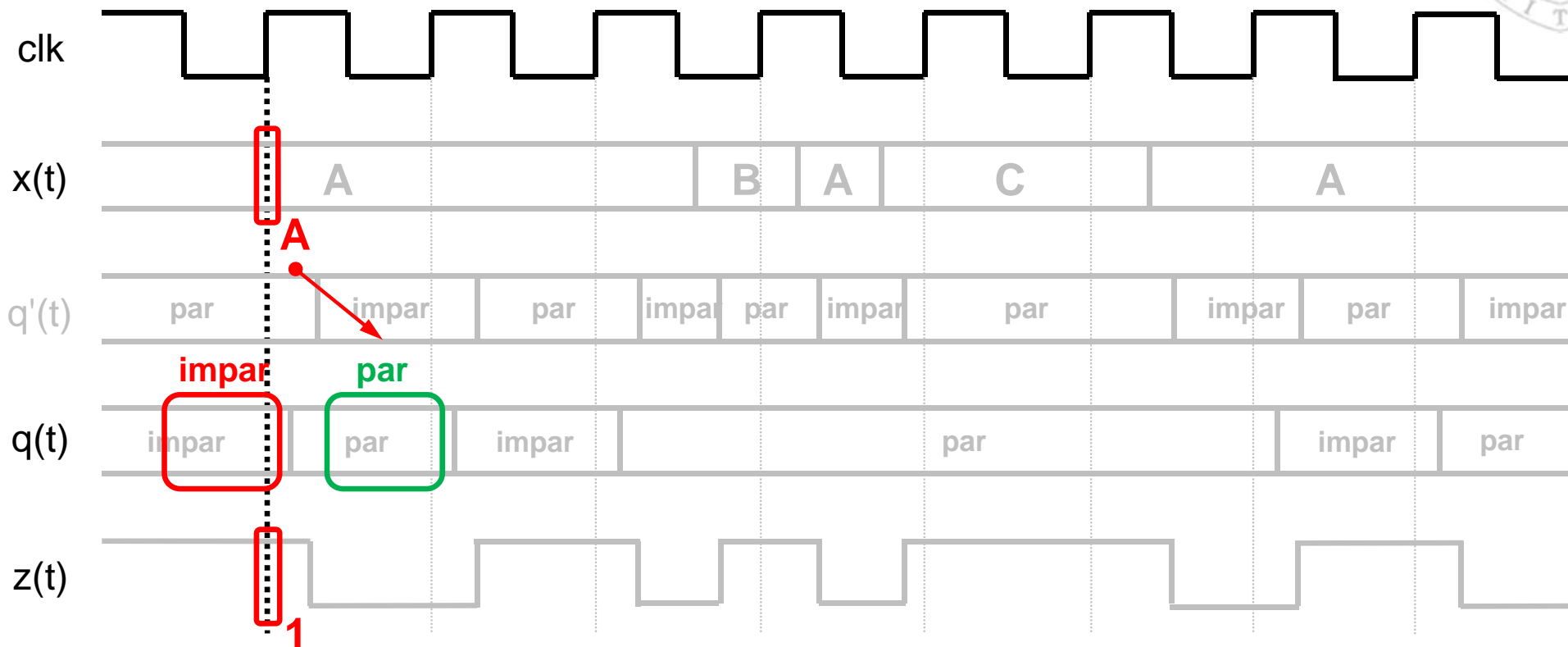
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

87





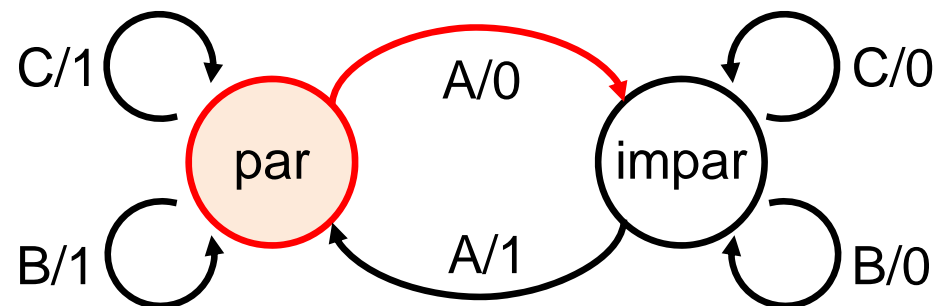
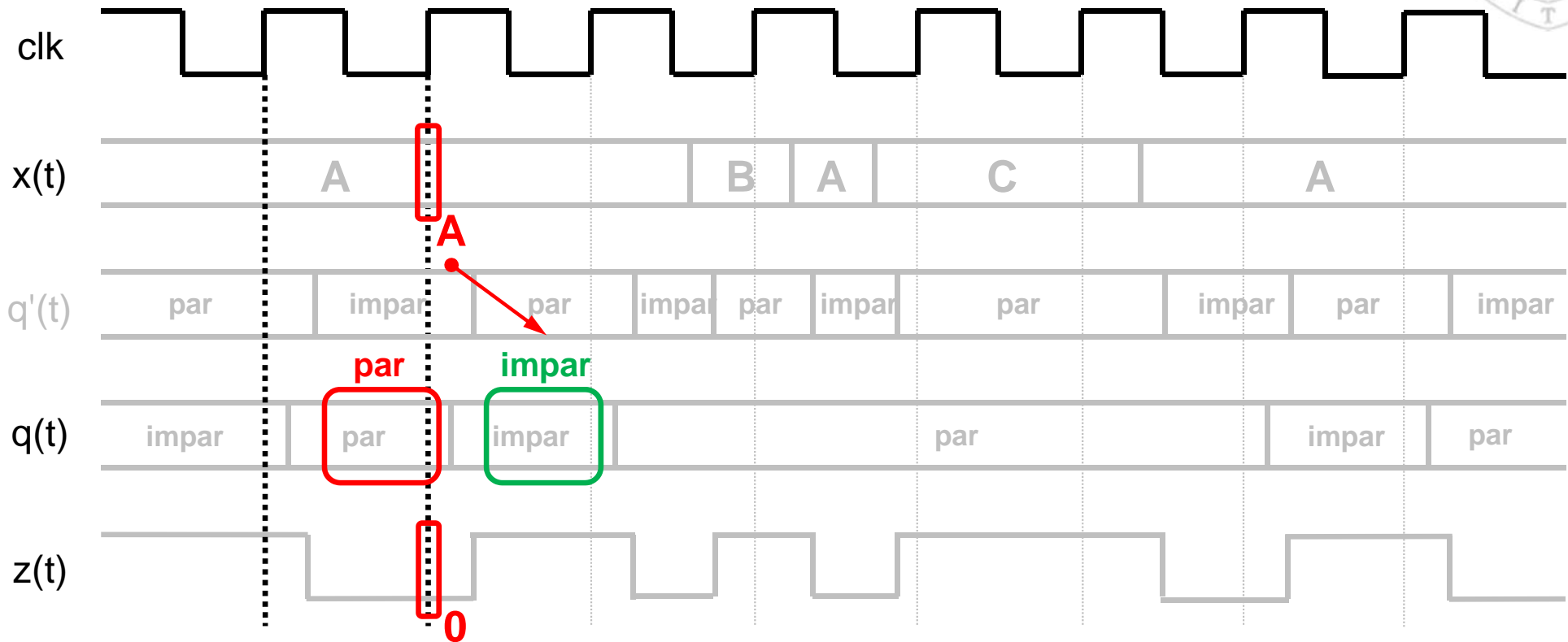
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

88





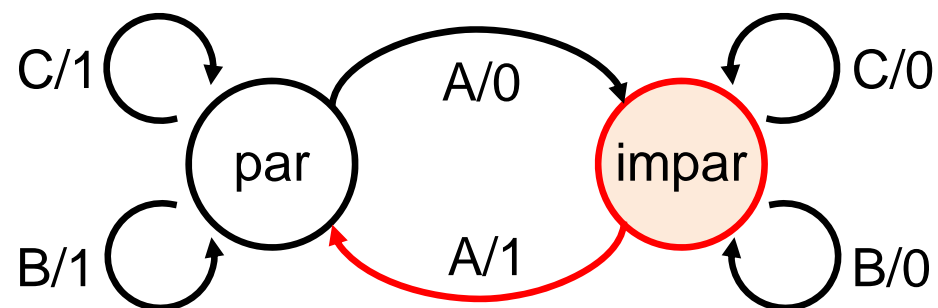
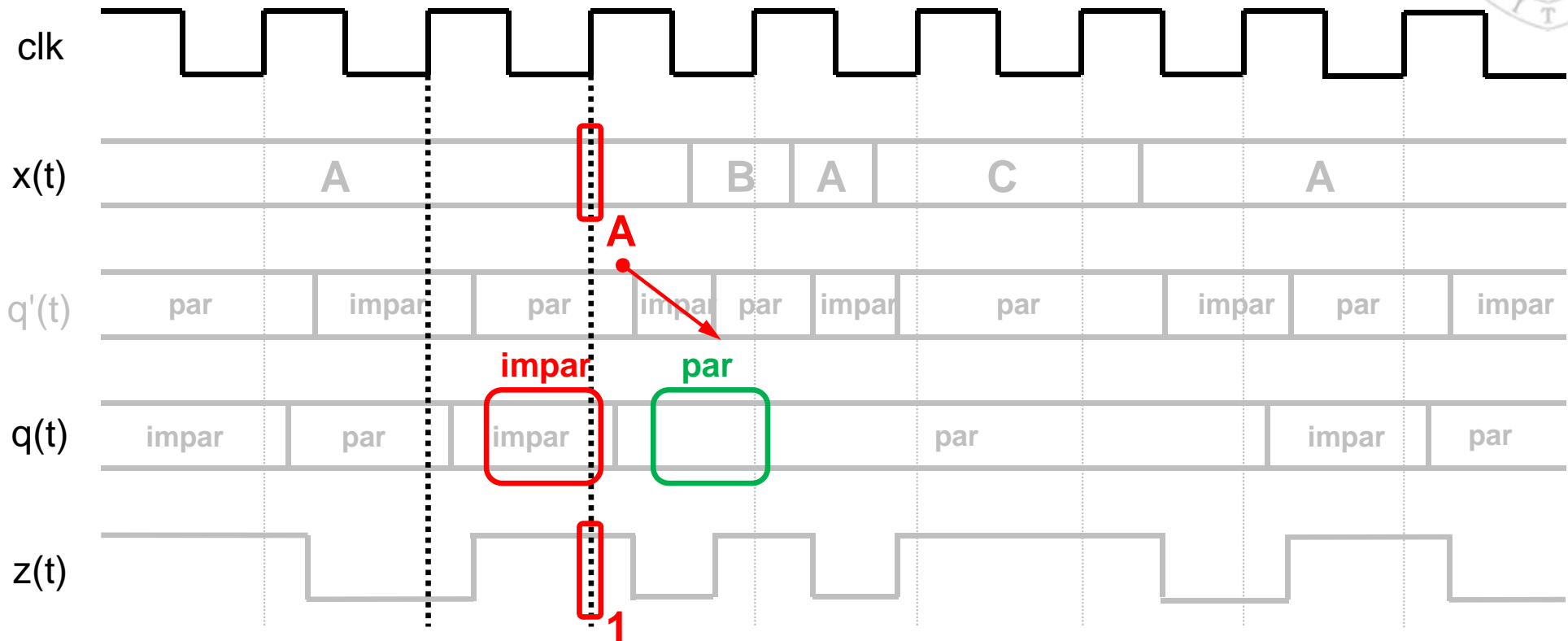
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

89





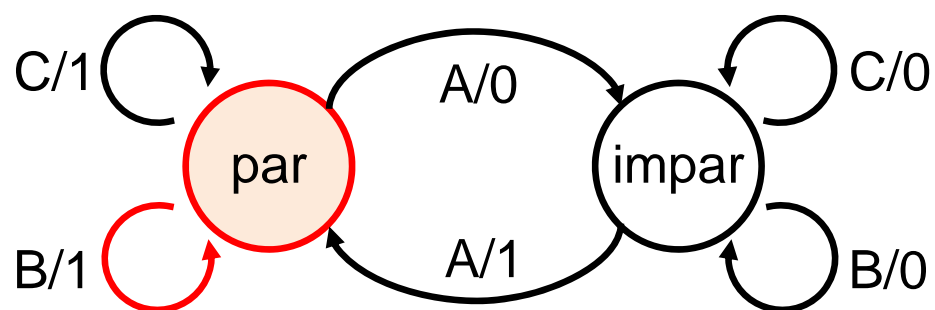
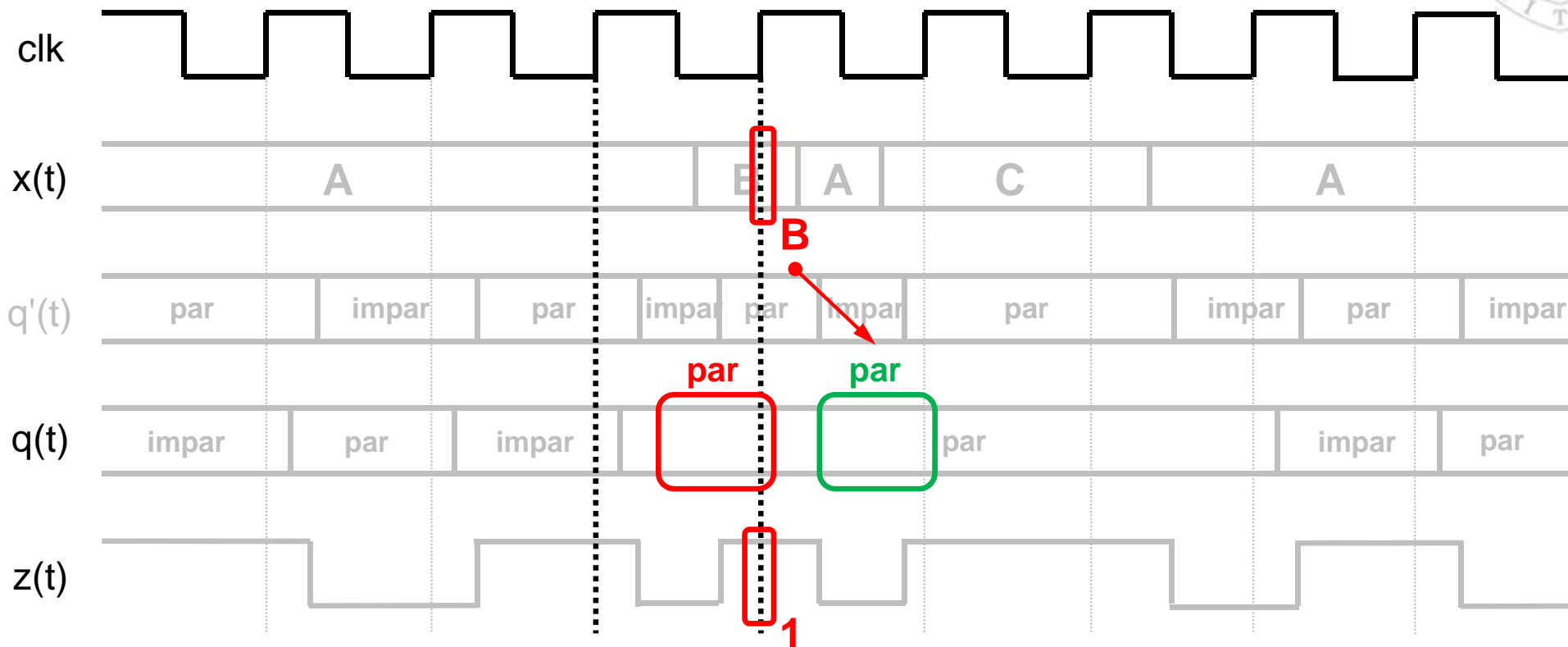
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

90





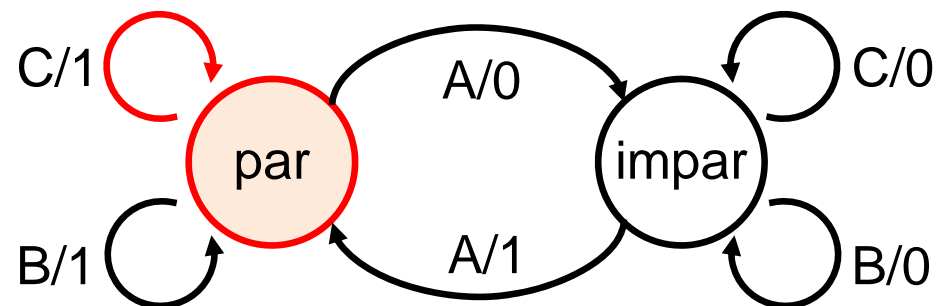
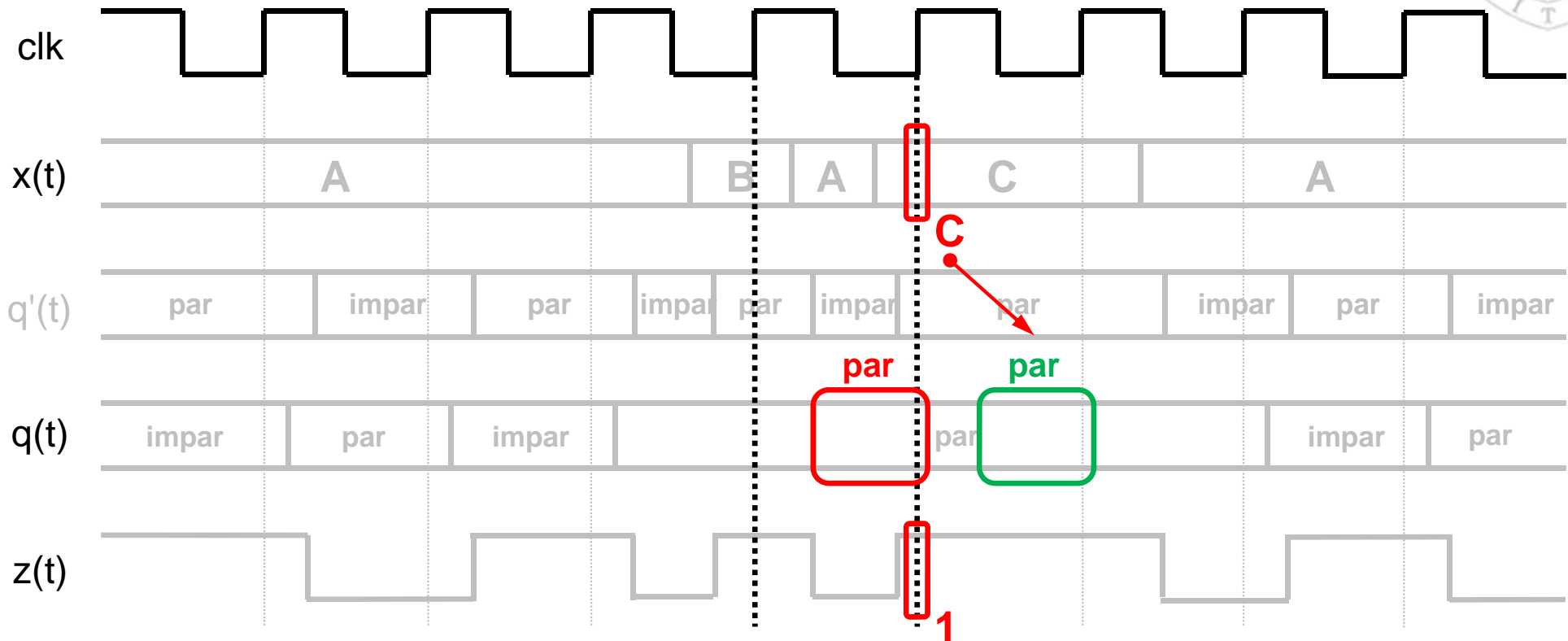
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

91





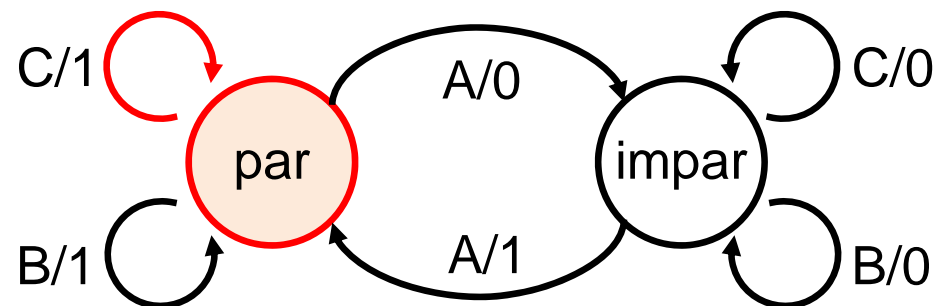
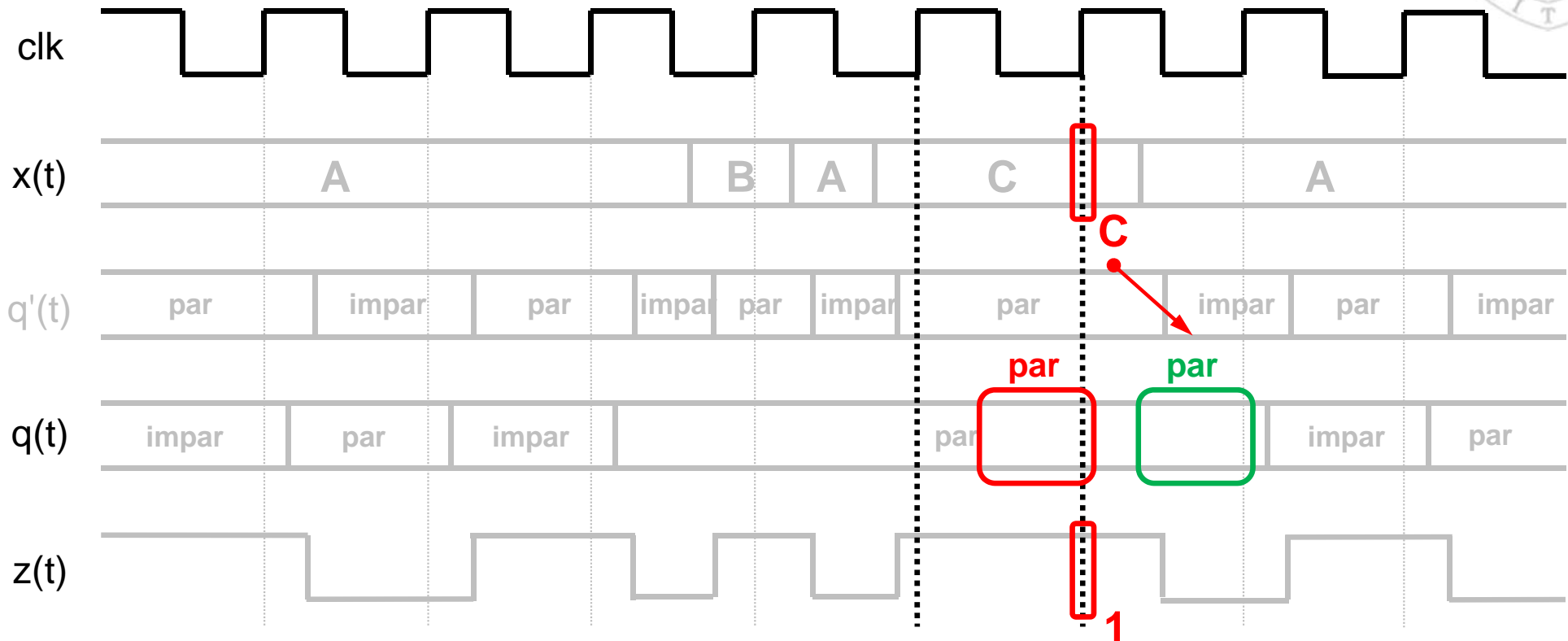
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

FC

92





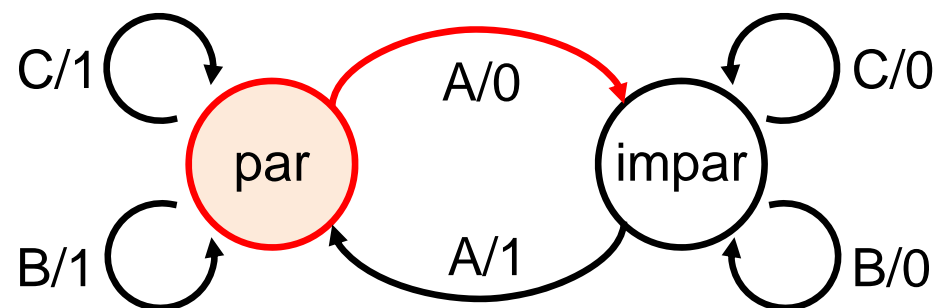
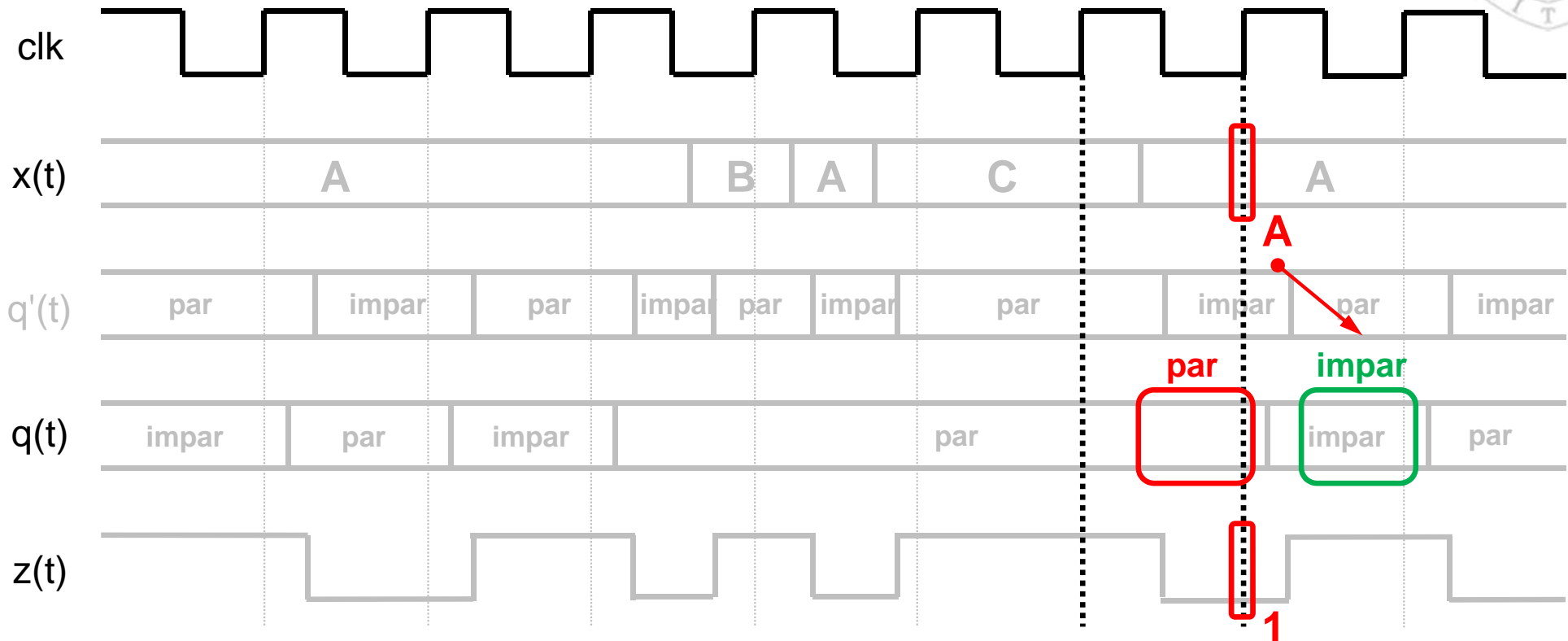
Máquina de Mealy

versión 12/09/14

tema 5:
Especificación de sistemas secuenciales síncronos

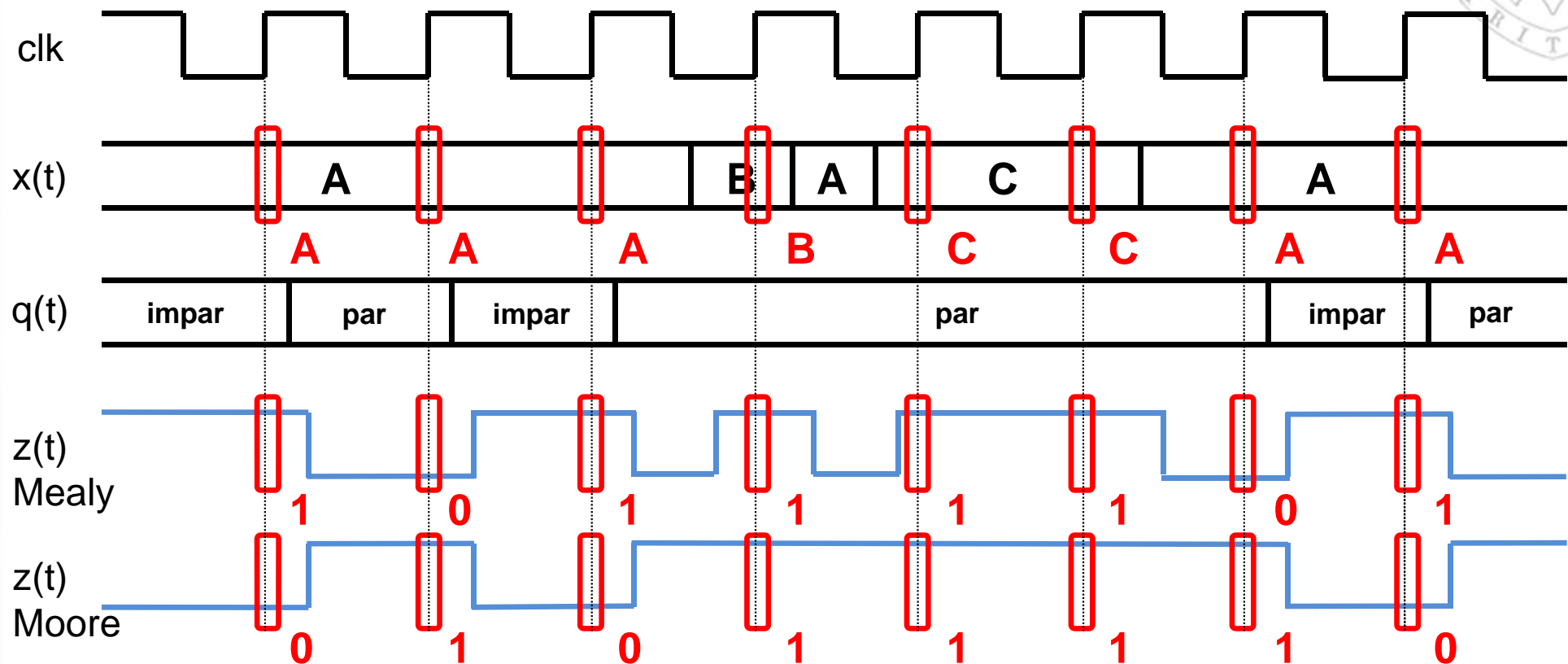
FC

93





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



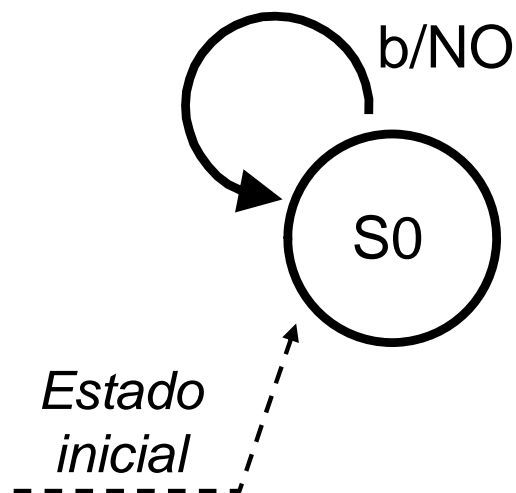


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Mealy

- **Estado S0:** no ha llegado ningún elemento del patrón



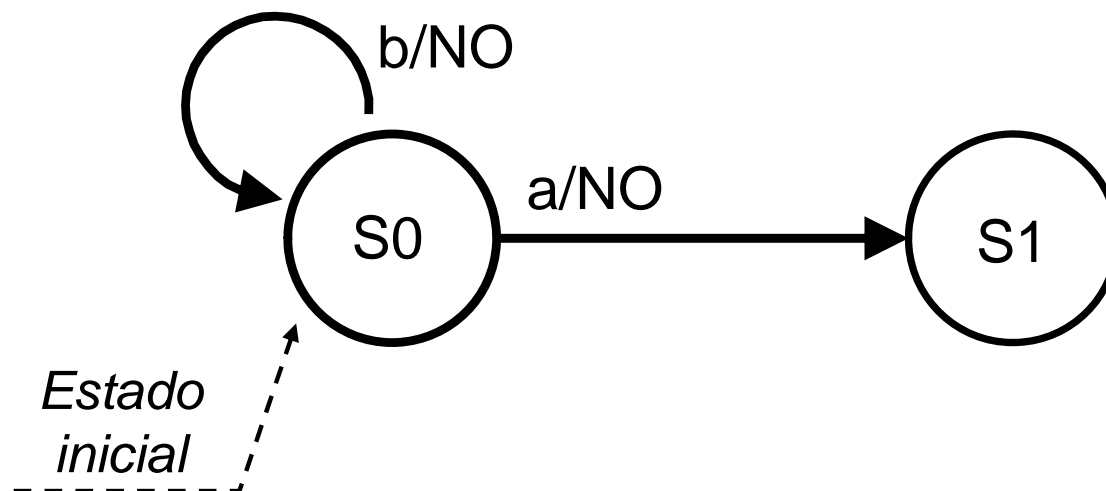


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Mealy

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



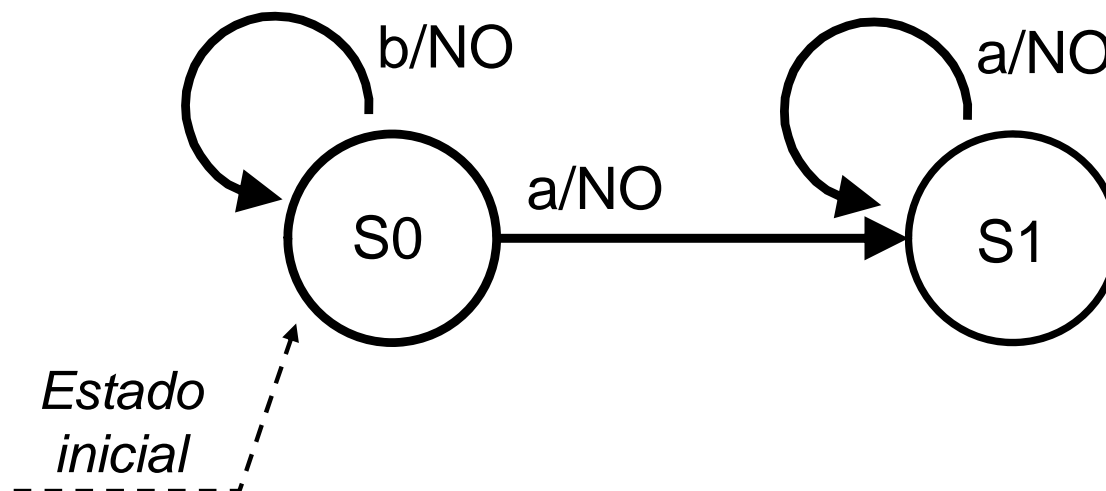


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Mealy

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



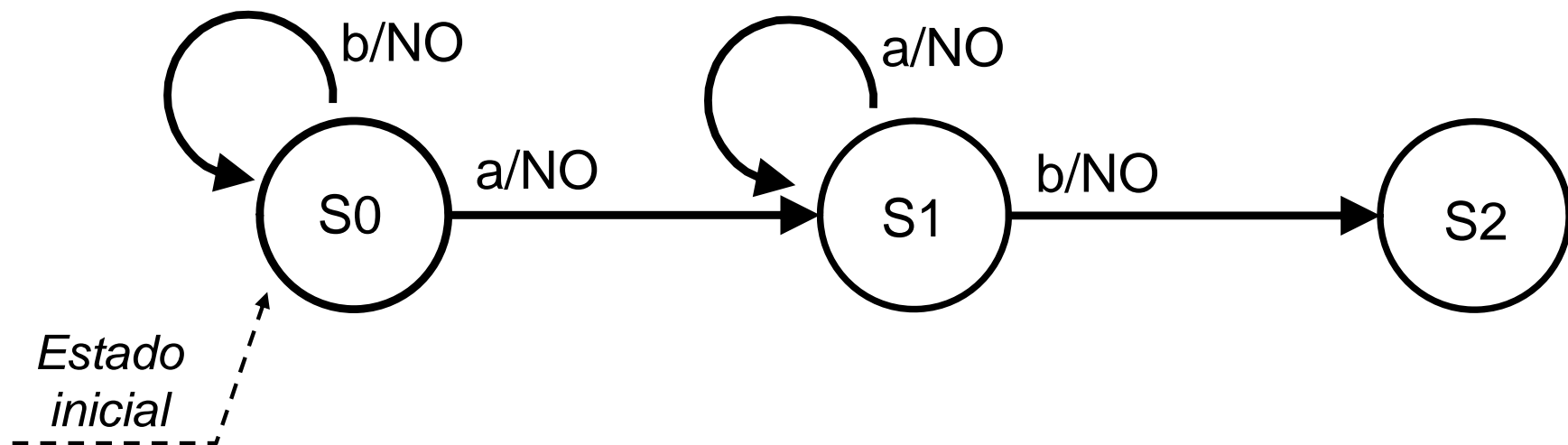


Reconocedor del patrón "abb"

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

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"



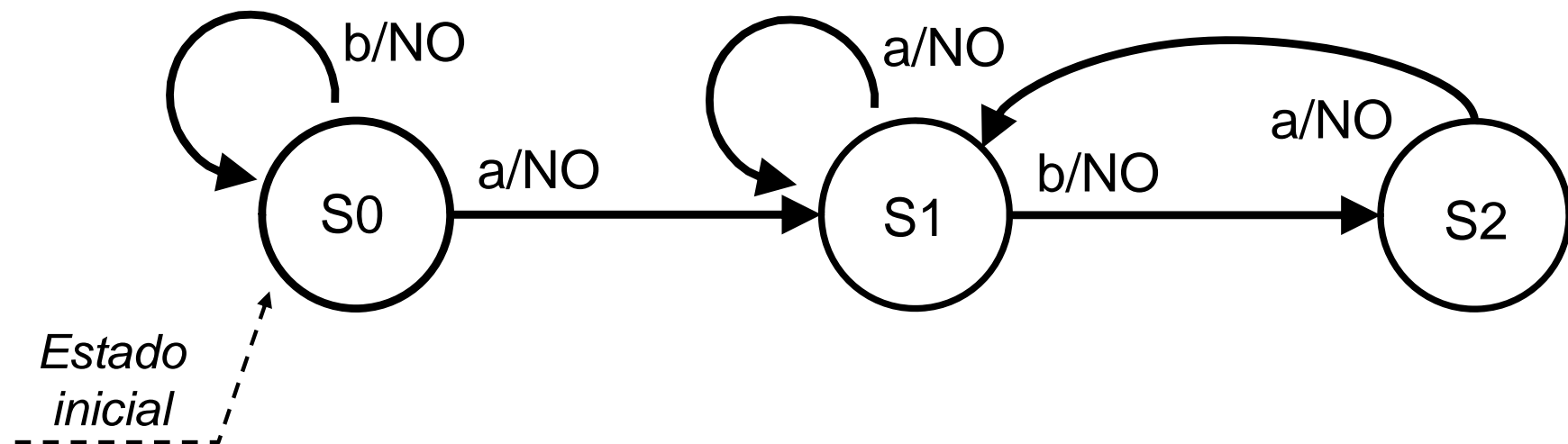


Reconocedor del patrón "abb"

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

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"



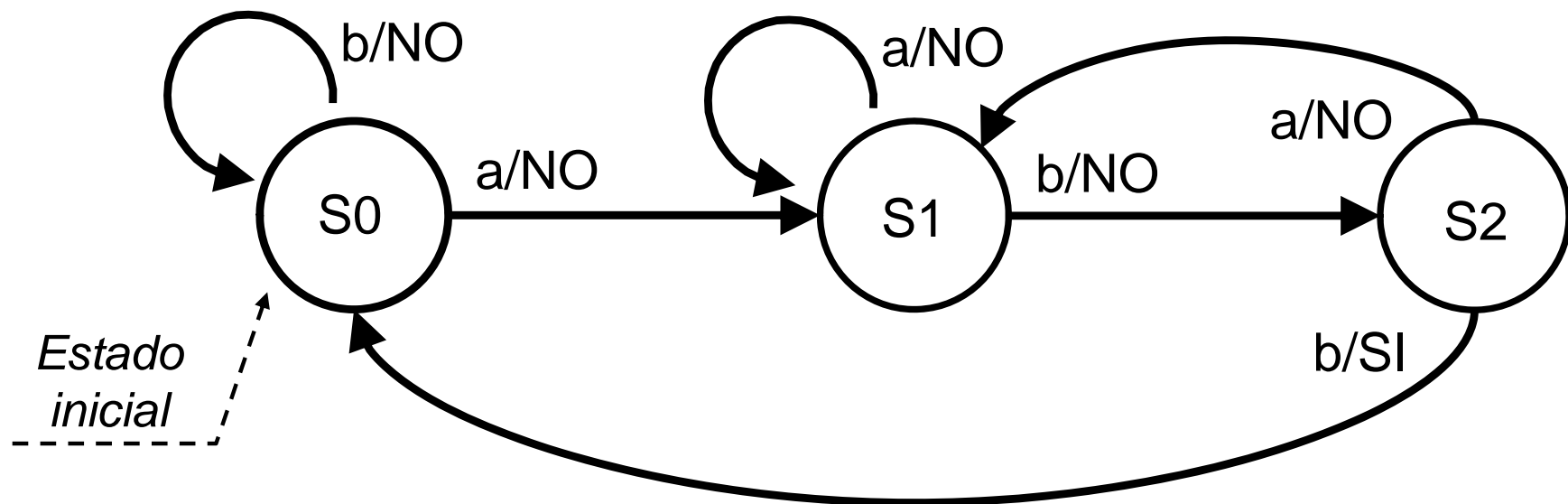


Reconocedor del patrón "abb"

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

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"



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

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



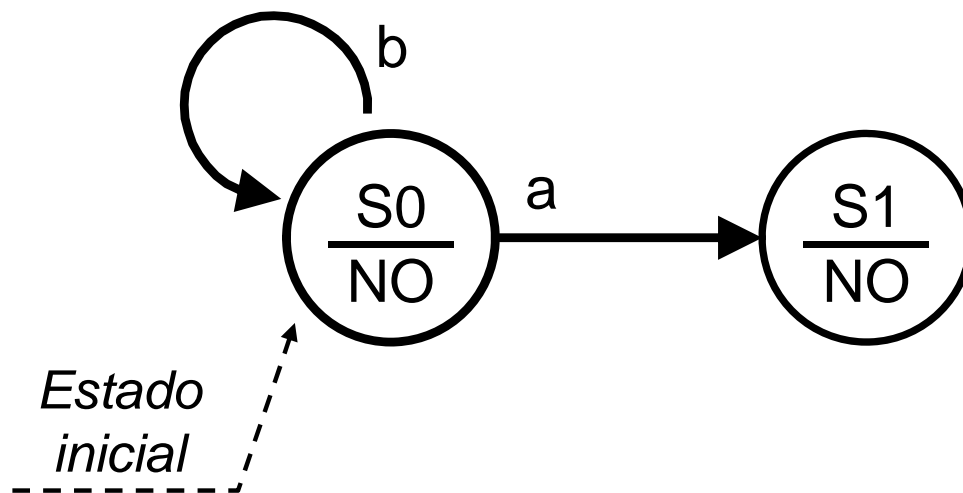


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Moore

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



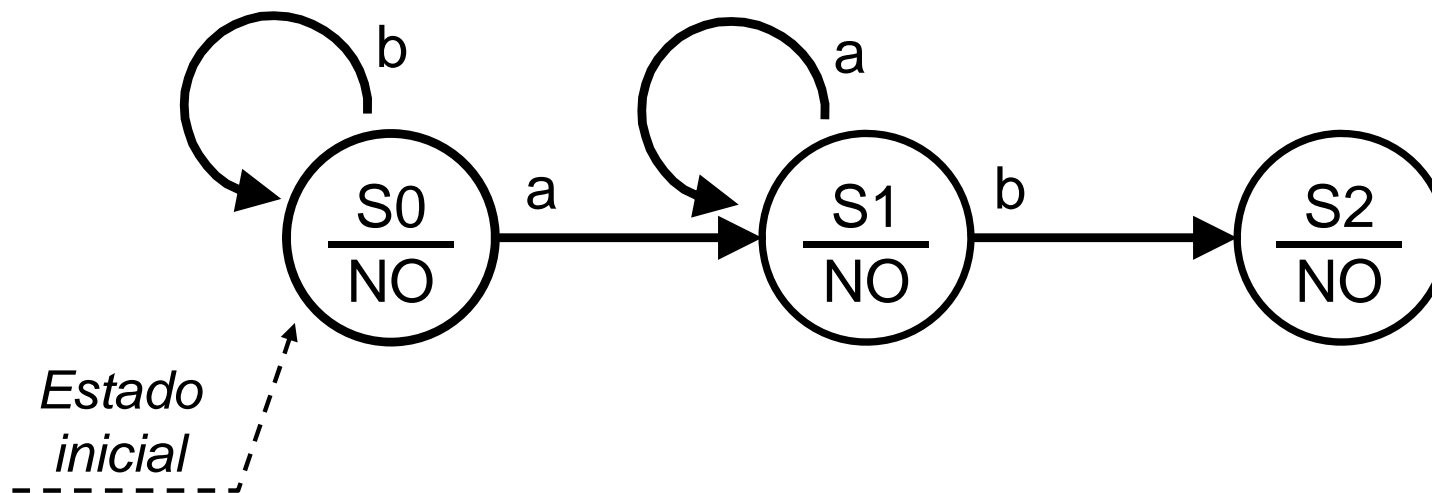


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Moore

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



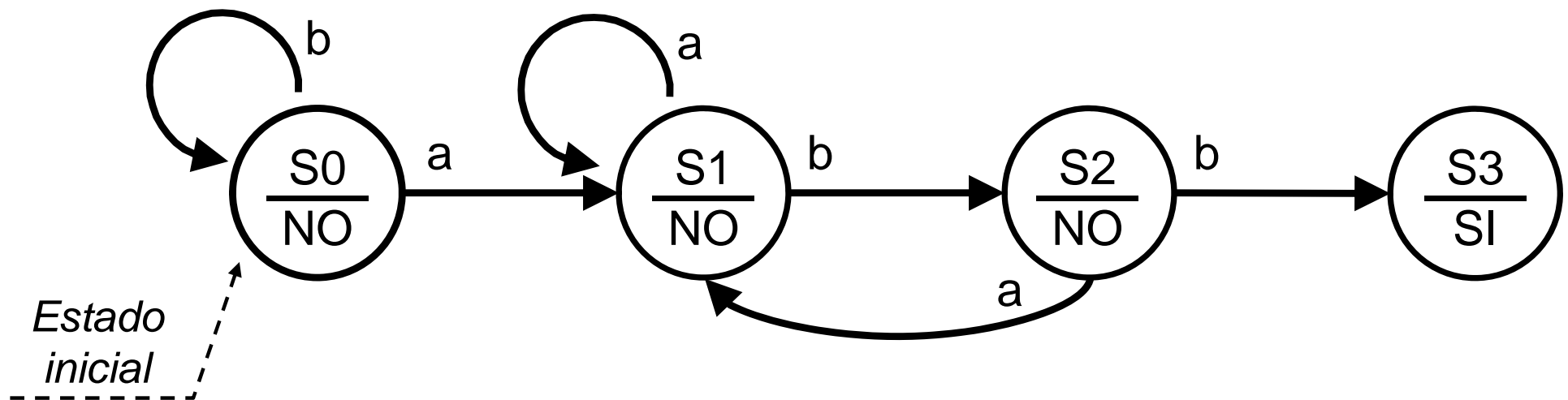


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Moore

- 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"



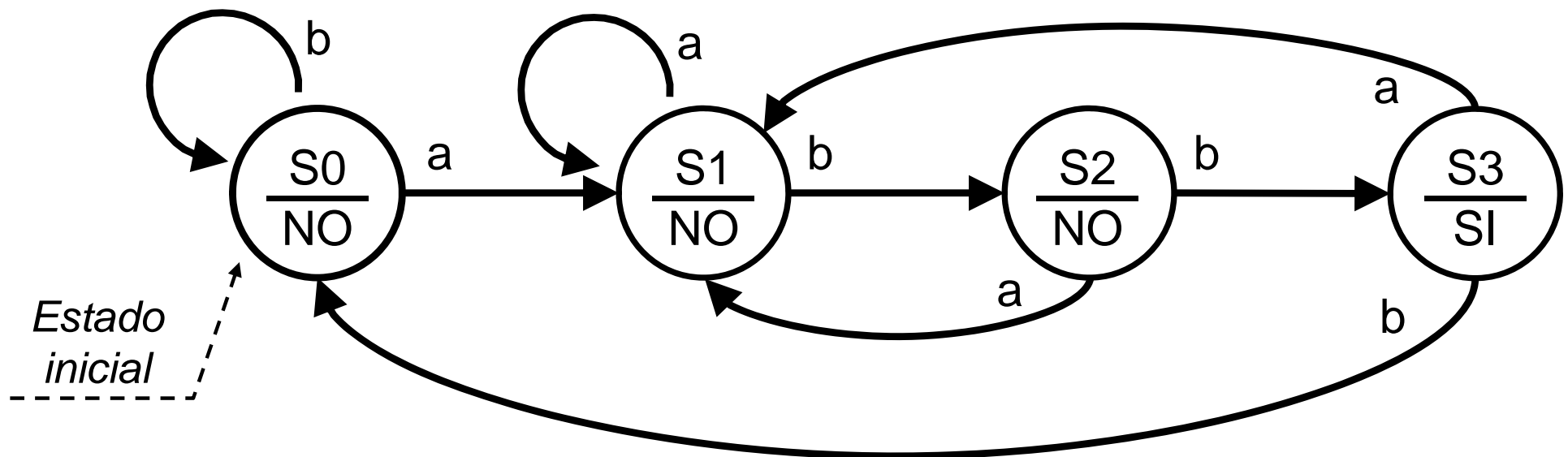


Reconocedor del patrón "abb"

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

Máquina de Moore

- Estado S0: no ha llegado ningún elemento del patrón
- 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/>