

CIRCUITOS LOGICOS DIGITALES



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Laureate International Universities®

DISEÑO DE SISTEMAS SECUENCIALES SÍNCRONOS

CICLO ACADÉMICO: 2024-I

AL FINALIZAR ESTA PRESENTACIÓN SABRÁS ...

- Diferenciar un sistema combinacional de un sistema secuencial
- Modelar sistemas secuenciales mediante Autómatas de Estados Finitos
- Analizar un sistema secuencial síncrono
- Realizar la implementación de un sistema secuencial síncrono

AUTOMÁTAS DE ESTADOS FINITOS – FSM

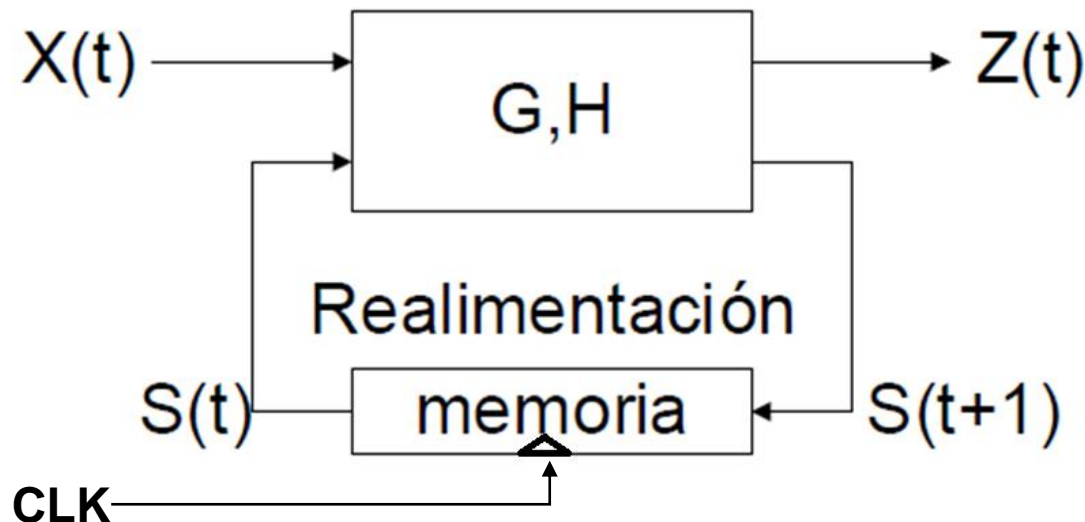
DEFINICIÓN

- Modelo matemático de comportamiento usado para representar sistemas que pueden estar en un número finito de estados en un momento dado. Estos estados pueden cambiar o transitar entre estos estados frente a un estímulo o entradas específicas. Es ideal para modelar sistemas secuenciales. Dicho autómata, también denominado como FSM, consta de los siguientes elementos:
- $X(t) = \{ X_0, \dots, X_{l-1} \} \rightarrow$ conjunto de entradas (entradas actuales)
- $Z(t) = \{ Z_0, \dots, Z_{m-1} \} \rightarrow$ conjunto de salidas (salidas actuales)
- $S(t) = \{ S_0, \dots, S_{n-1} \} \rightarrow$ conjunto de estados actuales
- $S(t+1) = \{ S_1, \dots, S_n \} \rightarrow$ conjunto de estados siguientes
- $Z(t) = G(X(t), S(t)) \rightarrow$ función de salida
- $S(t+1) = H(X(t), S(t)) \rightarrow$ función de transición

AUTOMÁTAS DE ESTADOS FINITOS – FSM

ESTRUCTURA GENERAL

- La estructura general de un autómata finito (finito porque tiene una capacidad de memoria finita y un conjunto finito de estados) consta de varios componentes claves que describen su comportamiento.
- La salida $Z(t)$ en un determinado instante de tiempo t depende de $X(t)$ y también de $S(t)$. Para este hecho, es importante que el sistema disponga de elementos de memoria con el propósito de recordar su estado.



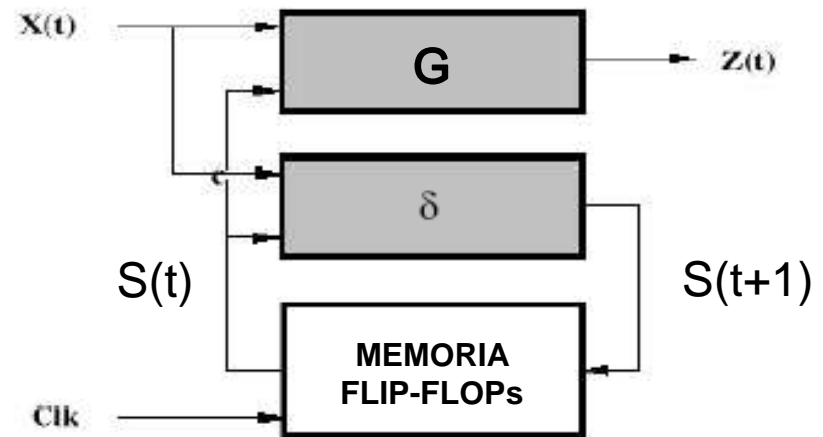
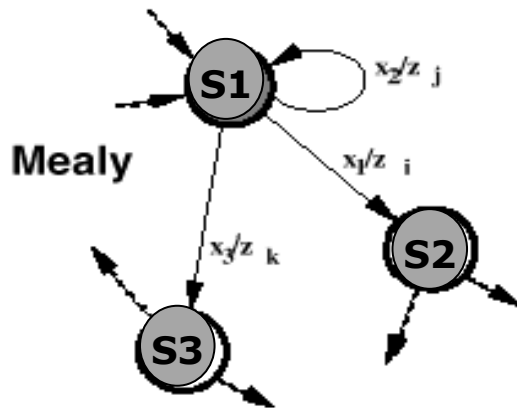
AUTOMÁTAS DE ESTADOS FINITOS – FSM

AUTÓMATA MEALY

- Un autómata de Mealy se caracteriza por la relación que existe entre sus estados, las entradas y las salidas.
- A consecuencia de ello, la función de salida depende de su estado y de la entrada:

$$Z(t) = G(X(t), S(t)) \rightarrow$$

función de salida



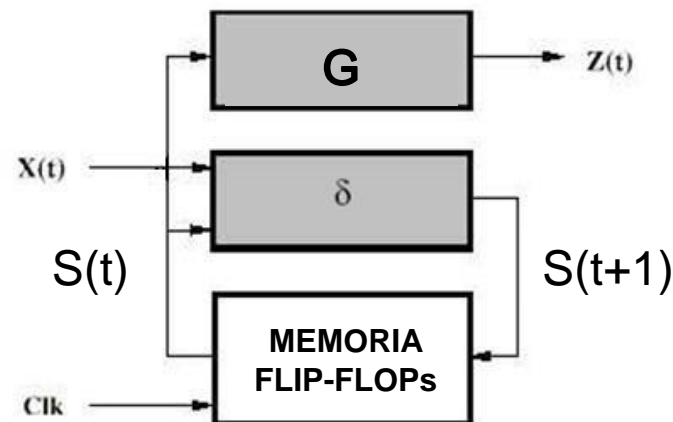
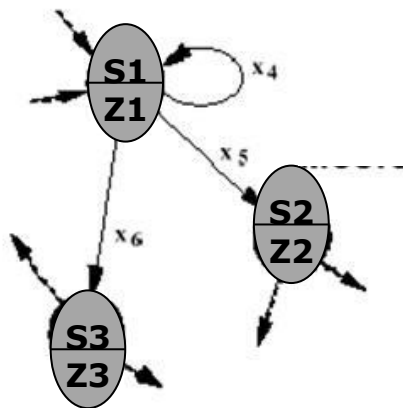
AUTOMÁTAS DE ESTADOS FINITOS – FSM

AUTÓMATA MOORE

- Un autómata de Moore se caracteriza por la relación que existe entre sus estados y las salidas.
- A consecuencia de ello, la función de salida depende **sólo** del estado. Es decir, a cada estado le corresponde de forma inequívoca una salida.

$$Z(t) = G(S(t)) \rightarrow$$

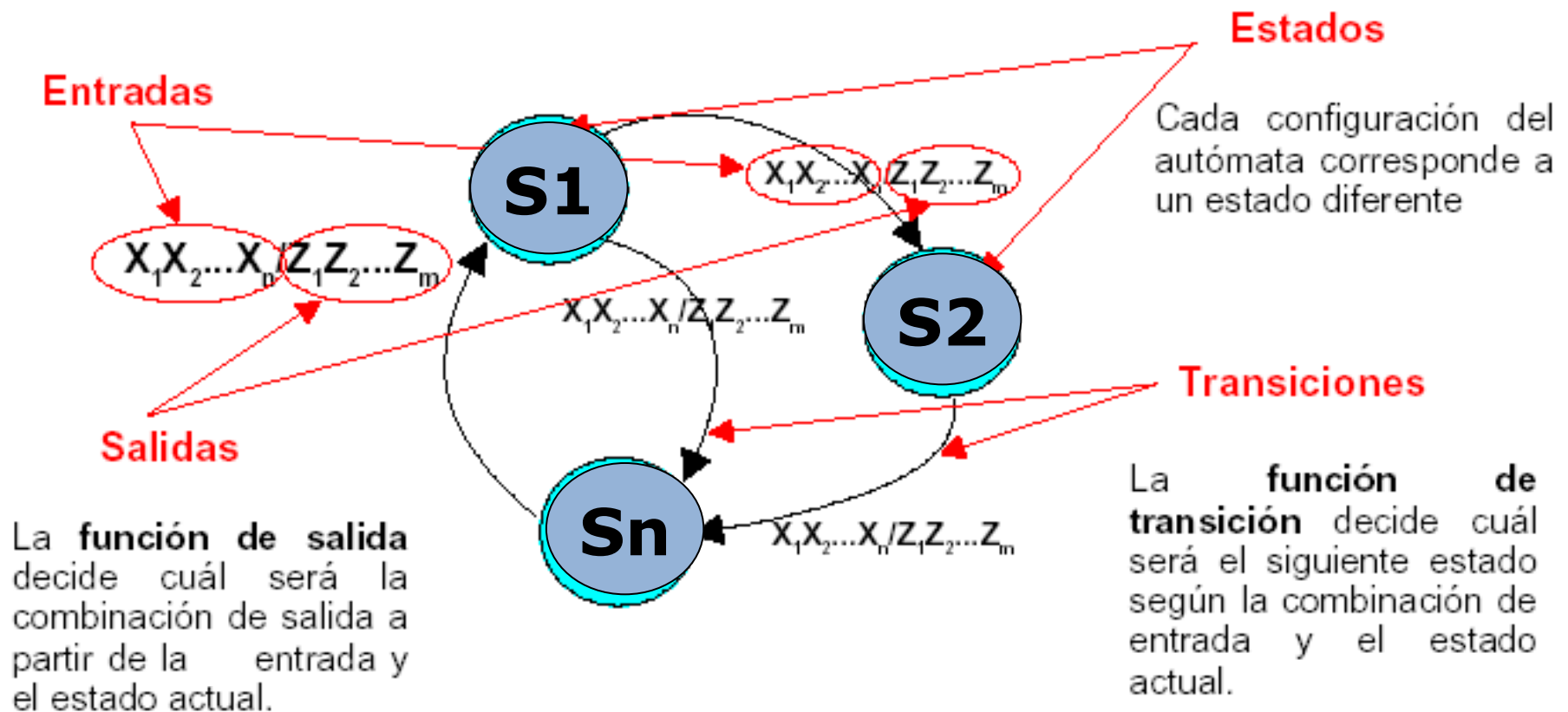
función de salida



AUTOMÁTAS DE ESTADOS FINITOS – FSM

DIAGRAMAS DE ESTADO

- También conocido como diagrama de transición de estados; es una representación gráfica de los Automatas de Estados Finitos (**F**inite **S**tate **M**achines → **FSM**)



AUTOMÁTAS DE ESTADOS FINITOS – FSM

DIAGRAMAS DE ESTADO

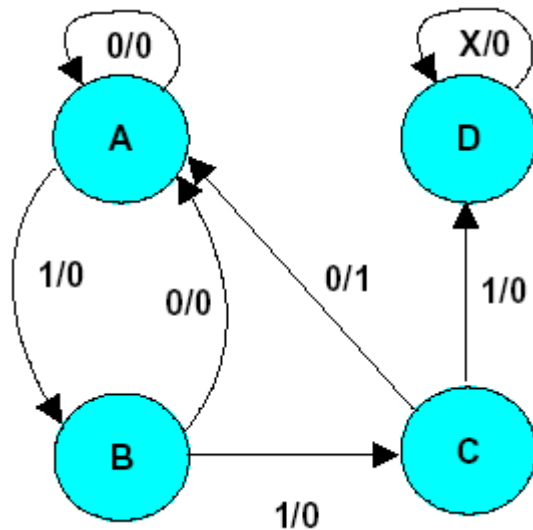


DIAGRAMA ESTADOS

TABLA DE TRANSICIÓN DE ESTADOS

X(t)	S(t)	S(t+1)	Z(t)
0	A	A	0
0	B	A	0
0	C	A	1
0	D	D	0
1	A	B	0
1	B	C	0
1	C	D	0
1	D	D	0

SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS

METODOLOGÍA DE ANALISIS DE CIRCUITOS LÓGICOS

DE SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS

- Para obtener el diagrama de Transición de Estados a partir del circuito lógico del sistema secuencial síncrono, se deberá realizar lo siguiente
1. Identificar las entradas, estados y salidas del sistema secuencial a partir del circuito del sistema secuencial síncrono.
 2. Obtener la(s) expresión(es) algebraica(s) de la(s) salida(s) así como de las entradas de los biestables o FFs que hacen posible que sus estados pasen de $S(t)$ a $S(t+1)$.
 3. Obtener la tabla de transición de estados, tabla de salida y también tabla de excitación del sistema secuencial.
 4. Dibujar el diagrama de transición de estados.

SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

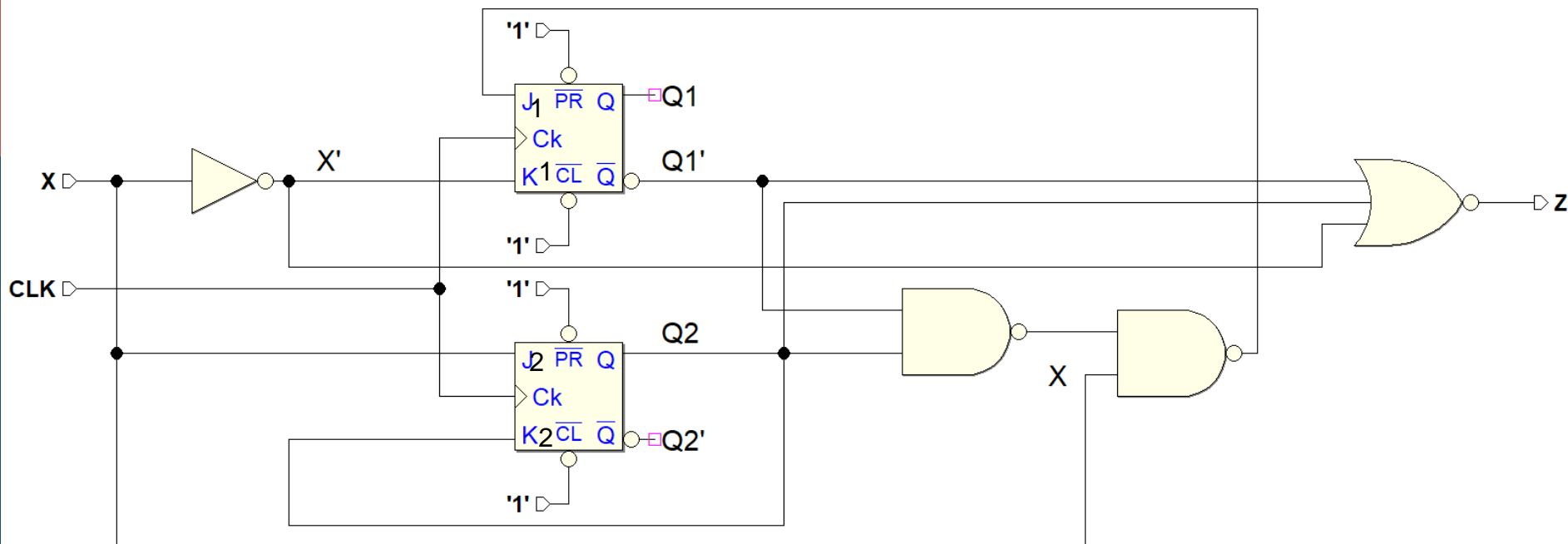
EJEMPLO-1: Analice el siguiente circuito secuencial síncrono.
Obtenga su diagrama de transición de estados.

1. Identificar las entradas, estados y salidas del sistema secuencial a partir del circuito del sistema secuencial síncrono:

X: entrada

Q1, Q2: estados

Z: salida



SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

2. Obtener la(s) expresión(es) algebraica(s) de la(s) salida(s) así como de las entradas de los biestables o FFs que hacen posible que sus estados pasen de $S(t)$ a $S(t+1)$

Del circuito, se tiene lo siguiente:

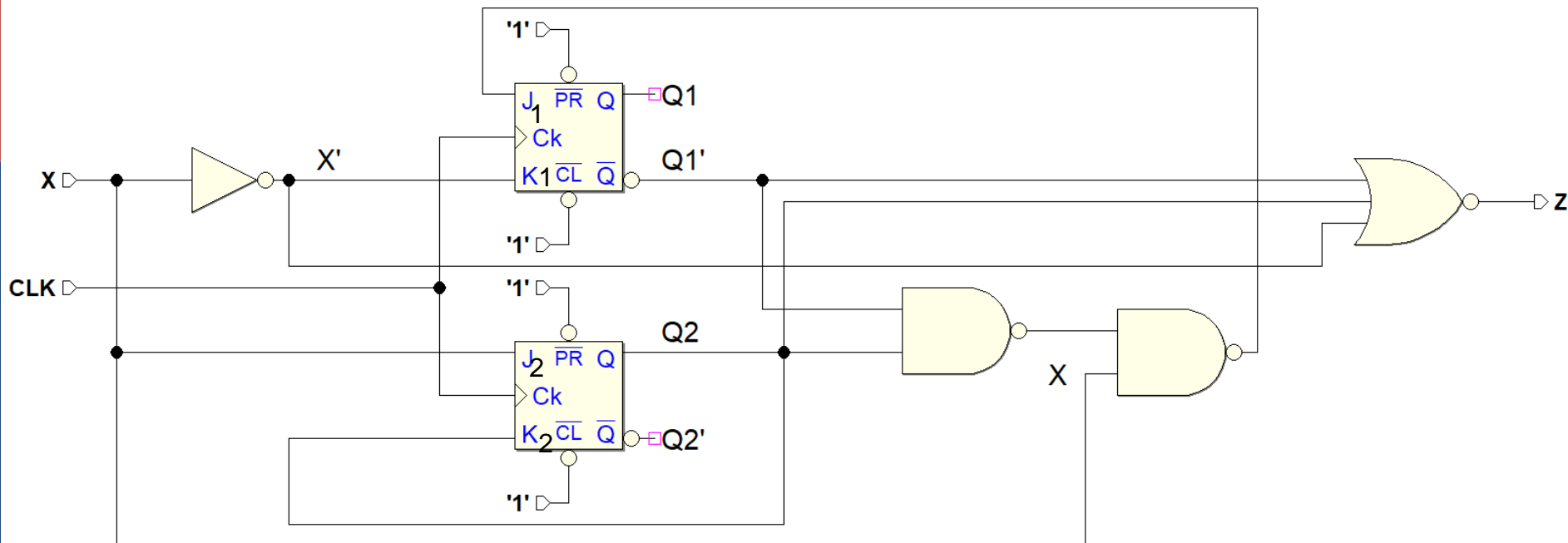
$$J1 = ((Q1'Q2)'X)' = Q1'Q2 + X'$$

$$K1 = X'$$

$$J2 = X$$

$$K2 = Q2$$

$$Z = (Q1' + Q2 + X')' = XQ1Q2'$$



SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

3. Obtener la tabla de transición de estados, tabla de salida y también tabla d excitación del sistema secuencial

Se reescriben las funciones del siguiente modo, teniendo en cuenta que X es MSB y Q2 es LSB:

$$J1 = ((Q1'Q2)'X)' = Q1'Q2 + X' = XQ1'Q2 + X'Q1'Q2 + X'Q1Q2 + X'Q1Q2' + X'Q1'Q2'$$

$$K1 = X' = X'Q1'Q2 + X'Q1Q2 + X'Q1Q2' + X'Q1'Q2'$$

$$J2 = X = XQ1'Q2 + XQ1Q2 + XQ1Q2' + XQ1'Q2'$$

$$K2 = Q2 = XQ1Q2 + X'Q1Q2 + XQ1'Q2 + X'Q1'Q2$$

$$Z = (Q1' + Q2 + X)' = XQ1Q2'$$

NOTA: Para completar la tabla de transición de estados, se deberá usar la tabla de transición de los FFs que usará la FSM.

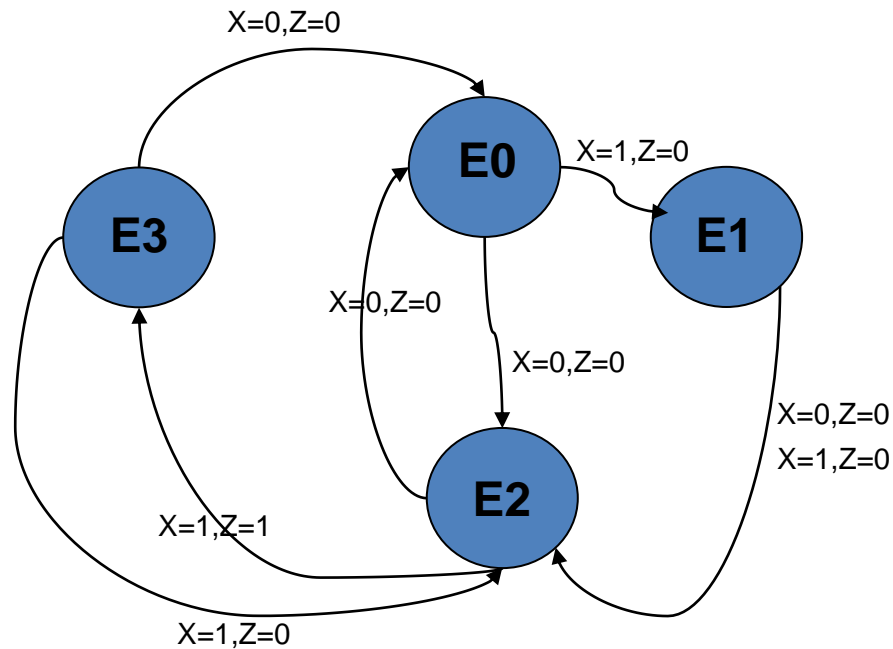
Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0



TABLA DE TRANSICION DE ESTADOS					TABLA DE EXCITACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MEMORIA PARA LA TRANSICIÓN S(t) → S(t+1)								TABLA DE SALIDA			
ESTADO ACTUAL S(t) + ENTRADA X(t)					ESTADO SIGUIENTE S(t+1)				J1				SALIDA Z(t)			
S(t)		X(t)							J1		K1		J2		K2	
X(t)	Q1(t)	Q2(t)	CLK		Q1(t+1)	Q2(t+1)							Z(t)			
E0	0	0	0	CLK1	E2	1	0		1	1	0	0	0			
E1	0	0	1	CLK2	E2	1	0		1	1	0	1	0			
E2	0	1	0	CLK3	E0	0	0		1	1	0	0	0			
E3	0	1	1	CLK4	E0	0	0		1	1	0	1	0			
E0	1	0	0	CLK5	E1	0	1		0	0	1	0	0			
E1	1	0	1	CLK6	E2	1	0		1	0	1	1	0			
E2	1	1	0	CLK7	E3	1	1		0	0	1	0	1			
E3	1	1	1	CLK8	E2	1	0		0	0	1	1	0			

SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

4. Dibujar el diagrama de transición de estados.



SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

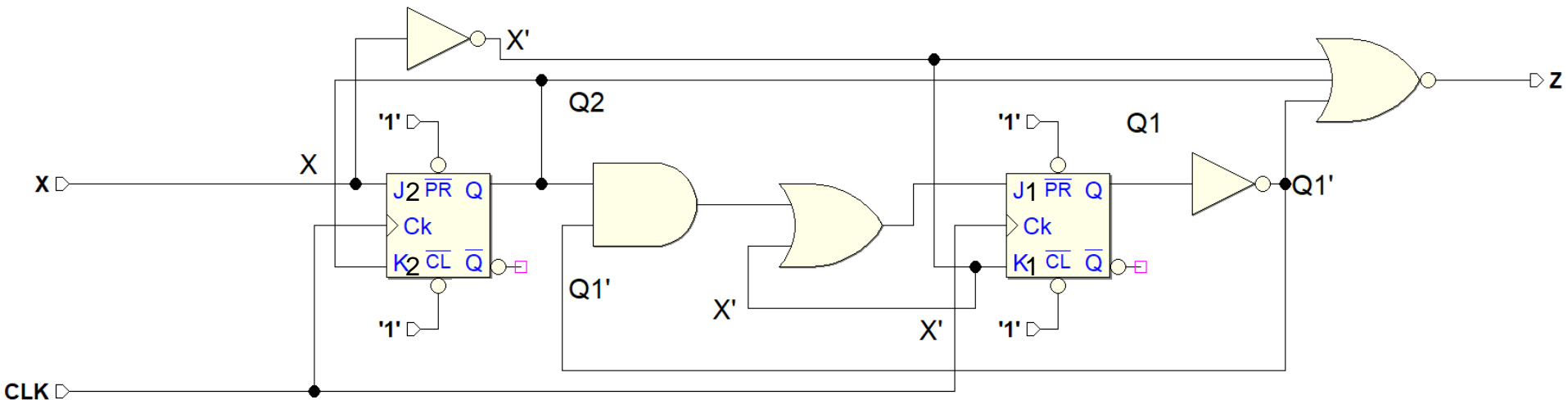
EJEMPLO-2: Analice el siguiente circuito secuencial síncrono. Obtenga su diagrama de transición de estados.

1. Identificar las entradas, estados y salidas del sistema secuencial a partir del circuito del sistema secuencial síncrono.

X: entrada

Q1, Q2: estados

Z: salida



SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

2. Obtener la(s) expresión(es) algebraica(s) de la(s) salida(s) así como de las entradas de los biestables o FFs que hacen posible que sus estados pasen de $S(t)$ a $S(t+1)$

Se identifica lo siguiente:

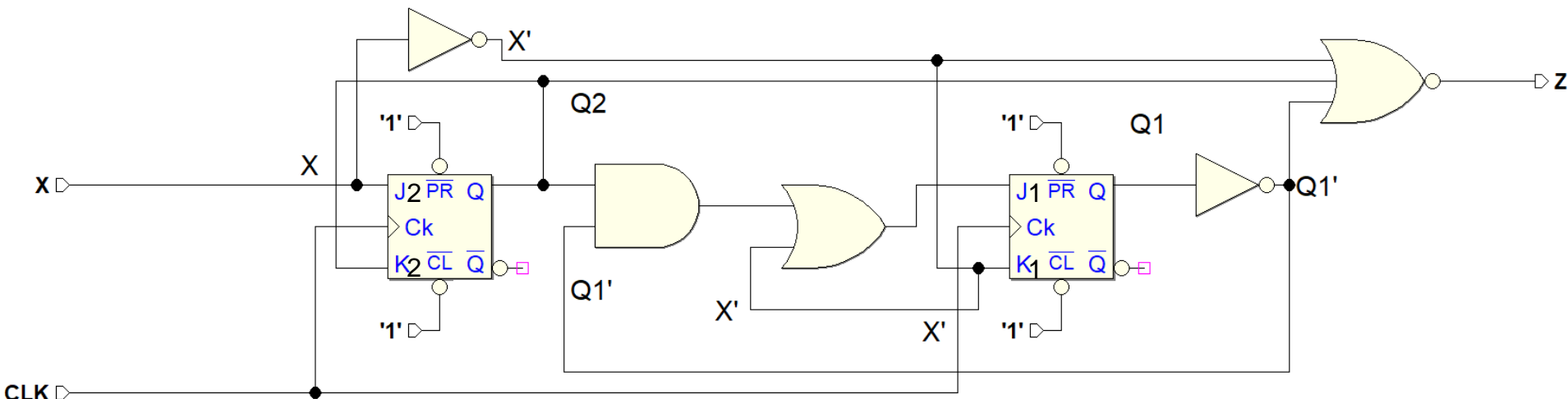
$$J1 = Q2Q1' + X'$$

$$K1 = X'$$

$$J2 = X$$

$$K2 = Q2$$

$$Z = (X' + Q2 + Q1')' = XQ1Q2'$$



SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

3. Obtener la tabla de transición de estados, tabla de salida y también tabla de excitación del sistema secuencial

Se reescriben las funciones del siguiente modo, teniendo en cuenta que X es MSB y Q1 es LSB

$$J1 = Q2Q1' + X' = \mathbf{XQ2Q1' + X'Q2Q1' + X'Q2Q1 + X'Q2'Q1 + X'Q2'Q1'}$$

$$K1 = X' = \mathbf{X'Q2Q1 + X'Q2'Q1 + X'Q2Q1' + X'Q2'Q1'}$$

$$J2 = X = \mathbf{XQ2Q1 + XQ2Q1' + XQ2'Q1 + XQ2'Q1'}$$

$$K2 = Q2 = \mathbf{XQ2Q1 + XQ2Q1' + X'Q2Q1 + X'Q2Q1'}$$

$$Z = (X' + Q2 + Q1')' = \mathbf{XQ2'Q1}$$

NOTA: Para completar la tabla de transición de estados, se deberá usar la tabla de transición de los FFs que usará la FSM.

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0



TABLA DE TRANSICION DE ESTADOS

ESTADO ACTUAL S(t) + ENTRADA X(t)					ESTADO SIGUIENTE S(t+1)			
S(t)		X(t)						
X(t)	Q2(t)	Q1(t)	CLK		Q2(t+1)	Q1(t+1)		
E0	0	0	0	CLK1	E1	0	1	
E1	0	0	1	CLK2	E0	0	0	
E2	0	1	0	CLK3	E1	0	1	
E3	0	1	1	CLK4	E0	0	0	
E0	1	0	0	CLK5	E2	1	0	
E1	1	0	1	CLK6	E3	1	1	
E2	1	1	0	CLK7	E1	0	1	
E3	1	1	1	CLK8	E1	0	1	

TABLA DE EXCITACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MEMORIA PARA LA TRANSICIÓN S(t) → S(t+1)

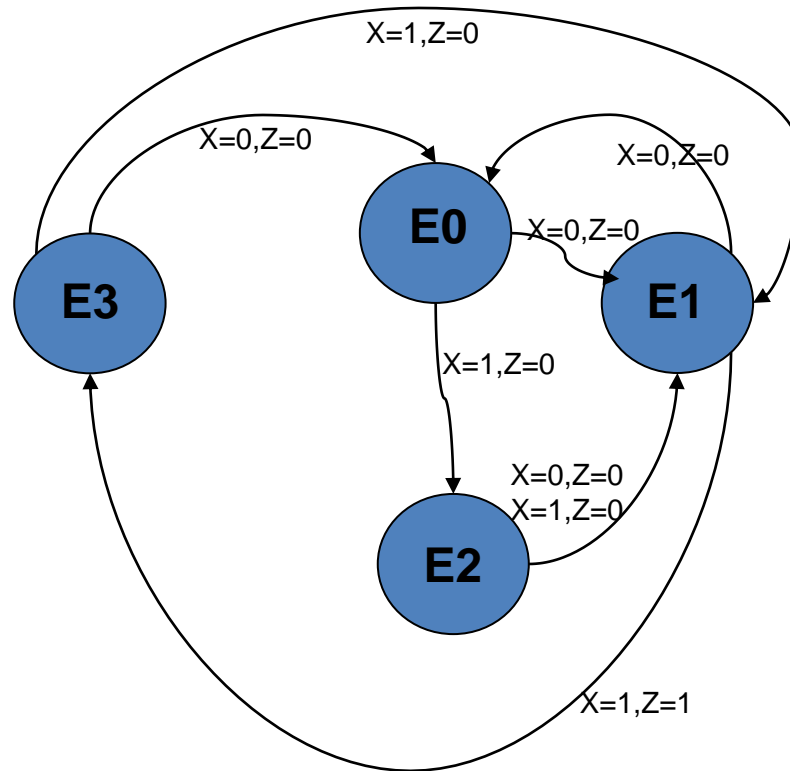
J2	K2	J1	K1				
0	0	1	1				
0	0	1	1				
0	1	1	1				
0	1	1	1				
1	0	0	0				
1	0	0	0				
1	1	1	0				
1	1	0	0				

TABLA DE SALIDA

SALIDA Z(t)			
Z(t)			
0			
0			
0			
0			
0			
1			
0			
0			

SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS: EJEMPLOS

4. Dibujar el diagrama de transición de estados.



SISTEMAS SECUENCIALES SINCRONOS:

CONCLUSIONES

- Los sistemas secuenciales se representan gráficamente utilizando diagramas de estados o de transición.
- Existen 2 tipos de autómatas secuenciales finitos:
 - Autómatas de Mealy: El cual se caracteriza porque sus salidas están relacionadas con sus transiciones de estados. Es decir; las salidas dependen del estado actual y de la entrada. Ejemplo: una maquina que acepta secuencia de dígitos binarios y genera una salida cuando se detecta un patrón específico, como "1101". La salida se produce en la transición que detecta el patrón.
 - Autómatas de Moore: El cual se caracteriza porque sus salidas están relacionadas con los estados y no con las transiciones. Ejemplo: una maquina que acepta secuencia de dígitos binarios y cuando encuentra un patrón específico, cambia de estado y genera una salida fija asociada con ese estado.
- El análisis de Sistemas Secuenciales consiste en obtener el Diagrama de Transición de Estados a partir del circuito lógico del sistema secuencial.
- La síntesis de Sistemas Secuenciales consiste en diseñar el circuito secuencial con determinadas especificaciones aunque en algunos casos uno de los inconvenientes podría presentarse en la obtención del diagrama de estados ya que el éxito en su desarrollo depende de la experiencia del diseñador.