

# Máquinas de estado (agosto de 2020)

Bryan A. Carrillo, Samir B. Guzmán, Bryan S. Hernández

[bacarrillo@espe.edu.ec](mailto:bacarrillo@espe.edu.ec) [sbguzman@espe.edu.ec](mailto:sbguzman@espe.edu.ec) [bshernandez@espe.edu.ec](mailto:bshernandez@espe.edu.ec)

**Resumen** – En este artículo se centrará sobre las máquinas de estado y como se puede representar su funcionamiento mediante tablas de transición y diagramas de estado. Se explicará diversos diseños para los problemas propuestos. Finalmente se realizará dos aplicaciones en circuitos secuenciales, la primera para una máquina expendedora de bebida y para un sistema de riego automático.

**Índice de Términos** – Máquinas de estado, grafos, diagramas de estado, circuito secuencial.

## I. INTRODUCCIÓN

Una Máquina de Estado (State Machine), llamada también Autómata Finito es una abstracción computacional que describe el comportamiento de un sistema reactivo mediante un número determinado de Estados y un número determinado de Transiciones entre dicho Estados..

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

Diseñar diagramas y tablas de de estado a partir de los datos propuestos en los ejercicios.

### Objetivos específicos

Investigar sobre circuitos secuenciales que se puedan implementar por medio de máquinas de estado.

Desarrollar el diseño de las máquinas de estado mediante diagramas y tablas de estado.

Implementar un ejemplo sencillo sobre una máquina de estado.

## III. ESTADO DE ARTE

En 2017 SANTIAGO GONZALEZ de la UNIDAD ACADÉMICA SANTIAGO DE CHILE DE INGENIERÍA EN CIENCIAS ECONOMICAS diseño la propia tienda On-Line tenga un carácter comercial para la empresa que vende los productos, y no sólo como un lugar donde realizar compras. Para ello, se tomaron decisiones como la de incluir información general de la empresa en las pantallas iniciales, inclusión de banner en la página, permitir que cualquier

usuario pudiera navegar por el catálogo y los productos, pedir información sobre ellos, etc. Además, el hecho de registrarse en la web tendría otros añadidos para los usuarios aparte del propio de poder comprar como serían la descarga del catálogo completo o de partes de él en un formato fácilmente portable como es el PDF con la utilización de diagramas de estado (SANTIAGO GONZALEZ, 2017, p.1) [1].

## IV. MARCO TEÓRICO

### Máquinas de estado finito

Una máquina de estado finito, MEF, es una abstracción matemática que nos permite modelar la computación. En esta lección vamos a usar una MEF para controlar a una unidad aritmética en el cálculo del máximo común divisor, de dos números naturales  $a, b$ , denotado por  $MCD(a,b)$ .

Para especificar una MEF necesitamos tres conjuntos finitos,  $E, Q, S$ ; dos funciones  $T: E \times Q \rightarrow Q$ ,  $\theta: Q \rightarrow S$ ; y un elemento  $q_0$  de  $Q$ . Los elementos de  $E$  se llaman símbolos de entrada, los de  $Q$  estados, y los de  $S$ , símbolos de salidas. La función  $T$  define transiciones de estado que dependen del elemento de entrada cuando la máquina se encuentra en un estado dado. La función  $\theta$  define cual es la salida asociada a cada estado. El elemento  $q_0$  es el estado inicial con el que la máquina empieza su operación. A estas máquinas se les conoce como Moore machines.

Hay variaciones en la definición tales como considerar que la función  $\theta$  dependa también de las entradas y no solo del estado en que se encuentra, i.e.,  $\theta: E \times Q \rightarrow S$ . A estas máquinas se les conoce como Mealy machines. Cada máquina de Moore es equivalente a una máquina de Mealy, mientras que una máquina de Mealy se puede convertir sólo a una máquina de Moore casi equivalente, excepto que tiene las salidas desplazadas en el tiempo.

Vamos a considerar un ejemplo muy sencillo para mostrar la notación gráfica que se usa para describir las MEF. La MEF está definida por

$Q=S=I= \{0,1\}$ , la función  $T$  está dada por la tabla:

$\begin{matrix} Q \\ E \end{matrix}$	0	1
0	0	0
1	1	1

Fig. 1. Función

La función  $\theta$  es simplemente la identidad, esto es  $\theta(0)=0$  y  $\theta(1)=1$

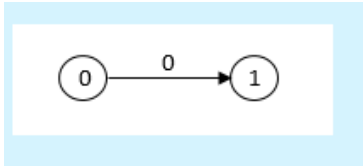


Fig. 2. Diagrama

Y para denotar la transición del estado 0 a si mismo con la entrada 0 vamos a usar el diagrama de bucle:

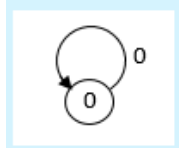


Fig. 3. Diagrama de bucle

Haciendo esto para cada casilla de la tabla obtenemos el diagrama completo de la MEF:

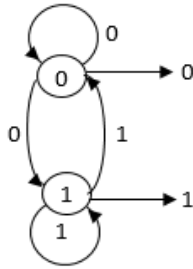


Fig. 4. Diagrama de estado

Las flechas que salen del estado indican que hay una salida que depende solo del estado: salida 0 para el estado 0 y salida 1 para el estado 1.

## V. DIAGRAMAS

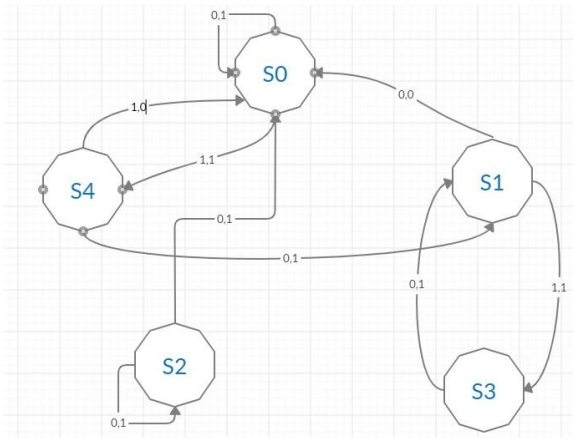


Diagrama. Ejercicio 1

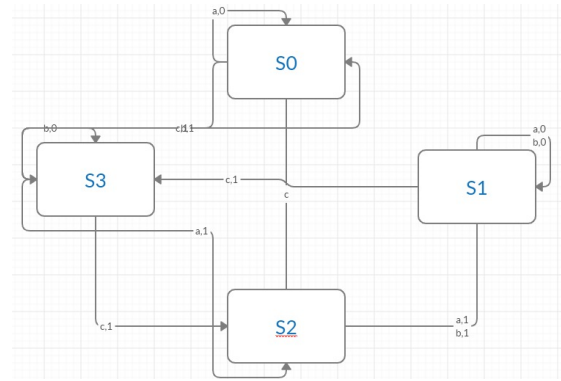


Diagrama. Ejercicio 2

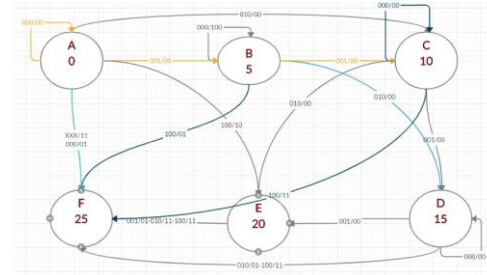


Diagrama. Ejercicio 4

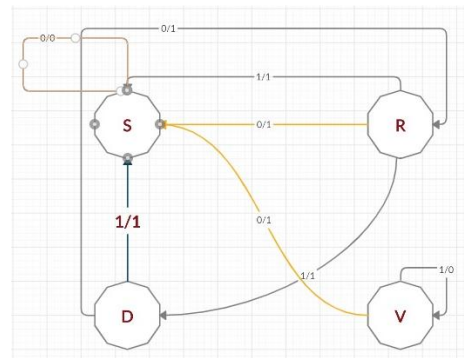


Diagrama. Ejercicio 5

## VI. LISTA DE COMPONENTES

- Diseñador de diagramas online creaty.
- Plataforma tinkercad.

## VII. EXPLICACIÓN DEL CÓDIGO FUENTE

Dibuje el diagrama de estados para la máquina de estado finito cuya tabla de estados es la siguiente. Partiendo del estado s0, calcula la salida para la cadena de entrada 1000110. alt text.

Estados	Transición		Salida	
	Entrada		Entrada	
S <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>4</sub>	1	1
S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>3</sub>	0	1
S <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>2</sub>	0	0
S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	1	1
S <sub>4</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	1	0

Tabla 1. Ejercicio 1

Desarrollo:

Para construir el diagrama empezamos a partir de la tabla de transición que tenemos como dato, observamos que en la primera fila significa nuestro estado inicial y estado actual, entonces cuando la máquina toma el valor de 0 pasa al siguiente estado obteniendo en su salida 1 que nos da el valor de S<sub>0</sub>. Ahora seguimos con el siguiente estado teniendo en cuenta que nuestro estado actual se encuentra con el valor de 1. Mediante esta mecánica seguimos con los siguientes estados para construir nuestro diagrama, que es el siguiente:

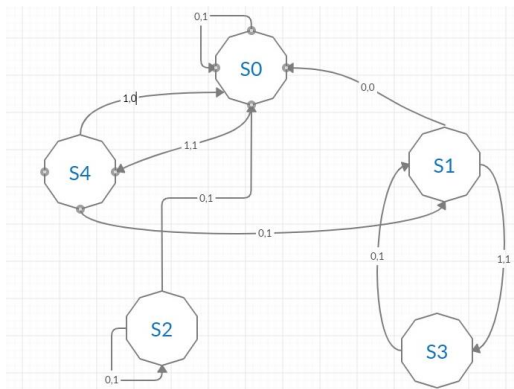


Diagrama. Ejercicio 1

1. Dibuje el diagrama de estados para la máquina de estado finito cuya tabla de estados es la siguiente. Partiendo del estado inicial s<sub>0</sub>, calcula la salida para la cadena de entrada abbccc.

Estados	Transición			Salida		
	Entrada			Entrada		
	a	b	c	a	b	c
S <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	0	1	1
S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	0	0	1
S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	1	1	0
S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>0</sub>	1	0	1

Tabla 2. Ejercicio 2

Desarrollo:

Como en el primer enunciado partimos del estado (S<sub>0</sub>) que es nuestro estado inicial. Para el siguiente estado que toma la máquina cuando toma el valor de a, en este caso S<sub>0</sub>, se genera una transición y colocamos la entrada y su correspondiente salida. Seguimos con el siguiente estado, donde la máquina pasa de S<sub>0</sub> a S<sub>3</sub> ya que cuando toma el valor de B obtiene este estado, se toma en cuenta la transición y se realiza el mismo procedimiento para los demás estados. Y nos queda el siguiente diagrama.

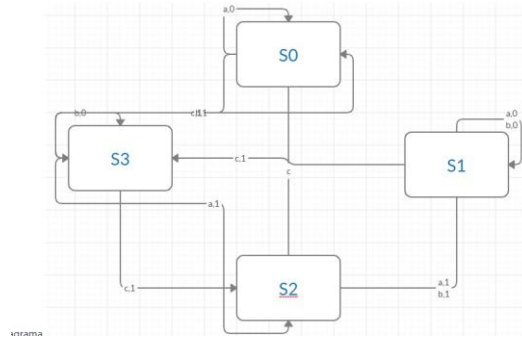


Diagrama Ejercicio 2

Halle la tabla de estados para la máquina de estado finito cuyo diagrama de estados es:

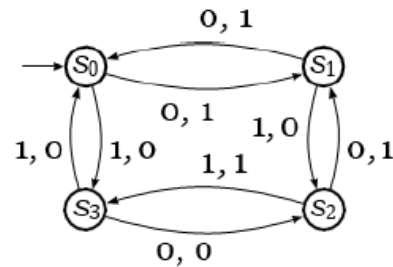


Diagrama. Ejercicio 3

Para construir la tabla, primero observamos el estado de inicio que es S<sub>0</sub>, el cual representa a nuestro primer estado, luego lo colocamos en el primera fila y columna de nuestra tabla de de estados. Ahora tomamos en cuenta el camino que nos presentan las flechas de entrada y salida. Para el caso de los estados actuales tomamos en cuenta los valores que se encuentran en el medio de las flechas, ya que representan nuestros estados actuales. Y nuestra tabla nos queda de la siguiente forma:

Estados	Transición		Salida	
	Entrada		Entrada	
	0	1	0	1
S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	1	0
S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>2</sub>	1	0
S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	1	1
S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	0	0

Tabla 3. Ejercicio 3

Construya una máquina de estado finito que modele una máquina expendedora de bebidas que acepta monedas de 5, 10 y 20 centavos. La máquina acepta monedas hasta que se introducen 25 centavos y devuelve cualquier cantidad que supere los 25 céntimos. Entonces, el cliente puede pulsar los botones y elegir una bebida de cola (C), cerveza (Z) o agua (A).

Realizamos una tabla para obtener nuestras variables que son las 3 diferentes monedas que podemos ingresar a la máquina. Entonces asignamos variables a los diferentes valores en binario de la tabla anterior:

Monedas			Valor en centavos
M(A2)	M(A1)	M(A0)	
0	0	0	0
0	0	1	5
0	1	0	10
0	1	1	15
1	0	0	20

Tabla 4. Ejercicio 4

B: cero centavos en binario (000)

C: 5 centavos en binario (001)

D: 10 centavo en binario (010)

E: 15 centavos en binario (011)

F: 20 centavos en binario (100)

G: Para más de 25 Ctv

Ahora en nuestras salidas si D está encendido habrá cambio para el usuario en centavos, y si D está apagado no habrá cambio. También si C está encendido habrá bebida, y si C está apagado no habrá bebida. Ahora procedemos a realizar la tabla de estados con nuestros estados de transición y de salida.

Estados	Transición					Salida				
	Entrada					Entrada				
Valores de las monedas	000	001	010	100	000	001	010	011	100	
B	B	C	D	E	00	00	00	00	00	00
C	C	D	E	F	00	00	00	00	00	01
D	D	E	F	G	00	00	00	00	00	01
E	E	F	G	G	00	00	00	01	11	11
F	F	G	G	G	00	01	11	11	11	11
G	B	B	B	B	01	11	11	11	11	11

Tabla 5. Ejercicio 4

Realizamos nuestro diagrama de estados:

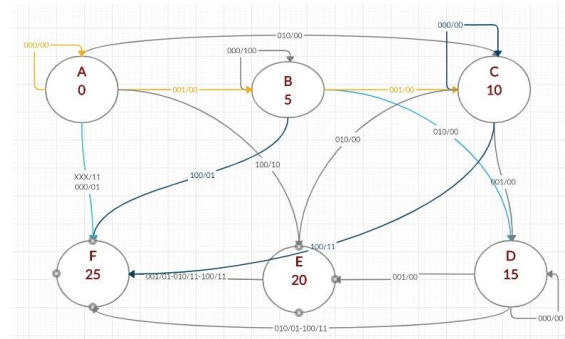


Diagrama de estados. Ejercicio 4

Tomamos en cuenta la entrega de las bebidas con la siguiente tabla

Valores			Bebidas
0	0	0	G: gaseosa
0	0	1	C: cerveza
0	1	0	A: Agua

Tabla 5. Ejercicio 4

Entonces nuestra tabla de transición queda de la siguiente forma:

Estados	Transición							Salida								
	Entrada							Entrada								
Valores de las monedas	000	001	010	100	Bebidas			000	001	010	100	Bebidas				
					G	Z	A					G	Z	A		
B	B	C	D	F	B	B	B	00	00	00	00	0	0	0		
C	C	D	E	F	C	C	C	00	00	00	01	G	Z	A		
D	D	E	F	G	D	D	D	00	00	00	01	G	Z	A		
E	E	F	G	G	E	E	E	00	00	01	11	G	Z	A		
F	F	G	G	G	F	F	F	00	01	11	11	G	Z	A		
G	B	B	B	B	G	Z	A	01	11	11	11	G	Z	A		

Tabla 6. Ejercicio 4

5. Construya una máquina de estados finito que modele un circuito de riego automático como el mostrado en la figura. El circuito deberá accionar la bomba en las siguientes condiciones:

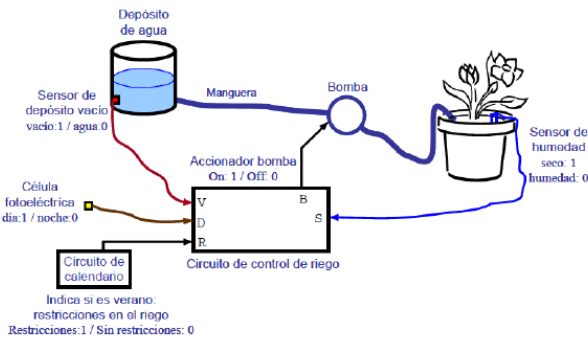
- El circuito accionará la bomba solamente cuando la tierra esté seca, pero antes debe comprobar las siguientes condiciones:
  - Para evitar que la bomba se estropee por funcionar en vacío, nunca se accionará la bomba cuando el depósito de agua esté vacío.
  - Si hay restricciones en el riego (época de verano), sólo se podrá regar de noche.

iii. En el resto del año (si no hay restricciones) se podrá regar de día y de noche (si la tierra está seca).

. Para la implementación del circuito se dispone de las siguientes entradas:

- S: Señal que indica si la tierra está seca: Tierra seca: S=1; Tierra húmeda: S=0

- ii. R: Señal que indica si hay restricciones en el riego (es verano): Hay restricciones:  $R=1$  No hay restricciones:  $R=0$
- iii. D: Señal que indica si es de día o de noche: Día:  $D=1$ ; Noche:  $D=0$
- iv. V: Señal que indica si el depósito de agua está vacío: Vacío:  $V=1$ ; Hay agua:  $V=0$
- c. Y la salida B, que accionará la bomba para regar: Bomba funcionando:  $B=1$ ; Bomba apagada  $B=0$ .



Desarrollo:

Tenemos como condición que la bomba solo se activará cuando la tierra se encuentra seca. Tomando en cuenta también cuando esté húmeda.

Nuestro diseño tendrá una restricción para que en verano se active en la noche. En el resto del año se puede activar la bomba durante todo el día.

Nuestras variables serán:

$S = 1$  (tierra seca)

$S = 0$  (tierra húmeda)

Día:  $D=1$

Noche:  $D=0$

Vacío:  $V=1$

Hay agua:  $V=0$

Bomba funcionando:  $B=1$

Bomba apagada  $B=0$

Todas estas variables van a depender de si tienen restricciones previas.

Realizamos la tabla de cambio de estados:

Estados	Transición		Salida	
	Entrada		Entrada	
	0	1	0	1
S	S	R	0	1
R	S	D	1	1
V	S	V	1	0
D	R	S	1	1

Tabla 6. Ejercicio 5

Ahora construimos el diagrama de estados:

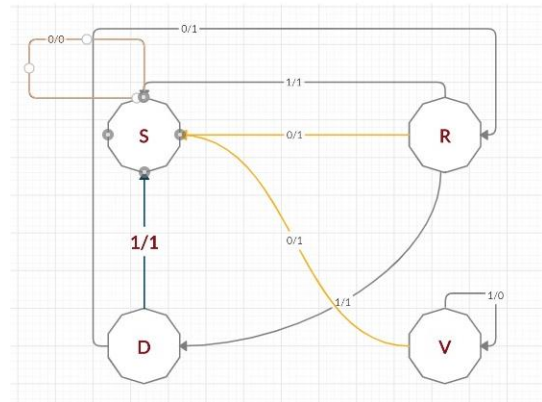


Diagrama de estados. Ejercicio 5

## VIII. CONCLUSIONES

- Los diagramas de estado es una manera sencilla para emular los cambios de movimiento entre los estados de un circuito.
- Con los diagramas de estado podemos analizar el movimiento de un objeto a travez de diversos estados a lo largo de su existencia.

## IX. RECOMENDACIONES

- La representación de máquinas de estado se realiza mediante un diagrama de estado sin embargo también se puede utilizar un diagrama de flujo.
- Se recomienda herramientas como creatly para el diseño de diagramas de estado.

## REFERENCIAS

- [1] Alulema, D. (2020). Circuitos Digitales. Quito, Ecuador.
- [2] Floyd, T. (2006). Fundamentos de sistemas digitales. Madrid: Pearson.
- [3] Siliceo, R. (2018). Máquinas de estado, diseño de grafos. Ciudad de Mexico.D. Alulema, (2020) "Circuitos digitales" Quito, Ecuador
- [4] (SANTIAGO GONZALEZ, 2017, p.1) [Available: <https://sites.google.com/site/doc-sities-máquinadeestado>]