

GUIAS ÚNICAS DE LABORATORIO

CIRCUITOS SECUENCIALES

AUTOR: ALBERTO CUERVO

**SANTIAGO DE CALI
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS**

CIRCUITOS SECUENCIALES

Procedimiento de diseño

OBJETIVO

Los circuitos digitales pueden ser combinacionales, esto es, las salidas en un instante dado del tiempo son enteramente dependientes de las entradas presentes en ese mismo tiempo. Aunque cada sistema digital debe poseer circuitos combinacionales, frecuentemente incluyen elementos de memoria como flip-flops que requiere que el sistema sea descrito en términos de la lógica secuencial.

La práctica presente tiene como objetivo fundamental reforzar los conocimientos que posee el estudiante sobre el método general de diseño de circuitos secuenciales con la construcción de un sistema digital descrito en palabras.

A partir de esta descripción se elabora el diagrama de estados del circuito y se siguen ordenadamente los pasos de diseño hasta obtener el circuito terminado.

Los elementos a utilizar para la construcción del circuito se encuentran en el módulo DIGI BOARD2 del laboratorio de la Universidad Santiago de Cali.

INTRODUCCIÓN

El análisis de los circuitos secuenciales comienza del diagrama de un circuito y culmina en una tabla o diagrama de estados.

El diseño de un circuito secuencial parte de una serie de especificaciones y culmina en un diagrama lógico.

Asignación de estados.

El costo de la parte combinacional de un circuito secuencial puede reducirse usando los métodos de simplificación conocidos para los circuitos combinacionales. Sin embargo hay otro factor conocido como el problema de **asignación de estados**, que entra en juego para la minimización de las compuertas combinacionales. Los procedimientos de asignación de estados tienen que ver con los métodos para la asignación de valores binarios a los estados, de forma tal que se reduce el costo de los circuitos combinacionales que alimentan a los flip-flops.

Procedimiento de diseño

El diseño de un circuito secuencial sincrónico comienza a partir de un conjunto de especificaciones y culmina en el diagrama lógico de un circuito o una lista de funciones de Boole a partir de las cuales se puede obtener el diagrama lógico.

Los pasos consecutivos que se recomiendan seguir en el diseño de un circuito secuencial

son los siguientes:

1. Se establece la descripción en palabras del comportamiento del circuito.
2. Se elabora el diagrama de estados del circuito o cualquier otra información pertinente a partir de la descripción en palabras del problema
3. Se determina el número y el tipo de flip-flops que se van a utilizar. El tipo de flip-flop muchas veces es un requisito impuesto en el numeral 1
4. Se asignan valores binarios a cada estado si en el numeral 2 éstos están designados por letras o símbolos.
5. Se elabora la tabla de excitación del circuito y las tablas de salida.
6. Usando mapas o cualquier otro método de simplificación se deducen las funciones de excitación de los flip-flops y las funciones de salidas.
7. Se dibuja el diagrama lógico del circuito.

El procedimiento de diseño descrito se utilizará para encontrar el diagrama lógico del problema que se plantea a continuación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.- Descripción en palabras de la operación del sistema digital.

Diseñe la unidad de control de una máquina de dulces operada con monedas. El dulce cuesta \$400 y la máquina sólo acepta monedas de \$100 y \$200. Hay que regresar cambio si se depositan más de \$400. No se pueden depositar más de \$500 en una sola compra, por tanto el máximo cambio es una moneda de \$100. La unidad de control tiene dos entradas X y Y que son salidas del detector de monedas como se muestra en la figura siguiente. Este detector genera un 1 en la señal X si se deposita una moneda de \$100 y un 1 en la señal de salida Y si se deposita una moneda de \$200. Las líneas X y Y regresan automáticamente a 0 en el siguiente pulso de reloj. Supondremos que es imposible físicamente insertar dos monedas al mismo tiempo, y por tanto no podremos tener $X = Y = 1$.

La unidad de control tiene dos salidas D y C. El dulce sale de la máquina si hay un 1 en la señal D y se regresa una moneda de \$100 si hay un 1 en la señal C.

SOLUCIÓN

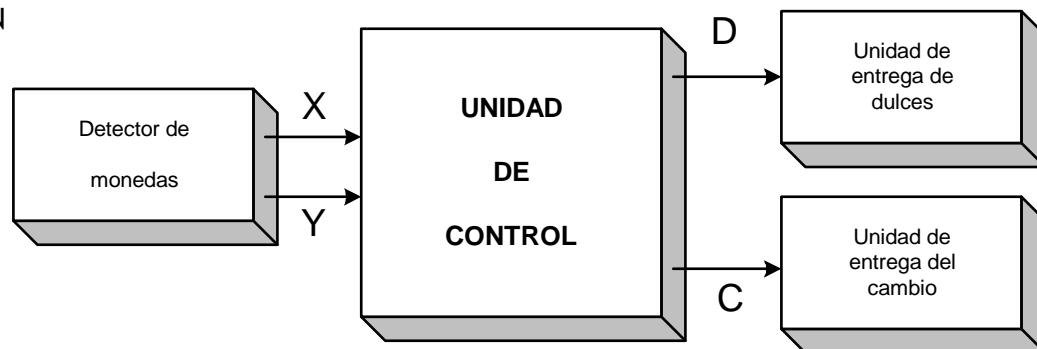
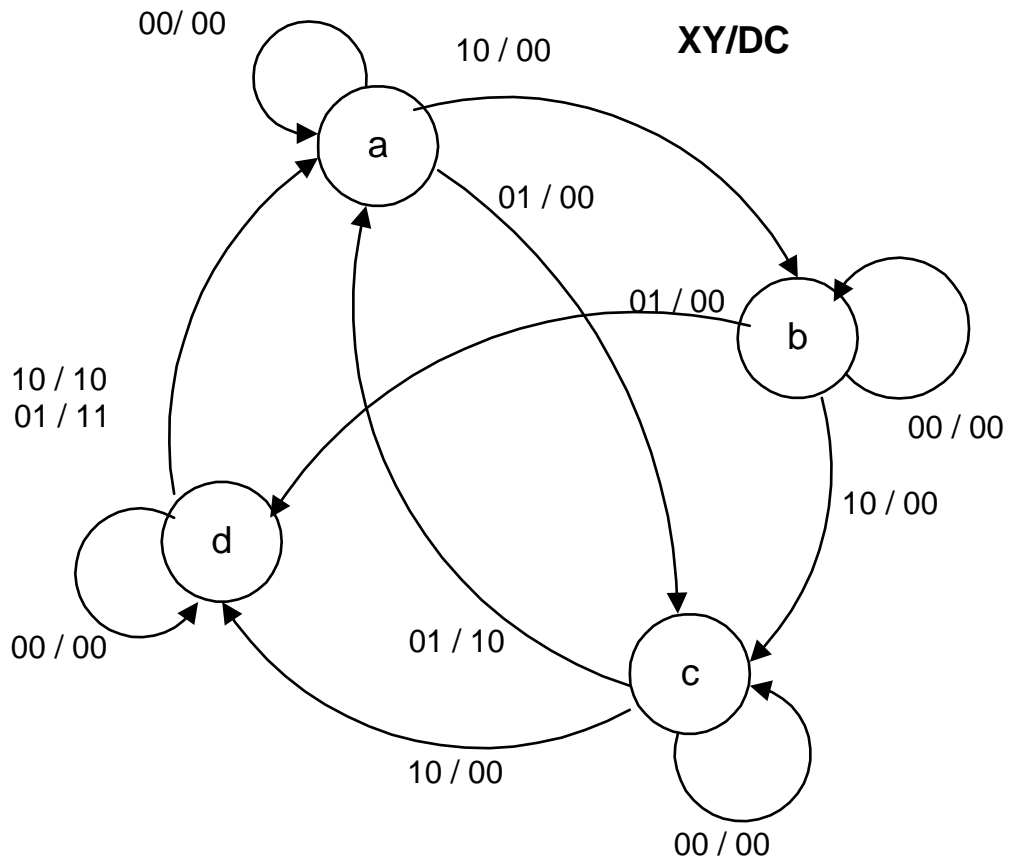


Diagrama funcional de la máquina de dulces

2.- En este paso elaboraremos un diagrama de estados que cumpla con los requerimientos planteados. Este diagrama de estados se muestra a continuación
Diagrama de Estados

En el diagrama anterior, los estados a, b, c y d de la unidad de control representan la



cantidad total del dinero depositado para la compra. Cuando la moneda depositada incrementa la cantidad a \$400 ó \$500, la unidad de control regresa al estado a y entrega el dulce junto con el cambio en caso necesario.

El conjunto de estados es entonces:

Estado a: representa que no se ha depositado ningún dinero, estado inicial

Estado b: representa que se han depositado \$100

Estado c: representa que se han depositado \$200

Estado d: representa que se han depositado \$300

3.- Como hay 4 estados necesitaremos 2 flip-flops JK que llamaremos flip-flop A y flip-flop B

4.- Asignaremos los siguientes valores binarios a los estados de nuestra Unidad de Control:

	A	B
Estado a.....	0	0
Estado b.....	0	1

Estado c.....1 0

Estado d.....1 1

5.- Teniendo en cuenta la tabla de excitación de un flip-flop JK que se muestra a continuación, se puede elaborar la tabla de excitación de los flip-flops A y B a partir del diagrama de estados.

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

Tabla de excitación de un flip-flop JK

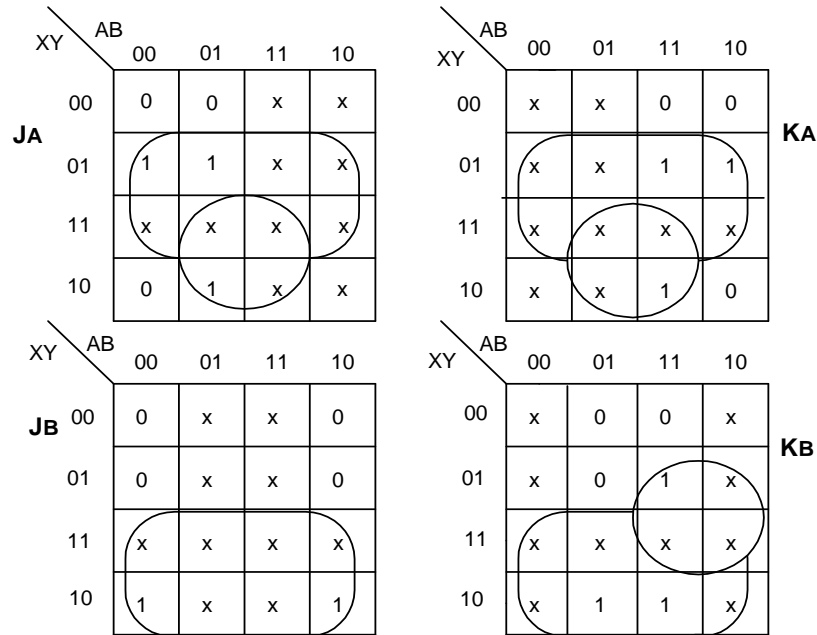
X: condición de "no importa"

Est Presente				Entradas		Estado siguiente		Entradas de excitación			
A	B	X	Y	A	B	JA	KA	JB	KB		
0	0	0	0	0	0	0	X	0	X		
0	0	0	1	1	0	1	X	0	X		
0	0	1	0	0	1	0	X	1	X		
0	0	1	1	X	X	X	X	X	X		
0	1	0	0	0	1	0	X	X	0		
0	1	0	1	1	1	1	X	X	0		
0	1	1	0	1	0	1	X	X	1		
0	1	1	1	X	X	X	X	X	X		
1	0	0	0	1	0	X	0	0	X		
1	0	0	1	0	0	X	1	0	X		
1	0	1	0	1	1	X	0	1	X		
1	0	1	1	X	X	X	X	X	X		
1	1	0	0	1	1	X	0	X	0		
1	1	0	1	0	0	X	1	X	1		
1	1	1	0	0	0	X	1	X	1		
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X		

Tabla de excitación de los flip-flops A y B

En la tabla anterior no se incluyeron los valores de las salidas D y C en cada fila de la misma por ser relativamente simple.

6.- De la tabla de excitación anterior se pueden elaborar los siguientes mapas para encontrar las funciones simplificadas de las excitaciones de los flip-flops A y B. De acuerdo a la simplificación efectuada en los mapas anteriores, las funciones de excitación de los dos flip-flops serán:

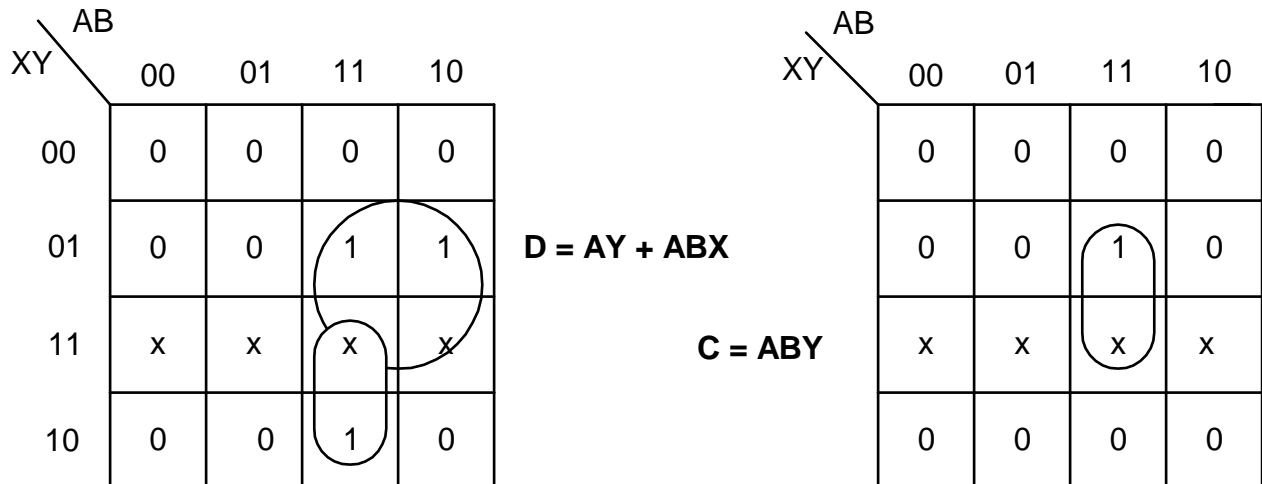


$JA = KA = Y + BX$

$JB = X$

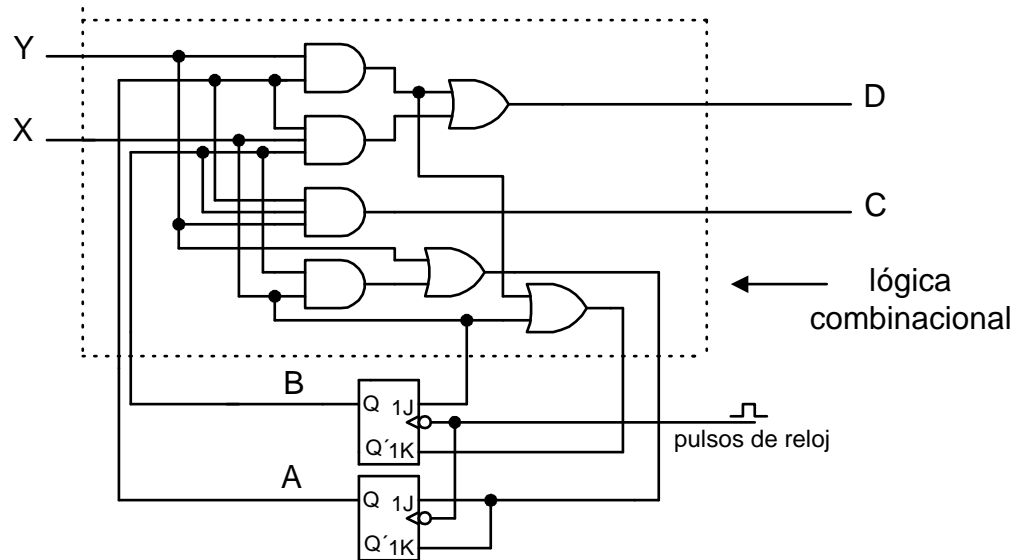
$KB = X + AY$

Los mapas de Karnaugh para las salidas D y C de la Unidad de control se pueden obtener directamente del diagrama de estados como se muestra a continuación.



Mapas de Karnaugh

7.- Con estas funciones, se construye el circuito para la Unidad de Control.
Monte este circuito en el laboratorio y compruebe el diagrama de estados elaborado.



BIBLIOGRAFÍA

1. M. Morris Mano, "Lógica Digital y Diseño de Computadores", Editorial Dossat S.A., 1982
2. System Technick, "Módulo DIGI BOARD2 Descripción Técnica"
3. Víctor P. Nelson, H. Troy Nagle, Bill D. Carroll y J. David Irwin, "Análisis y Diseño de Circuitos Lógicos Digitales", Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1996
4. J.F. Wakerly, "Digital Design Principles and Practices", 2ª ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984
5. ZVI Kohavi, "Switching and Finite Automata Theory", McGraw-Hill Book Co., 1970