

Diseño electrónico y simulación de la máquina de
estados de un dispensador de billetes.

ATM Simulator

UNIVERSIDAD TRES CULTURAS

Arquitectura de Computadoras

Proyecto Aula

Ingeniería en sistemas computacionales

Grupo: 4ZLSIS3A

Armando Hernández Arreola

Juan Pablo Garay

José Antonio Serrano Pena

Pablo Uriel Torres Ruiz

ÍNDICE

- Introducción 1
- Desarrollo 2
- Conclusión 5
- Fuentes 6

Introducción

Como parte del proyecto aula en el que se debe de desarrollar un cajero automático con sus funciones básicas, se incluye el diseño de los componentes electrónicos que se implementaran en el cajero, uno de ellos es la dispensadora de billetes, para la cual se toma como modelo una dispensadora de cuatro caseteras donde dos de ellas pertenecen a una misma denominación teniendo como un máximo de retiro de 9,000.00 pesos.

El presente documento muestra el proceso de diseño de la máquina de estados para la dispensadora de billetes y de su circuito electrónico en el cual se analizaron distintas opciones para su implementación tomando como mejor opción el diseño con circuitos combinacionales utilizando compuertas lógicas y circuitos secuenciales AND, OR, NOT y Flip-Flop JK.

Las máquinas de estados se utilizan para describir el funcionamiento de un sistema secuencial en el cual se tienen distintas entradas y salidas. Una máquina de estados finito es un sistema síncrono el cual está gobernado por un reloj y que cuenta con un número fijo de estados, una cantidad de transiciones o saltos entre estados, los cuales son controlados por entradas que pueden o no influir directamente en las salidas del sistema estas salidas pueden ser totalmente combinatorias figura 1 (a) o pueden tener un registro a la salida para evitar instantes de tiempo inesperados «glitch» [1] figura 1 (b),

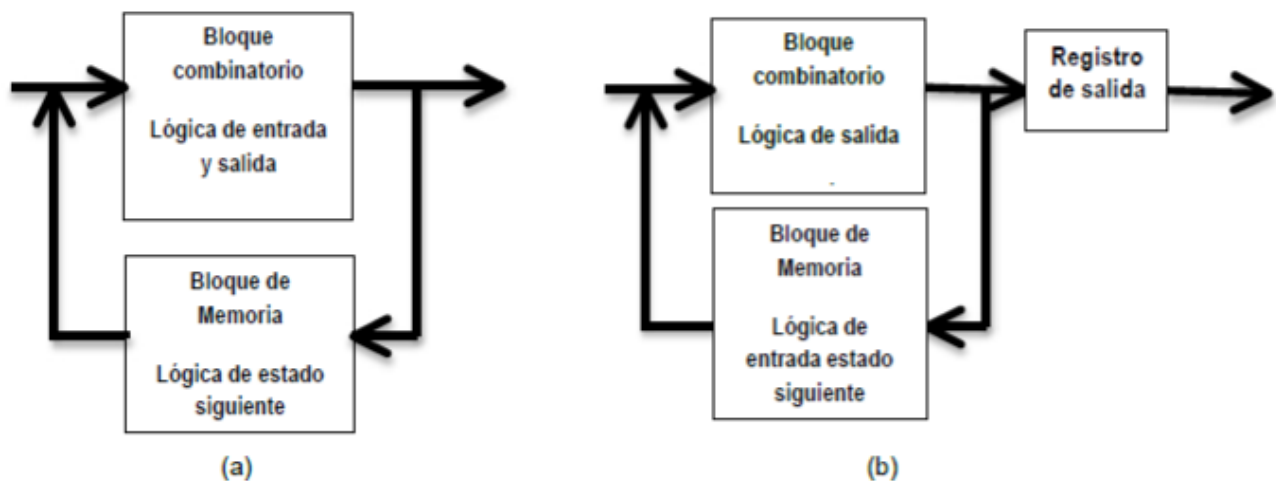


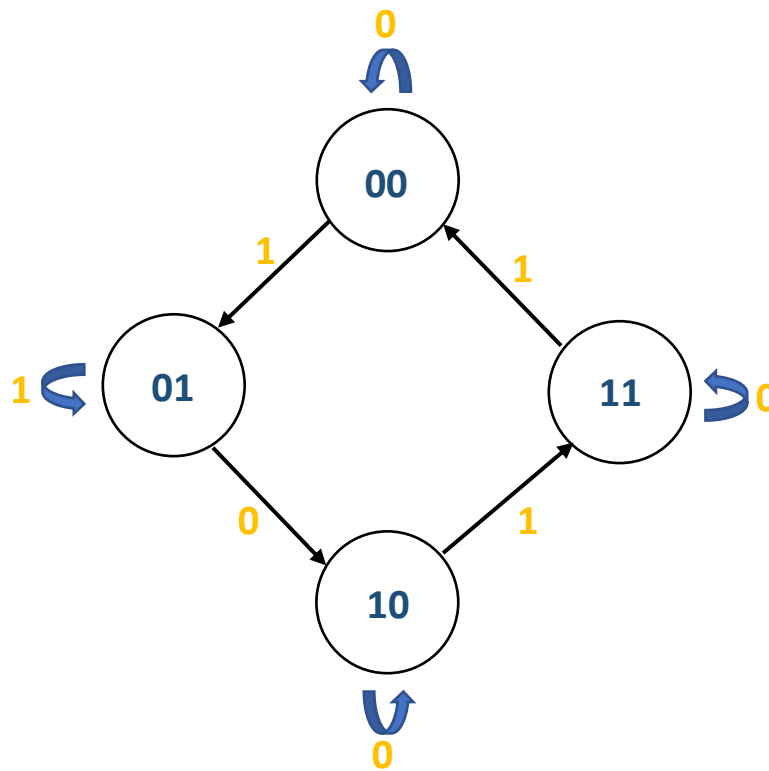
Fig.1. (a). Bloques básicos de una máquina de estados, (b) Bloques básicos con registro de salida para evitar «Glitch»

Desarrollo

Se define que la dispensadora cuenta con 4 caseteras las cuales tendrán como denominación billetes de 500, 200 y 100 pesos, siendo la casetera espejo de la misma denominación que la de billetes de 500, Para dividir los estados en cada una de las caseteras que dispensaran se tienen las denominaciones 500, 500, 200 y 100 y los estados (00, 01, 11 y 10) respectivamente y contando con una variable de excitación siendo esta X la cual gobernara sobre el estado que nos arroje nuestro circuito.

El funcionamiento de nuestro circuito comprende en la lectura del estado actual y del estado al que se quiere cambiar controlando las secuencias y los cambios con nuestra variable de excitación y sumando las denominaciones representadas por nuestros 4 estados para llegar a la cantidad a retirar deseada. Mas adelante se dará ejemplo del funcionamiento simulando una secuencia que el circuito debe seguir para tener las salidas deseadas por el usuario.

El siguiente es el diagrama de estados donde se representan los 4 estados para las 4 caseteras a accionar, representadas cada una por un estado en color azul, y el valor de la variable de excitación "X" en color ámbar que controla el cambio de estado siguiente o la recursividad al mismo.



A continuación, se muestra la tabla de estados de nuestro diagrama en función del cambio de valor en la variable de excitación:

| Edo. Presente | | Variable de excitación | Edo. Siguiende | |
|---------------|---|------------------------|----------------|---|
| A | B | X | A | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Para el diseño del circuito se utilizan 2 Flip-Flop JK por lo que se debe tomar en cuenta su funcionamiento el cual esta especificado en su tabla de excitación:

| Flip-Flop JK | | | |
|--------------|--------|---|---|
| Q(t) | Q(t+1) | J | K |
| 0 | 0 | 0 | x |
| 0 | 1 | 1 | x |
| 1 | 0 | x | 1 |
| 1 | 1 | x | 0 |

Con estas especificaciones se obtienen nuestras entradas a los Flip-Flop, quedando de la siguiente manera:

| Edo. Presente | | Variable de excitación | Edo. Siguiente | | | Ent. Flip-Flop | | | |
|---------------|---|------------------------|----------------|---|--|----------------|----|----|----|
| A | B | X | A | B | | Ja | Ka | Jb | Kb |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | * | 0 | * |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 0 | * | 1 | * |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | | 0 | * | * | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | 1 | * | * | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | * | 0 | 0 | * |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | * | 0 | 1 | * |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | | * | 0 | * | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | * | 1 | * | 1 |

A partir de nuestras entradas obtenemos los mapas de Karnaugh que nos darán nuestra función booleana que nos dará nuestro circuito combinatorio y secuencial.

Los mapas de Karnaugh quedan de la siguiente manera:

| AB | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----|---|----|----|----|----|
| X | 0 | 0 | 1 | * | * |
| | 1 | 0 | 0 | * | * |

$$J_a = BX'$$

| AB | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----|---|----|----|----|----|
| X | 0 | * | * | 0 | 0 |
| | 1 | * | * | 1 | 0 |

$$K_a = BX$$

| AB | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----|---|----|----|----|----|
| X | 0 | 0 | * | * | 0 |
| | 1 | 1 | * | * | 1 |

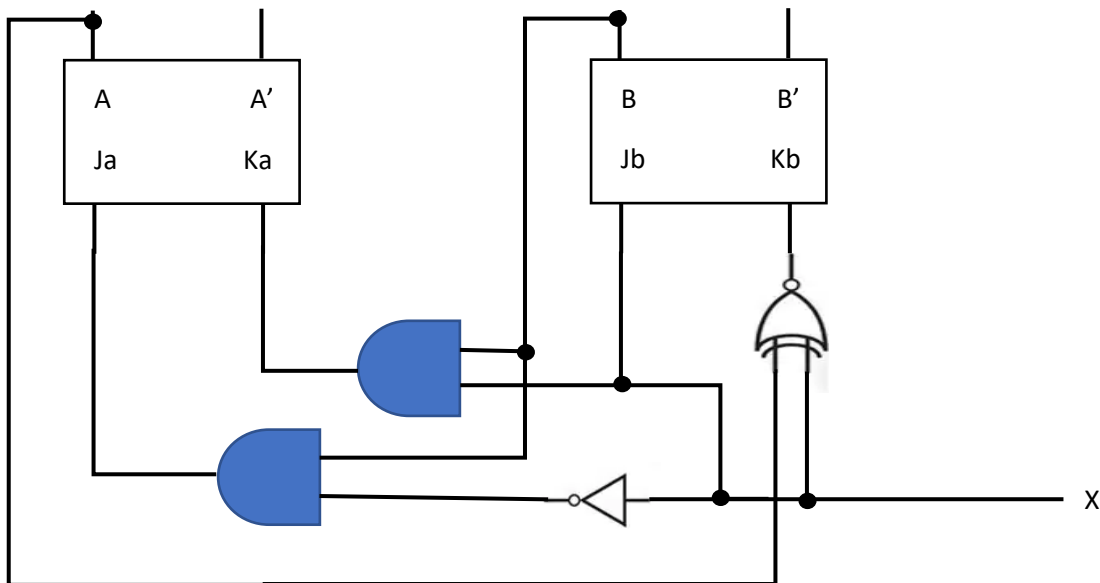
$$J_b = X$$

| AB | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----|---|----|----|----|----|
| X | 0 | * | 1 | 0 | * |
| | 1 | * | 0 | 1 | * |

$$K_b = A'X' + AX$$

$$K_b = A \oplus X$$

De modo que nuestro circuito queda de la siguiente forma:



Ahora un ejemplo de los estados a recorrer para retirar \$3,500.00:

El estado inicial es (00) el cual al hacer la recursividad 7 veces en cada pulso de reloj con el valor cero en la variable de excitación "X" nos devolvería 7 veces el mismo estado (00) el cual accionara la casetera de denominación \$500.00 dispensando un total de \$3,500.00 pesos.

En caso de invalidar el estado (00) por falta de efectivo o falla en casetera se podría seguir la secuencia del estado inicial de (00) al siguiente estado cambiando el valor de X a X=1 para el cambio de estado a (01) y haciendo recursividad en ese estado 7 veces dando el valor de X=1, de modo que la casetera espejo de denominación \$500.00 dispensara \$3,500.00 pesos.

De esta manera se puede cambiar a las otras denominaciones de acuerdo con la secuencia programada y a la cantidad solicitada.

Conclusión

Se realizó el análisis de acuerdo con las necesidades del proyecto para representar la máquina de estados de manera sencilla para su implementación y desarrollo en la que el control de la dispensadora de billetes pudiera funcionar de acuerdo con la programación permitiendo el control total de las secuencias ingresadas desde el programa fuente del cajero automático.

Se descartaron durante la investigación el uso de las **FPGA, ASIC** y de los circuitos combinacionales desarrollando un circuito secuencial que cubre con la funcionalidad deseada para el proyecto, mostrando un modelo sencillo y fácil de implementar que aprovecha las ventajas del hardware de bajo costo ofreciendo una herramienta versátil para su programación e implementación.

En cuanto a la velocidad de ejecución del dispositivo se puede destacar que al ser una máquina de estados finitos (siglas en inglés FSM [1]) su frecuencia de velocidad aumenta considerablemente en comparación de los circuitos integrados con un diseño preestablecido como son dispositivos lógicos programables específicamente en el caso de las **FPGA**.

Fuentes

- [1] Garcia, E.: «Xilinx: Creating Finite State Machines», Xcell Journal, 2000, 38.
- [2] Miguel Pérez Pereira, Edwar Jacinto Gómez y Mario Fernando Robayo Restrepo.: State Machine Implementation Rom-based in xilinx Low Cost fpga Devices, 2013.
- [3] Les Ingenieurs, DIAGRAMA de ESTADOS diseño con FLIP FLOPS | ELECTRÓNICA DIGITAL. 2019.