

Facultad de Ingeniería - UNLP

E1301 – E0301 Introducción a los Sistemas Lógicos y Digitales
Curso 2025 - Trabajo Entregable 2

Isabella Valenzi Octavio Tomás - 03665/8

Rodriguez Fausto - 03766/2

Cladera Blas - 03694/3

Patané Baltazar - 03773/1

[Repositorio de GitHub del grupo](#)

Introducción

En el siguiente informe se explicará el desarrollo de un sistema de semáforos para una intersección entre una avenida de doble mano y una calle de mano única. El sistema debe garantizar la coordinación de los tres semáforos, controlando los tiempos de encendido de las luces (30 ciclos de reloj para luces verdes, 5 ciclos para las amarillas y encendido automático de las rojas cuando las otras dos están apagadas).

Desarrollo

Considerando una máquina de Moore, las salidas propias de esta máquina están asociadas a cada estado. Es decir, que un estado específico implica una salida específica. Nosotros propusimos 6 estados que representamos mediante 3 bits tal que:

- Semáforo 1 en VERDE, Semaforo 2 en ROJO, Semáforo 3 en ROJO: 000
- Semaforo 1 en AMARILLO, Semaforo 2 en ROJO, Semaforo 3 en ROJO: 001
- Semáforo 1 en ROJO, Semáforo 2 en VERDE, Semáforo 3 en ROJO: 010
- Semaforo 1 en ROJO, Semaforo 2 en AMARILLO, Semaforo 3 en ROJO: 011
- Semáforo 1 en ROJO, Semáforo 2 en ROJO, Semáforo 3 en VERDE: 100
- Semaforo 1 en ROJO, Semaforo 2 en ROJO, Semaforo 3 en AMARILLO: 101

De esta manera establecimos un único evento para señalar la transición de un estado a otro y, por ende, de una salida a otra. Hicimos esto a partir de un único bit como entrada a la máquina de Moore, el cual indica una transición de un estado a otro diferente cuando es un 1 e indica que debe mantenerse el estado previo cuando es un 0. Asimismo, esta entrada es proporcionada por el circuito contador entregado, el cual envía un 1 cada 30 ciclos de reloj debido a la duración de la luz verde en el semáforo respectivo y luego cada 5 ciclos de reloj debido a la duración de la respectiva luz amarilla.

Aun así, cabe aclarar que con 3 bits son posibles 8 combinaciones. Entonces, se definió que si el conjunto de bits presenta una de las combinaciones que no se contemplaron en el diagrama previo, los 3 bits se pondrán en 000 en el flanco de reloj sin importar si la entrada es 0 o 1.

Finalmente, para cada salida de la máquina de Moore realizada utilizamos 6 bits. Recordando que las luces del semáforo son activas en BAJO, tal que de derecha a izquierda (desde el bit menos significativo hasta el más significativo según se ve en el diagrama de estados):

- Bit 0: Un 1 indica que la luz amarilla del semáforo 3 se apaga y un 0 que se enciende.
- Bit 1: un 1 indica que la luz verde del semáforo 3 se apaga y un 0 que se enciende.
- Bit 2: un 1 indica que la luz amarilla del semáforo 2 se apaga y un 0 que se enciende.
- Bit 3: un 1 indica que la luz verde del semáforo 2 se apaga y un 0 que se enciende.
- Bit 4: un 1 indica que la luz amarilla del semáforo 1 se apaga y un 0 que se enciende.
- Bit 5: un 1 indica que la luz verde del semáforo 1 se apaga y un 0 que se enciende.

No obstante, estas salidas son solo las de la máquina de Moore, pues serán necesarias 3 salidas más para representar el encendido y apagado de las luces rojas de los semáforos. Estas salidas se representarán posteriormente a partir de operaciones lógicas entre los bits antes nombrados.

El diagrama de transición de los diferentes estados en base a diferentes entradas es el siguiente:

Q0	Q1	Q2	IN		Q0+	Q1+	Q2+		D0	D1	D2
0	0	0	1		0	0	1		0	0	1
0	0	0	0		0	0	0		0	0	0
0	0	1	1		0	1	0		0	1	0
0	0	1	0		0	0	1		0	0	1
0	1	0	1		0	1	1		0	1	1
0	1	0	0		0	1	0		0	1	0
0	1	1	1		1	0	0		1	0	0
0	1	1	0		0	1	1		0	1	1
1	0	0	1		1	0	1		1	0	1
1	0	0	0		1	0	0		1	0	0
1	0	1	1		0	0	0		0	0	0
1	0	1	0		1	0	1		1	0	1
1	1	0	1		0	0	0		0	0	0
1	1	0	0		0	0	0		0	0	0
1	1	1	1		0	0	0		0	0	0
1	1	1	0		0	0	0		0	0	0

Fig. 1: Diagrama de transición.

Q0	Q1	Q2	IN		V1	A1	V2	A2	V3	A3
0	0	0	1		0	1	1	1	1	1
0	0	0	0		0	1	1	1	1	1
0	0	1	1		1	0	1	1	1	1
0	0	1	0		1	0	1	1	1	1
0	1	0	1		1	1	0	1	1	1
0	1	0	0		1	1	0	1	1	1
0	1	1	1		1	1	1	0	1	1
0	1	1	0		1	1	1	0	1	1
1	0	0	1		1	1	1	1	0	1
1	0	0	0		1	1	1	1	0	1
1	0	1	1		1	1	1	1	1	0
1	0	1	0		1	1	1	1	1	0
1	1	0	1		0	0	0	0	0	0
1	1	0	0		0	0	0	0	0	0
1	1	1	1		0	0	0	0	0	0
1	1	1	0		0	0	0	0	0	0

Fig. 2: Diagram de la lógica de salida

$$\begin{aligned}
 V1 &= Q0 + Q1 + Q2 \\
 A1 &= Q0 + Q1 + Q2' \\
 V2 &= Q0 + Q1' + Q2 \\
 A2 &= Q0 + Q1' + Q2' \\
 V3 &= Q0' + Q1 + Q2 \\
 A3 &= Q0' + Q1 + Q2'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R1 &= V1 \oplus A1 \\
 R2 &= V2 \oplus A2 \\
 R3 &= V3 \oplus A3
 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta la Fig. 2, se puede ver que en los dos estados “sobrantes” de la máquina de estado todas las salidas son 0, es decir que se prenden todas las luces verdes y amarillas de todos los semáforos. Esto lo hicimos así porque estos estados representan un error y no los consideramos, además como aclaramos anteriormente estos estados de error solo duran un tick de reloj, ya que inmediatamente después vuelven al estado 0 y el semáforo vuelve a su correcto funcionamiento.

Mapas de Karnaugh y funciones para flip-flops D

A partir de la tabla de transiciones recién presentada hicimos tanto los mapas de Karnaugh como las expresiones de las 3 D (D0, D1 y D2)

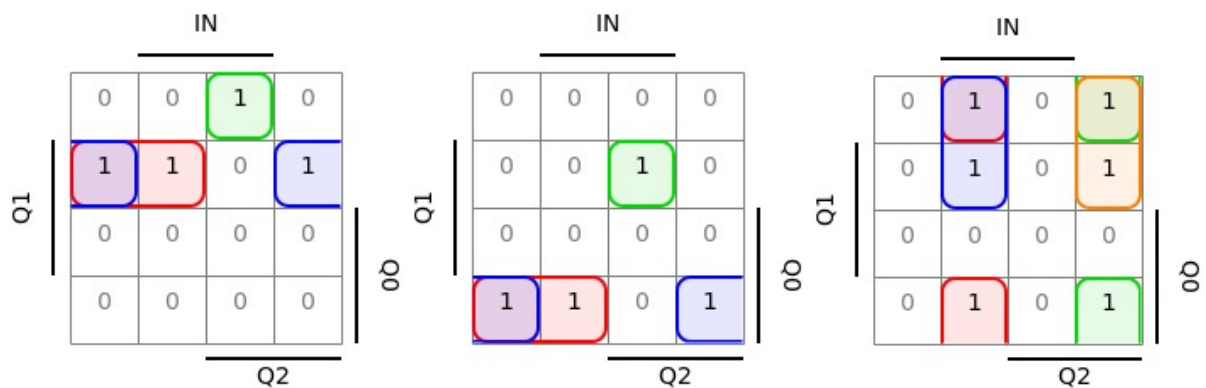


Fig. 3: K-Maps D0, D1 y D2 respectivamente.

#	Q0	Q1	Q2	IN	D0	D1	D2
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	1	1
7	0	1	1	1	1	0	0
8	1	0	0	0	1	0	0
9	1	0	0	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	0	1
11	1	0	1	1	0	0	0
12	1	1	0	0	0	0	0
13	1	1	0	1	0	0	0
14	1	1	1	0	0	0	0
15	1	1	1	1	0	0	0

Fig. 4: Tabla de verdad correspondiente.

Siendo IN la salida del reloj de 35:

- $D0 = ((Q0 \cdot Q1') \cdot (IN' + Q2')) + (Q0' \cdot Q1 \cdot Q2 \cdot IN)$
- $D1 = ((Q0' \cdot Q1) \cdot (Q2' + IN')) + (Q0' \cdot Q1' \cdot Q2 \cdot IN)$
- $D2 = (Q0' \cdot ((Q2' \cdot IN) + (Q2 \cdot IN'))) + (Q1' \cdot ((Q2' \cdot IN) + (Q2 \cdot IN')))$

Implementación del contador

Para realizar la máquina de estados decidimos utilizar un contador que unificara los 30 ticks del verde y los 5 ticks del amarillo, es decir un clock para 35 ticks. Esta elección resultó en una menor cantidad de flip flops para llevar a cabo el conteo.

El contador debería enviar un 1 en las siguientes condiciones: luego de los primeros 30 ticks y luego de los siguientes 5 ticks. En todas las demás situaciones enviará un 0.

En base a esta decisión terminamos usando para el contador 6 flip-flops tipo JK, sin embargo, si hubiéramos hecho contadores distintos para los ticks del verde y del amarillo, deberíamos haber usado 8 flip-flops desperdiciando recursos pues hubieran sido 5 flip-flops para contar los 30 ticks y 3 flip-flops para el contador de 5 ticks.

Conclusión

En este informe se presentó el diseño e implementación de un sistema de semáforos mediante una máquina de Moore, detallando los estados, las salidas, las transiciones y la lógica de control. Todos los circuitos fueron desarrollados y simulados en la aplicación Quartus II, cuyo proyecto se adjunta en la entrega.