

0.1. Ejercicio 1

En este ejercicio se implementa un sistema de control para un tanque de agua, el cual cuenta con dos sensores, siendo estos I y S, los cuales indican si el tanque está lleno, por la mitad o vacío. Las condiciones de diseño son las siguientes:

- Cuando está vacío ($I = 0, S = 0$) se prenden las dos bombas B_0 y B_1 .
- Cuando se encuentra lleno ($I = 1, S = 1$) se apagan las bombas.
- Cuando está por la mitad ($I = 1, S = 0$) se activa una sola bomba, pero estas se alternan entre sí al establecer cual trabaja.

Estas limitaciones se corresponden con la siguiente tabla de verdad:

I	S	B_1	B_2
0	0	1	1
0	1	x	x
1	0	Alternado	
1	1	0	0

Tabla 1: Tabla de verdad del sistema.

A partir de lo expuesto previamente, se diseña la siguiente FSM.

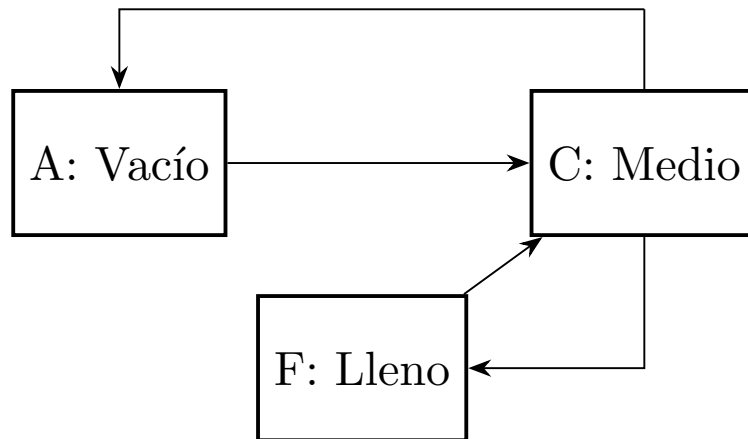


Figura 1: Finite state machine.

Con lo presentado en la Figura (6), se confecciona una tabla de transiciones.

Estado Actual	Estado Futuro				Salida	
	I-S 0-0	I-S 0-1	I-S 1-0	I-S 1-1	Both	Toggle
A	x	x	B	x	1	0
B	A	x	x	C	0	1
C	x	x	B	x	0	0

Tabla 2: Tabla de transiciones del sistema.

A partir de la Tabla (2) y la Figura (6) se puede llegar a la siguiente tabla, donde y_1 e y_2 representan la salida de los flip-flops, mientras que Y_1 e Y_2 la entrada de los mismos.

Estado Actual	Codificación	Estado Futuro				Salida	
		$Y_2 - Y_1$	$Y_2 - Y_1$	$Y_2 - Y_1$	$Y_2 - Y_1$	Ambos	Toggle
		I-S	I-S	I-S	I-S		
		0-0	0-1	1-0	1-1		
A	00	x	x	01	x	1	0
B	01	00	x	x	11	0	1
C	10	x	x	01	x	0	0
D	11	x	x	x	x	x	x

Se destaca que la variable “Ambos” hace referencia a estado en el cual se deben prender ambas bombas, mientras que la variable “Toggle” a cuando debe prenderse una sola e intercambiar.

Luego, se prosigue a resolver los mapas de Karnaugh para cada variable:

y2y1	IS			
	00	01	11	10
00	X	X	X	1
01	0	X	1	X
11	X	X	X	X
10	X	X	X	1

(a) Tabla de Karnaugh para Y_1 .

y2y1	IS			
	00	01	11	10
00	X	X	X	0
01	0	X	1	X
11	X	X	X	X
10	X	X	X	0

(b) Tabla de Karnaugh para Y_2 .

y2	y1	
	0	1
0	1	0
1	0	X

(c) Tabla de Karnaugh para “Ambos”.

y2	y1	
	0	1
0	0	1
1	0	X

(d) Tabla de Karnaugh para “Toggle”.

Figura 2: Tablas de Karnaugh para cada variable analizada.

A partir de la Figura (2) se derivan las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} Y_1 &= I \\ Y_2 &= S \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Ambos} &= \overline{y_2 + y_1} \\ \text{Toggle} &= y_1 \end{aligned} \quad (2)$$

Luego, se procede a obtener los circuitos para la FSM.

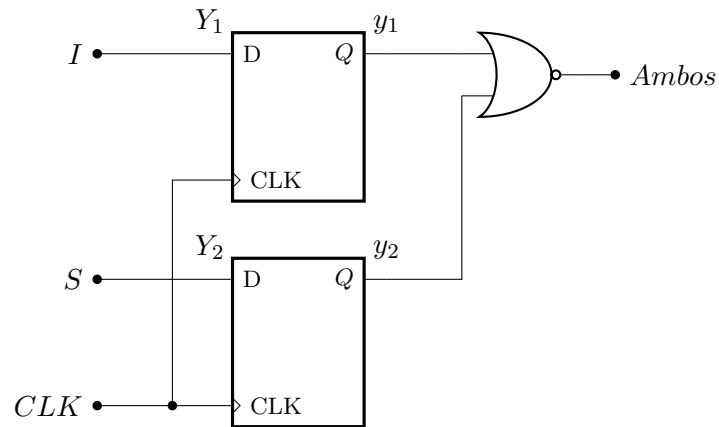


Figura 3: Circuito FSM.

Agregando el siguiente circuito lógico, se implementa la función de Toggle junto a la lógica de salida.

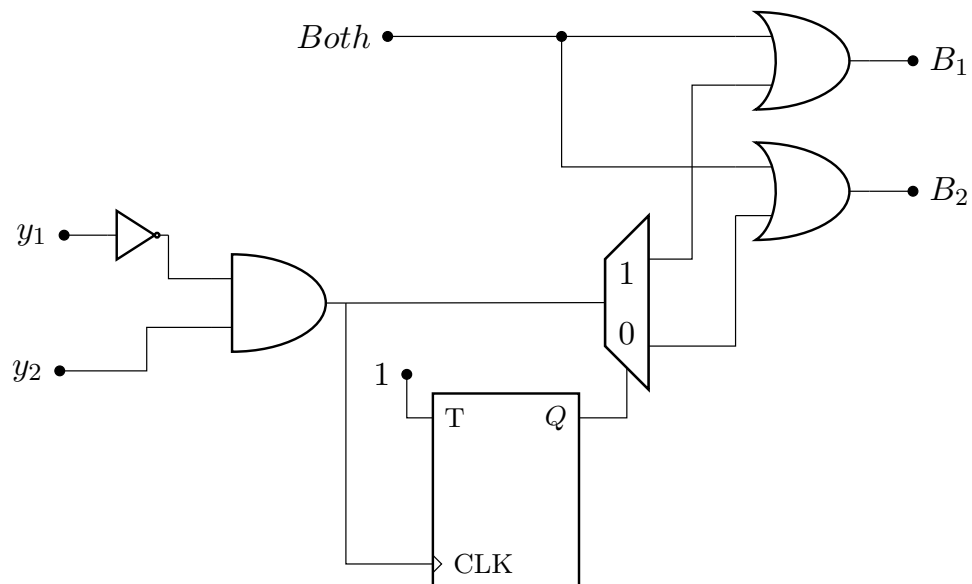


Figura 4: Circuito FSM con Toggle.

Una vez establecidos los circuitos y a partir de ellos, se procedió a implementarlos en PCB:

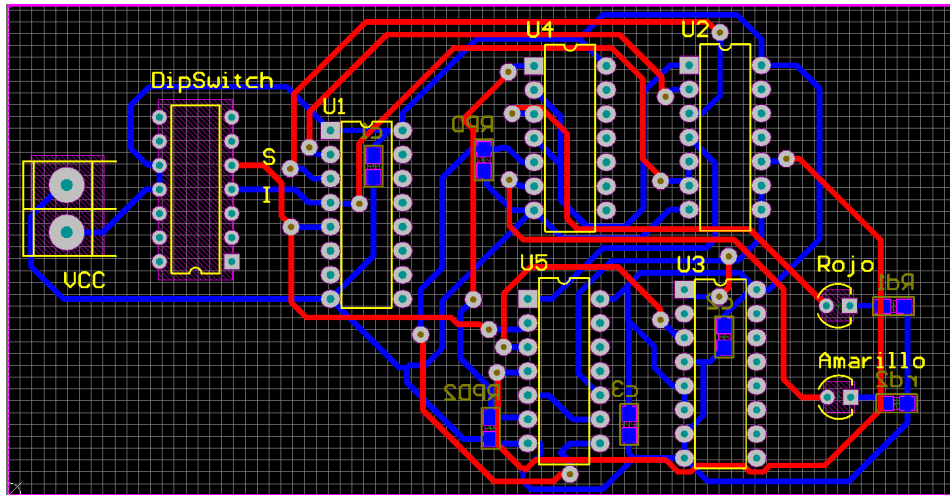


Figura 5: PCB en Altium de los circuitos.

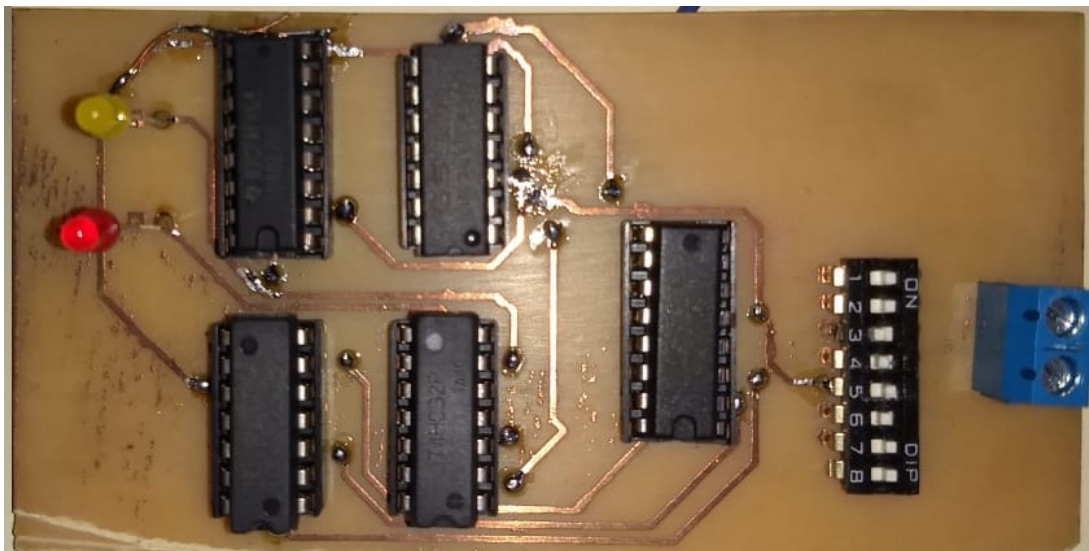


Figura 6: Placa implementada.

Finalmente, se procedió a medir los niveles de tensión para las transiciones posibles. A continuación se presentan los resultados.

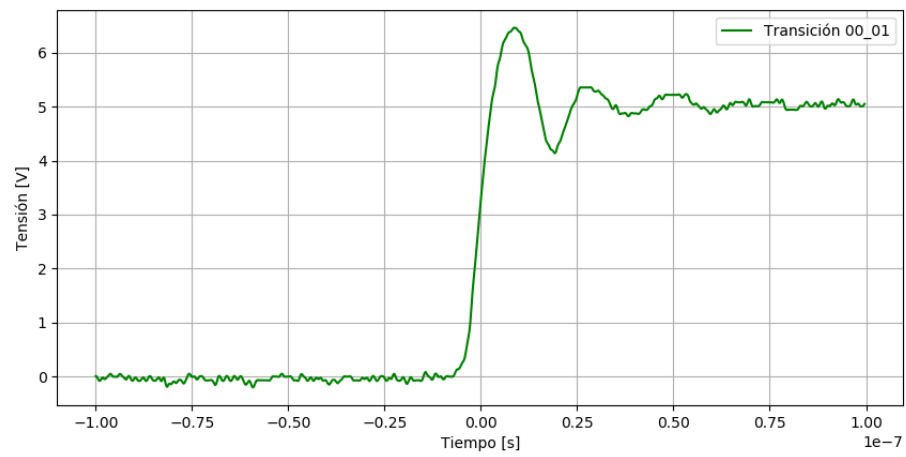


Figura 7: Transición 00-01.

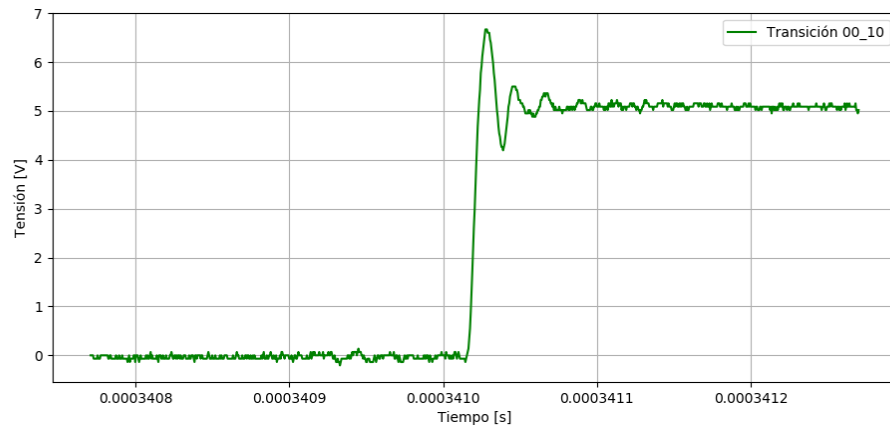


Figura 8: Transición 00-10.

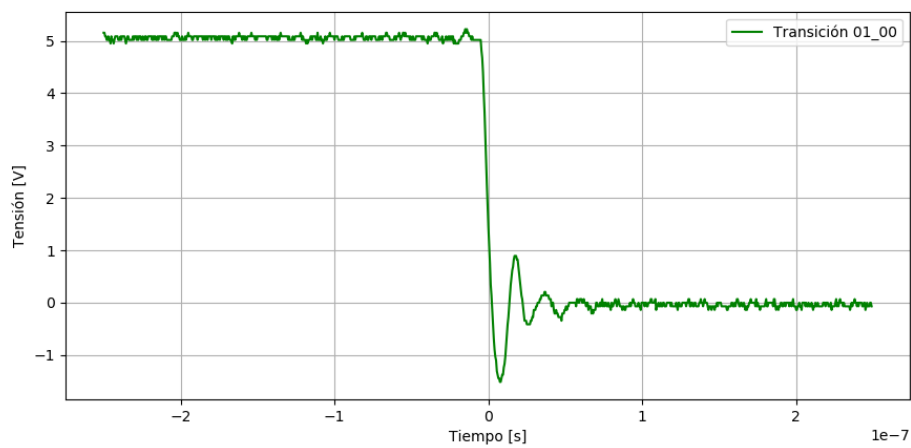


Figura 9: Transición 01-00.

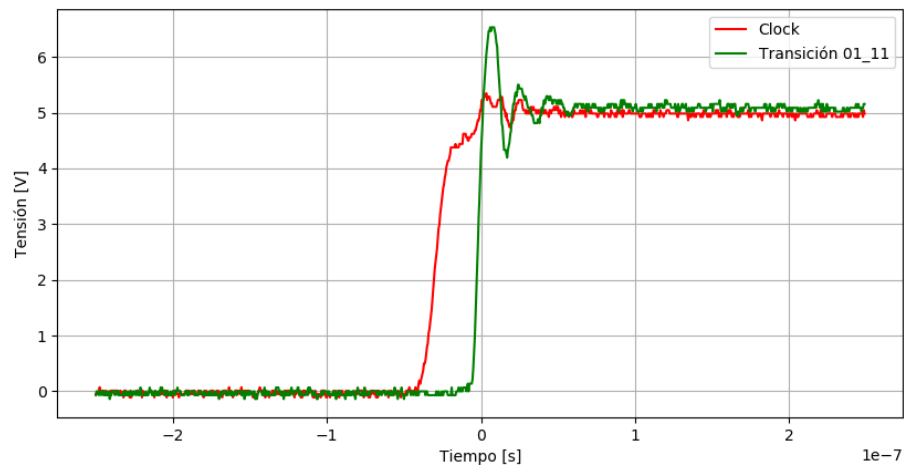


Figura 10: Transición 01-11.

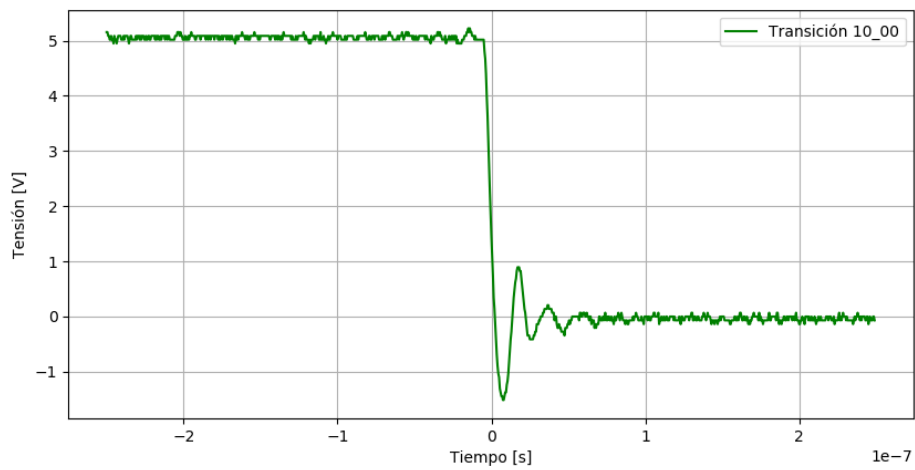


Figura 11: Transición 10-00.

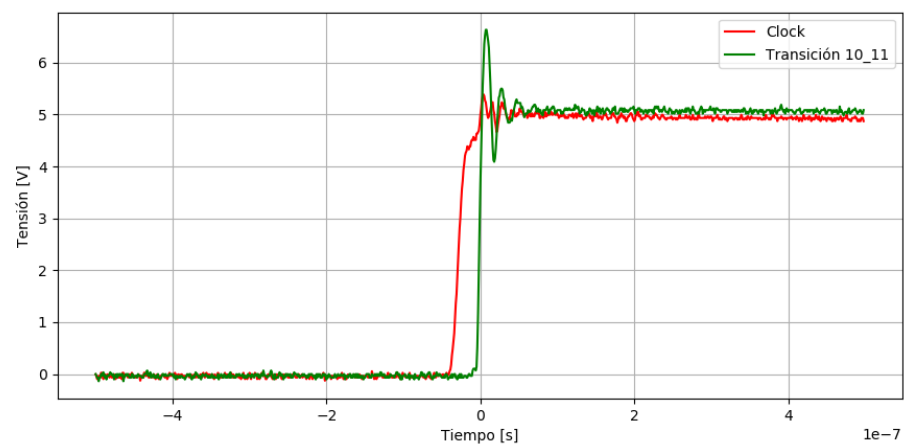


Figura 12: Transición 10-11.

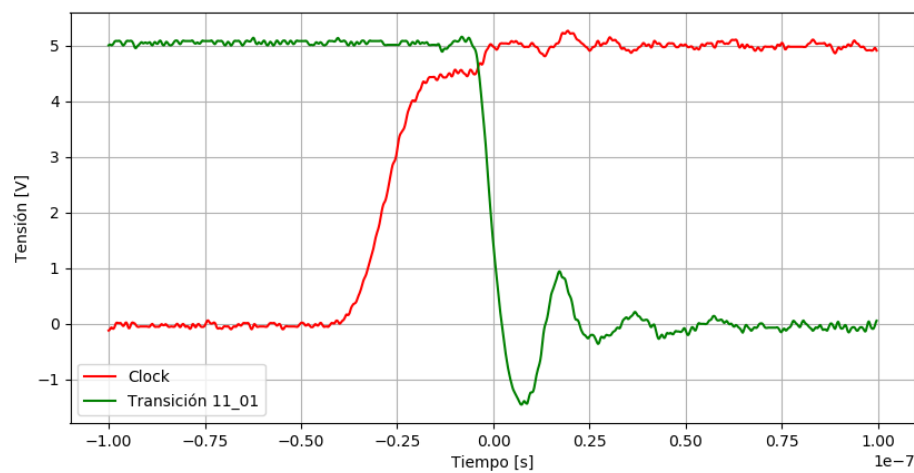


Figura 13: Transición 11-01.

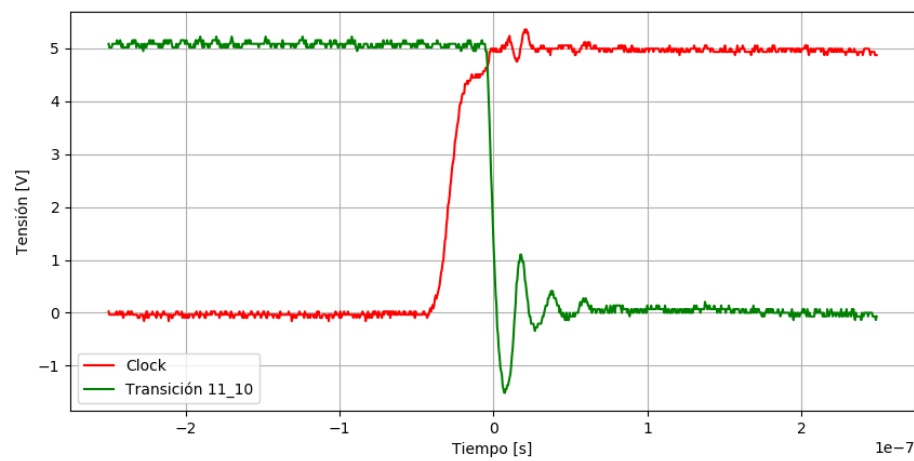


Figura 14: Transición 11-10.