

Electrónica Digital 1

Lógica Secuencial

Ferney Alberto Beltrán Molina



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

2024

Contacto

Nombre: Ferney Alberto Beltrán Molina, Ing, MSc, PhD(c)
Email: fabeltranm@unal.edu.co
oficina: Centro de Investigación e Innovación

Contenido

Recordando

Lógica Secuencial

Unidades de memorias para guardar registros

Circuitos secuenciales con tablas

Registros

Registros de Desplazamiento

Índice

Recordando

Lógica Secuencial

Unidades de memorias para guardar registros

Circuitos secuenciales con tablas

Registros

Registros de Desplazamiento

Tipos de circuitos digitales

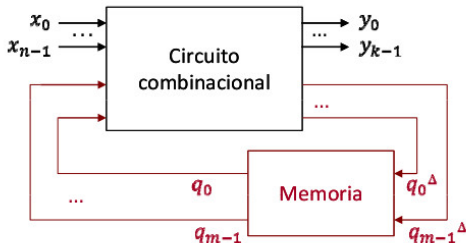
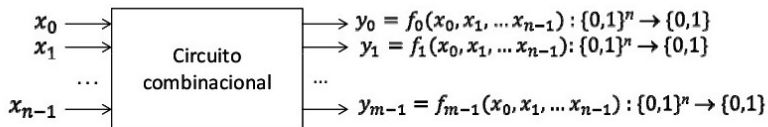
- ▶ **Circuitos combinacionales**

Las salidas del circuito en cada instante de tiempo dependen única de los valores de entrada. combina los valores de entrada en un instante de tiempo para calcular la salida

- ▶ **Circuitos secuenciales.**

Las salidas del circuito secuencial dependen tanto de los valores actuales como de los anteriores de las entradas; en otras palabras, depende de la secuencia de entrada.

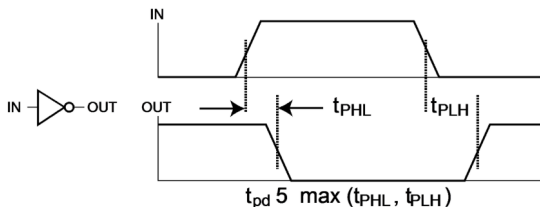
Tipos de circuitos digitales



Tiempos de propagación

El tiempo de propagación es el tiempo que tarda un cambio en una entrada de una puerta para verse reflejado a la salida.

1. El retraso generalmente se mide al 50 % con respecto a los niveles de voltaje de salida H y L.
2. Toda puerta lógica tiene un tiempo de retraso en la salida respecto a la entrada



Multiplexores / Demultiplexores

Son una conexiones directas punto a punto entre puertas

- ▶ **multiplexor** Enrutar una de muchas entradas a una sola salida
- ▶ **demultiplexor** Enrutar una sola entrada a una de las muchas salidas

Índice

Recordando

Lógica Secuencial

Unidades de memorias para guardar registros

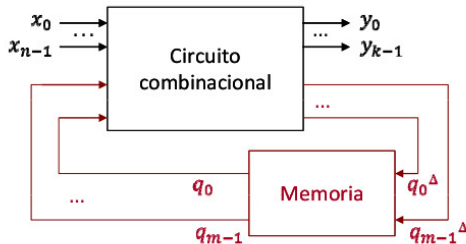
Circuitos secuenciales con tablas

Registros

Registros de Desplazamiento

circuitos secuenciales

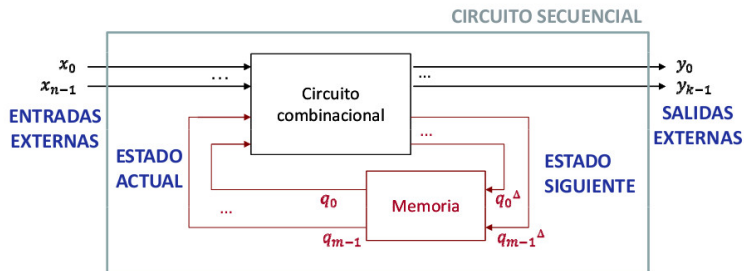
Las salidas del circuito secuencial dependen tanto de los valores actuales como de los anteriores de las entradas; en otras palabras, depende de la secuencia de entrada.



Circuitos con feedback

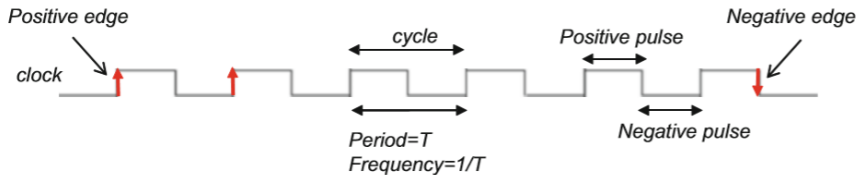
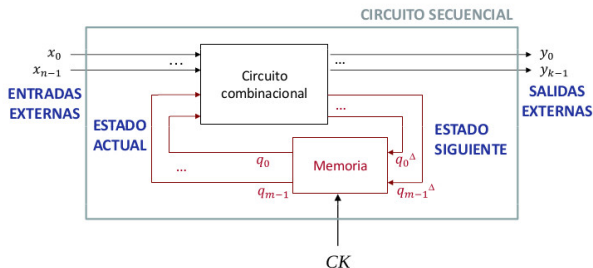
circuitos secuenciales

$Entradas \mapsto Estados$



circuitos secuenciales

Sincronización de estados $\mapsto CLK$

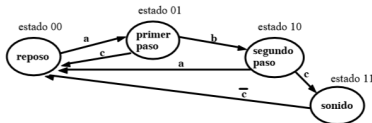


Variables de estado

Las variables de estado de un sistema secuencial representan conjuntamente el estado del sistema.

Ejemplo: Timbre secuencial, solo suena si se pulsa primero el **a**, luego el **b** y, por último, el **c** y el sonido cesa al soltar el pulsador **c**.

q2 = 0 q1 = 0 Reposo
q2 = 0 q1 = 1 primer paso en la secuencia
q2 = 1 q1 = 0 segundo paso en la secuencia
q2 = 1 q1 = 1 fin de la secuencia: el timbre suena

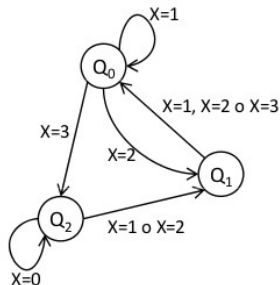
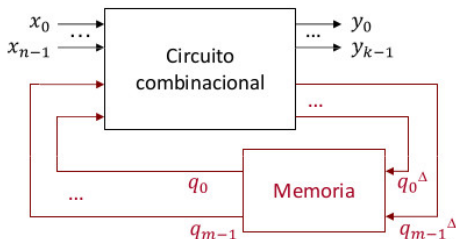


El sistema debe acordarse de 4 situaciones o estados diferentes, que pueden ser representados con dos variables de estado q2 y q1

Descripción de circuitos secuenciales

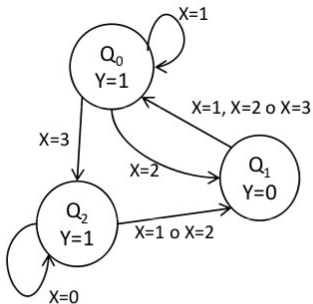
Grafos de comportamiento

- ▶ Describen el comportamiento por medio de nodos y arcos.
- ▶ Los nodos representan los estados
- ▶ Los arcos representan los cambios de estado

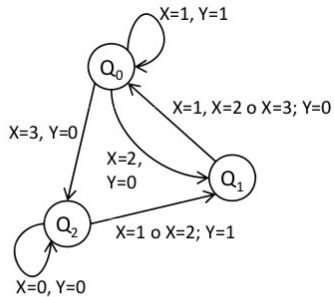


Descripción de circuitos secuenciales (tipos)

- ▶ Moore: las salidas dependen solo del estado actual
- ▶ Mealy: las salidas dependen del estado actual y las entradas



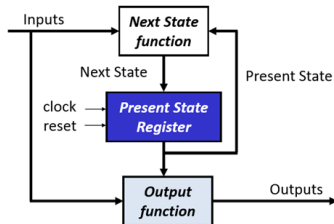
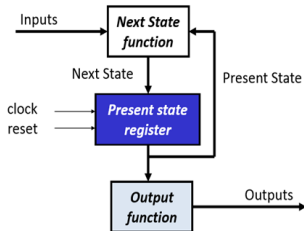
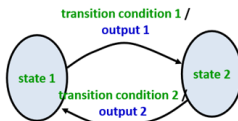
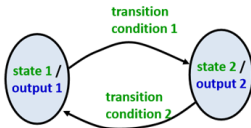
MÁQUINA DE MOORE



MÁQUINA DE MEALY

Descripción de circuitos secuenciales (tipos)

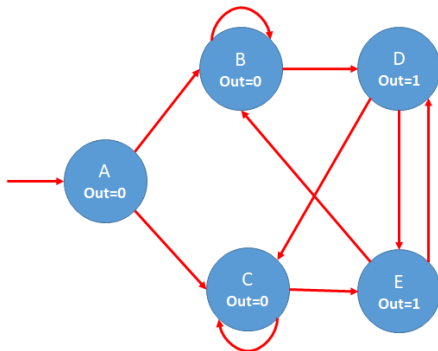
- ▶ Moore: las salidas dependen solo del estado actual
- ▶ Mealy: las salidas dependen del estado actual y las entradas



Ejemplo: Detectar la secuencia 01 o 10

- Moore: las salidas dependen solo del estado actual

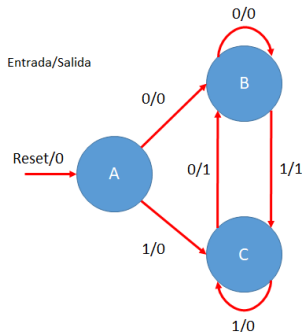
reset	input	current state	next state	output
1	—	—	A	
0	0	A	B	0
0	1	A	C	0
0	0	B	B	0
0	1	B	D	0
0	0	C	E	0
0	1	C	C	0
0	0	D	E	1
0	1	D	C	1
0	0	E	B	1
0	1	E	D	1



Ejemplo: Detectar la secuencia 01 o 10

: las salidas dependen del estado actual y las entradas

reset	input	current state	next state	output
1	—	—	A	0
0	0	A	B	0
0	1	A	C	0
0	0	B	B	0
0	1	B	C	1
0	0	C	B	1
0	1	C	C	0



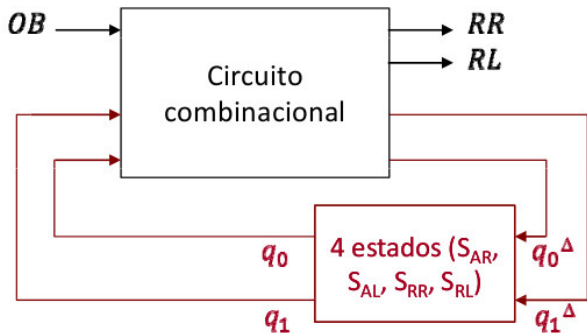
Ejercicio

Describir el funcionamiento de un robot que cumple con las siguientes condiciones

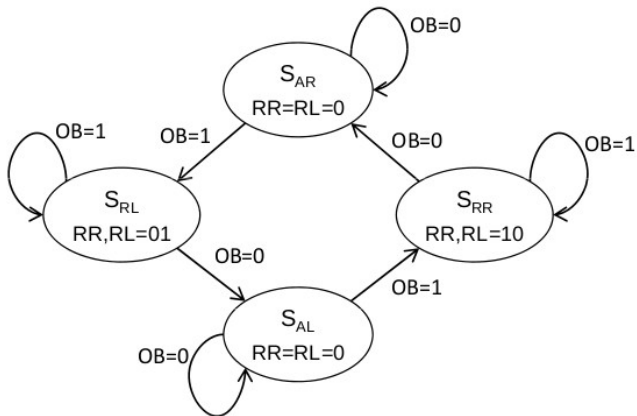
- ▶ Cuenta con un sensor que detecta obstáculos (parte delantera). Genera la señal $OB=1$ si hay obstáculos
- ▶ Tiene tres movimiento avance hacia delante , giro a la izquierda y giro a la derecha
- ▶ Los movimiento depende del sensor de obstáculos:
 - ▶ Cuando el robot detecta un obstáculo gira a la derecha, hasta que $OB = 0$
 - ▶ Siempre que $OB = 0$, avanza hacia adelante
 - ▶ La siguiente vez que detecta un obstáculo, el robot gira en sentido contrario a cómo lo hizo anteriormente

Ejemplo ¿Cuántos estados necesitaremos?

Ejemplo ¿Cuántos estados necesitaremos?



Ejemplo



Índice

Recordando

Lógica Secuencial

Unidades de memorias para guardar registros

Circuitos secuenciales con tablas

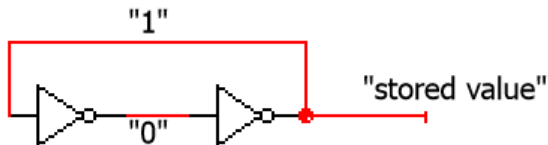
Registros

Registros de Desplazamiento

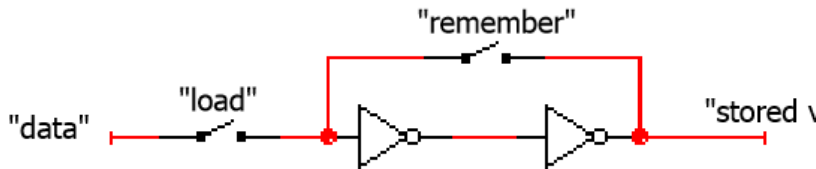
Bistables

Circuitos con realimentación

- ▶ Dos inversores

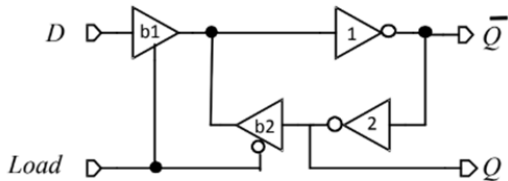


- ▶ Cómo cargamos los datos?

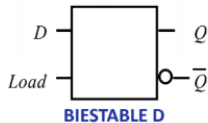


Biestables

Circuitos con realimentación

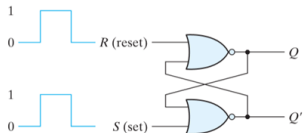


$Load$	D	Q	Q^A
0	x	x	\underline{Q}
1	0	x	0
1	1	x	1



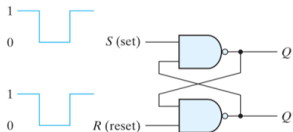
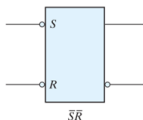
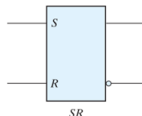
Latch SR

En un elemento de almacenamiento, en el que un cambio de señal a la entrada afecta a la salida sin tener en cuenta un reloj



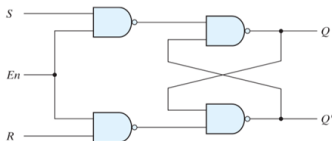
S	R	Q	Q'
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	0	0

(after $S = 1, R = 0$)
(after $S = 0, R = 1$)
(forbidden)



S	R	Q	Q'
1	0	0	1
1	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0
0	0	1	1

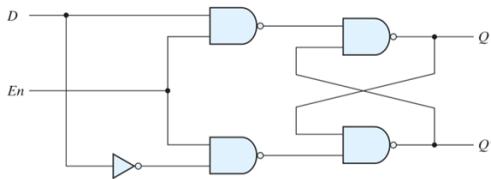
(after $S = 1, R = 0$)
(after $S = 0, R = 1$)
(forbidden)



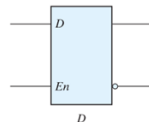
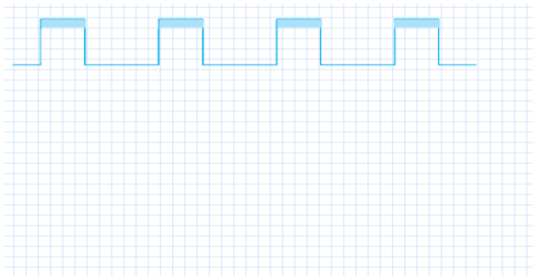
En	S	R	Next state of Q
0	X	X	No change
1	0	0	No change
1	0	1	$Q = 0$; reset state
1	1	0	$Q = 1$; set state
1	1	1	Indeterminate

Latch D

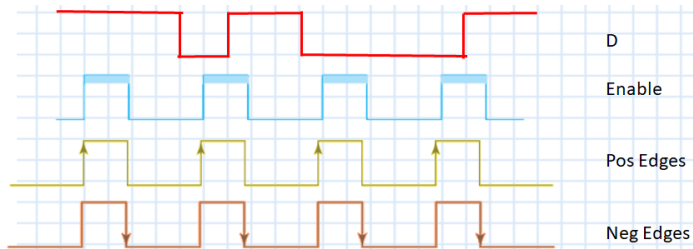
Es un elemento de almacenamiento, en el que un cambio de señal a la entrada afecta a la salida siempre y cuando la señal de enable este activa



En	D	Next state of Q
0	X	No change
1	0	Q = 0; reset state
1	1	Q = 1; set state

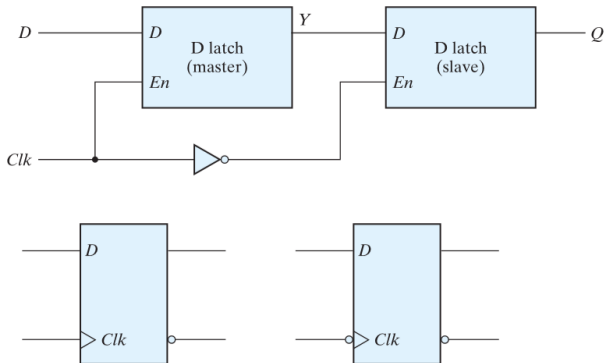


Respuesta por nivel o flanco ?

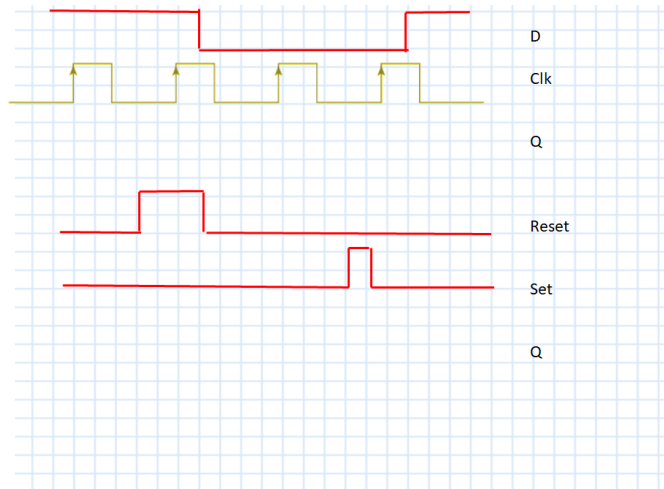


Flip-Flop D

Es un elemento de memorias que puede cambiar el valor de la salida durante los flancos de reloj

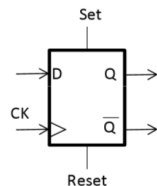


flip-flop D con Set/Reset asíncrono



Reset: Fuerza el estado del biestable a 0

Set : Fuerza el estado del biestable a 1



Índice

Recordando

Lógica Secuencial

Unidades de memorias para guardar registros

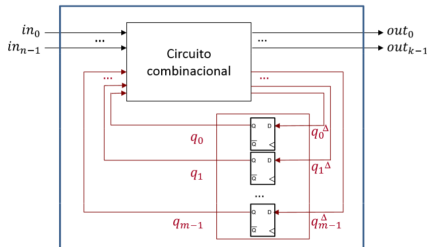
Circuitos secuenciales con tablas

Registros

Registros de Desplazamiento

El problema

- ▶ Cuántos flip-flops?
- ▶ Cómo son funciones de la entrada D y la salida q?



retomando ejemplo Roomba

- ▶ Cuántos flip-flops?

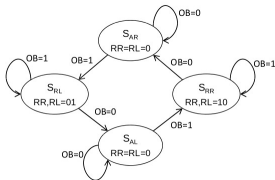


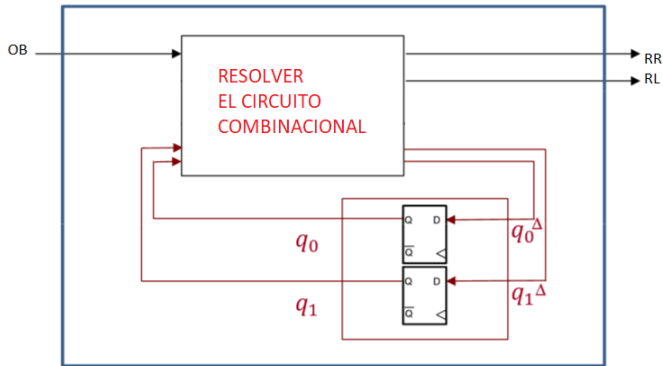
TABLA DE ESTADOS

Estado actual	Entradas: OB	Estado siguiente

TABLA DE SALIDAS

Estado actual	Salidas: RR RL
S_{AR}	
S_{RR}	
S_{AL}	
S_{RL}	

Resolver el circuito de Roomba



Tablas ejemplo Roomba

TABLA DE ESTADOS

Estado actual	Entradas: OB	Estado siguiente
S_{AR}	0	S_{AR}
S_{AR}	1	S_{RL}
S_{RR}	0	S_{AR}
S_{RR}	1	S_{RR}
S_{AL}	0	S_{AL}
S_{AL}	1	S_{RR}
S_{RL}	0	S_{AL}
S_{RL}	1	S_{RL}

TABLA DE SALIDAS

Estado actual	Salidas: RR RL
S_{AR}	0 0
S_{RR}	1 0
S_{AL}	0 0
S_{RL}	0 1

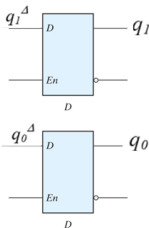


TABLA DE ESTADOS

	q_1	q_0	OB	q_1^Δ	q_0^Δ
S_{AR}	0	0	0		
S_{AR}	0	0	1		
S_{RR}	0	1	0		
S_{RR}	0	1	1		
S_{AL}	1	0	0		
S_{AL}	1	0	1		
S_{RL}	1	1	0		
S_{RL}	1	1	1		

TABLA DE SALIDAS

	q_1	q_0	RR	RL
S_{AR}	0	0		
S_{RR}	0	1		
S_{AL}	1	0		
S_{RL}	1	1		

Estados	q_1	q_0
S_{AR}	0	0
S_{RR}		
S_{AL}		
S_{RL}		

Solución Roomba

TABLA DE ESTADOS

	q_1	q_0	OB	q_1^Δ	q_0^Δ
S_{AR}	0	0	0	0	0
S_{AR}	0	0	1	1	1
S_{RR}	0	1	0	0	0
S_{RR}	0	1	1	0	1
S_{AL}	1	0	0	1	0
S_{AL}	1	0	1	0	1
S_{RL}	1	1	0	1	0
S_{RL}	1	1	1	1	1

TABLA DE SALIDAS

	q_1	q_0	RR	RL
S_{AR}	0	0	0	0
S_{RR}	0	1	1	0
S_{AL}	1	0	0	0

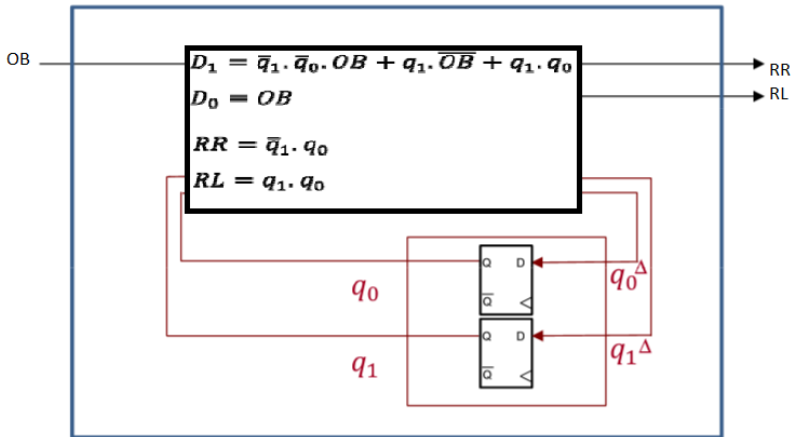
$$D_1 = q_1^\Delta = \bar{q}_1 \cdot \bar{q}_0 \cdot OB + q_1 \cdot \overline{OB} + q_1 \cdot q_0$$

$$D_0 = q_0^\Delta = OB$$

$$RR = \bar{q}_1 \cdot q_0$$

$$RL = q_1 \cdot q_0$$

Implementación Roomba



Implementación Roomba

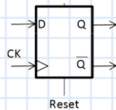
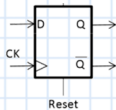
OB

RR

RL

CLK

RST



Índice

Recordando

Lógica Secuencial

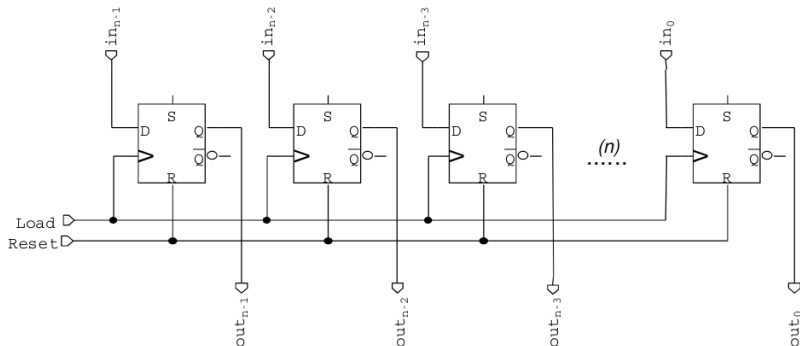
Unidades de memorias para guardar registros

Circuitos secuenciales con tablas

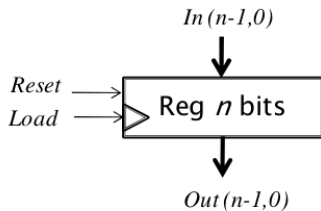
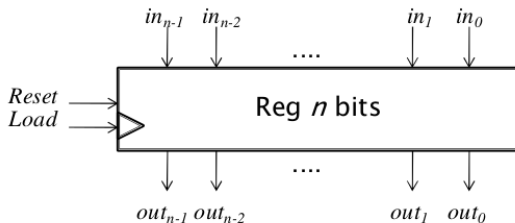
Registros

Registros de Desplazamiento

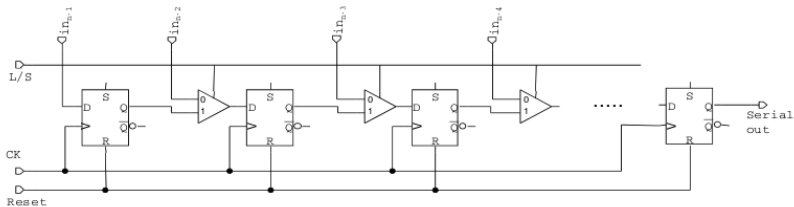
Registros



Registros



Registros



Índice

Recordando

Lógica Secuencial

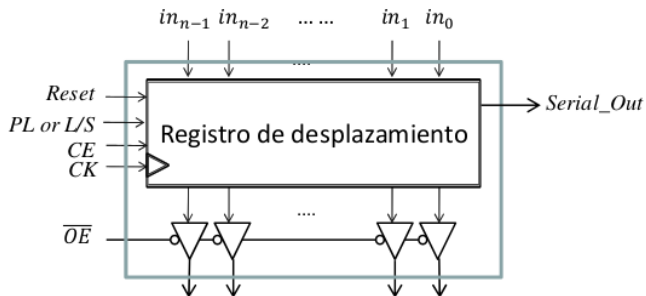
Unidades de memorias para guardar registros

Circuitos secuenciales con tablas

Registros

Registros de Desplazamiento

Generalidad



Carga síncrona:

L/S: Load/Shift

Carga asíncrona:

PL

CONVERSORES SERIE-PARALELO Y PARALELO-SERIE



PREGUNTAS