



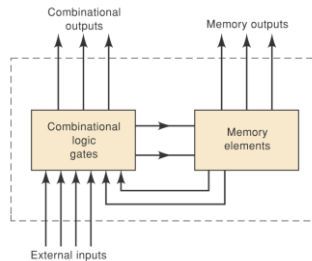
## CIRCUITOS SECUENCIALES

### Temario

- ▶ El Biestable
- ▶ Diseño de circuitos secuenciales

## El Biestable

- ▶ El circuito lógico opera con las entradas externas produciendo cierta cantidad de salidas, algunas de las cuales se almacenan en elementos de memoria
- ▶ Los elementos de memoria proporcionan información sobre eventos previos
- ▶ Algunas de las salidas de los elementos de memoria se envían al circuito lógico, condicionado sus salidas



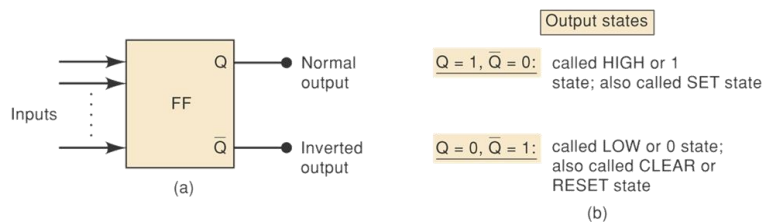
3

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ El elemento más importante de la memoria es el biestable o Flip -Flop (F/F), el cual está constituido por un arreglo de compuertas lógicas
- ▶ Puede tener varias entradas pero solo dos salidas: la normal y su opuesta



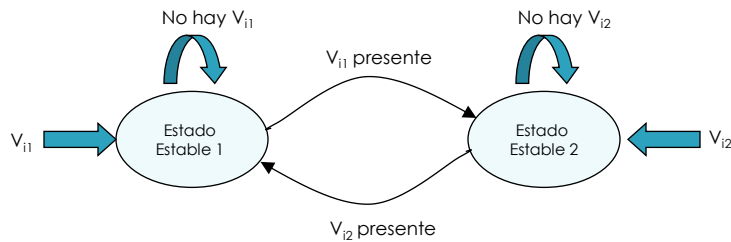
4

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ Circuito que tiene dos estados “estables” (estados en los que permanece hasta que una señal externa lo hace pasar a otro estado) con valores de voltaje específicos para cada uno de ellos



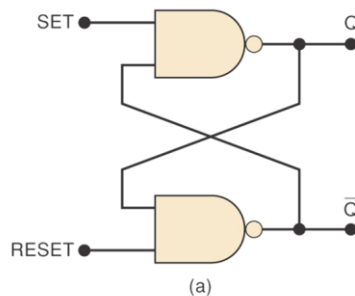
5

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ Biestable construido con compuertas NAND



Set	Reset	Output
1	1	No change
0	1	$Q = 1$
1	0	$Q = 0$
0	0	Invalid*

\*Produce  $Q = \bar{Q} = 1$ .

(b)

6

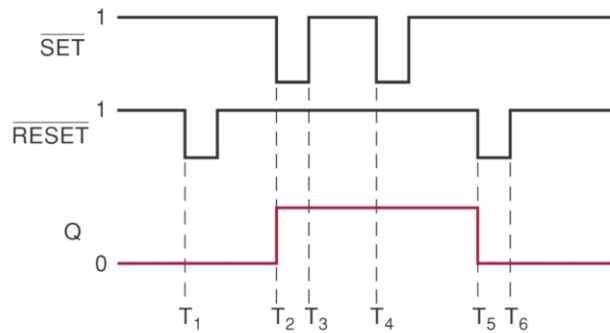
Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable



Ejemplo: grafique la señal de salida Q dadas las señales de entrada mostradas



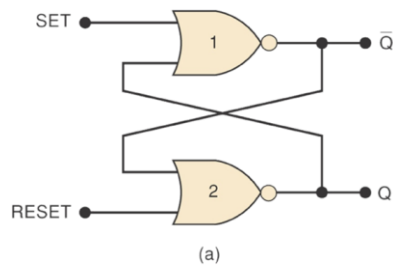
7

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ Biestable construido con compuertas NOR



Set	Reset	Output
0	0	No change
1	0	Q = 1
0	1	Q = 0
1	1	Invalid*

\*Produce  $Q = \bar{Q} = 0$ .

(b)

8

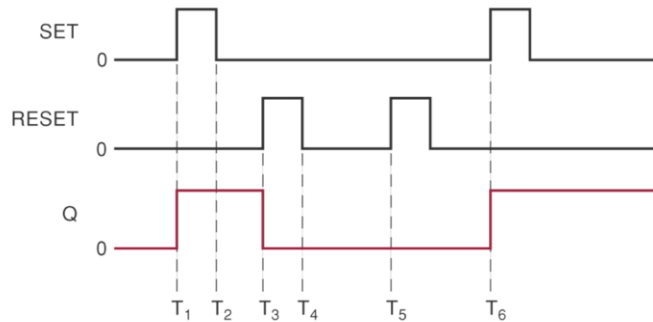
Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable



Ejemplo: grafique la señal de salida Q dadas las señales de entrada mostradas



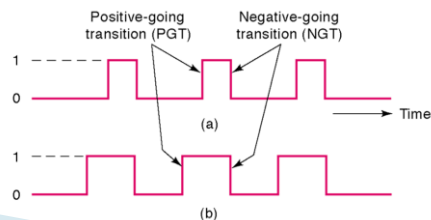
9

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ Los sistemas digitales pueden trabajar de dos formas:
  - Asincrónicamente: la salida cambia de estado cada vez que sus entradas cambian
  - Sincrónicamente: la salida cambia de estado solamente en las transiciones o frentes de reloj
- ▶ Señal de reloj: las salidas del sistema cambian cuando se produce una transición o llega frente de una señal periódica llamada "reloj"
  - Transición o frente de pendiente positiva (PGT)
  - Transición o frente de pendiente negativa (NGT)



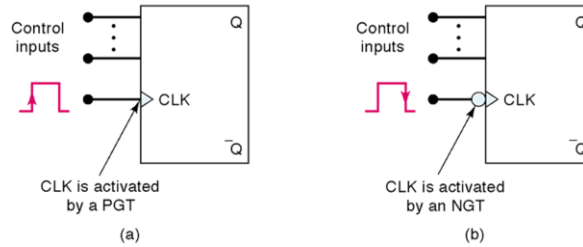
10

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ Los biestables tienen una entrada adicional que permite sincronizar sus acciones con la señal de reloj o CLK



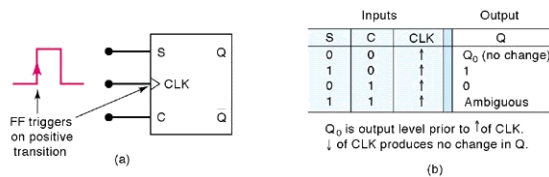
11

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ Se dispara por frente de subida



12

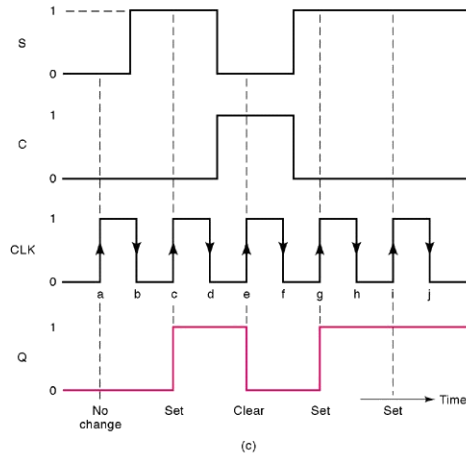
Circuitos Secuenciales

EC2112

# El Biestable



Ejemplo: grafique la señal de salida Q dadas las señales de entrada mostradas



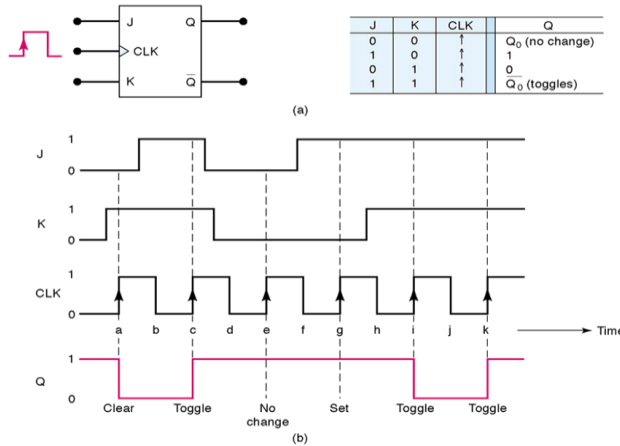
13

Circuitos Secuenciales

EC2112

# El Biestable

- ▶ Se dispara por frente de subida



14

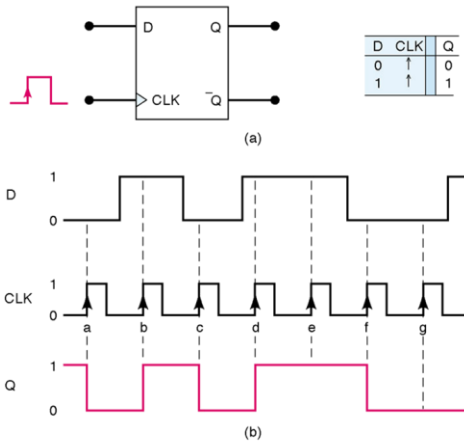
Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable



Ejemplo: grafique la señal de salida Q dadas las señales de entrada mostradas



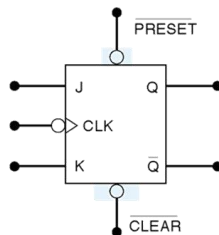
15

Circuitos Secuenciales

EC2112

## El Biestable

- ▶ La mayoría de los biestables tienen una o más entradas asíncronas



PRESET	CLEAR	FF response
1	1	Clocked operation*
0	1	Q = 1 (regardless of CLK)
1	0	Q = 0 (regardless of CLK)
0	0	Not used

\*Q will respond to J, K, and CLK

16

Circuitos Secuenciales

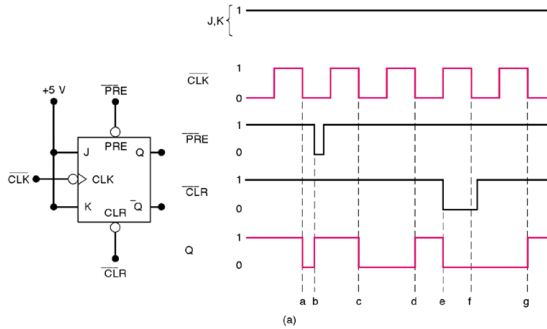
EC2112



# El Biestable



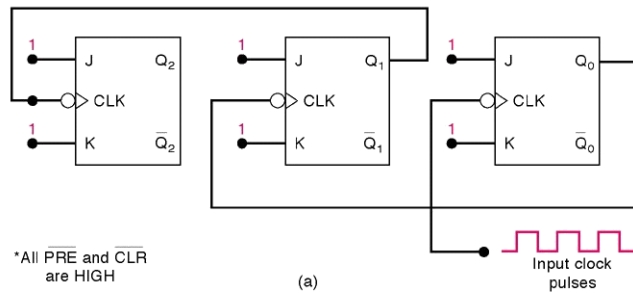
Ejemplo: grafique la señal de salida Q dadas las señales de entrada mostradas



Point	Operation
a	Synchronous toggle on NGT of CLK
b	Asynchronous set on PRE = 0
c	Synchronous toggle
d	Synchronous toggle
e	Asynchronous clear on CLR = 0
f	CLR over-rides the NGT of CLK
g	Synchronous toggle

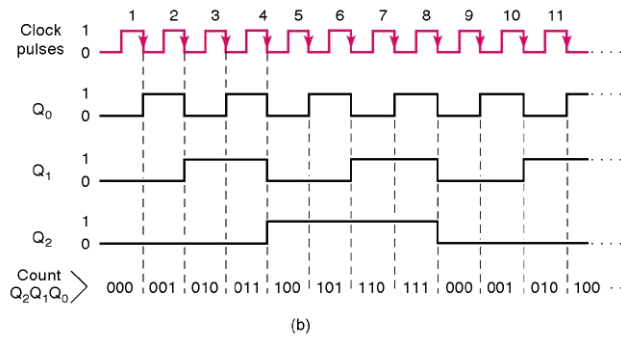
# El Biestable

- ▶ Contador binario de tres bits



# El Biestable

- ▶ Contador binario de tres bits



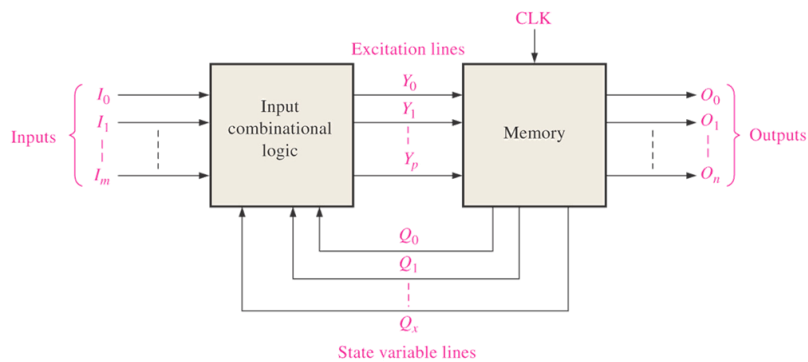
19

Circuitos Secuenciales

EC2112

## Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Estructura general de un sistema secuencial



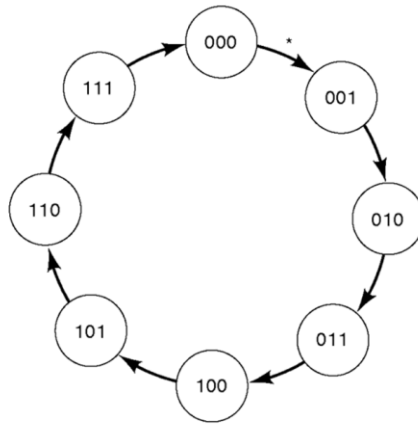
20

Circuitos Secuenciales

EC2112

# Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Diagrama de estados



\* Note: each arrow represents the occurrence of a clock pulse

21

Circuitos Secuenciales

EC2112

# Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Tabla de transiciones de un biestable tipo J-K

Transiciones de salida		Entradas del flip-flop	
$Q_N$	$Q_{N+1}$	$J$	$K$
0	→ 0	0	X
0	→ 1	1	X
1	→ 0	X	1
1	→ 1	X	0

$Q_N$ : estado actual

$Q_{N+1}$ : estado siguiente

X: indiferente

- ▶ Tabla de transiciones de un biestable tipo D

Transiciones de salida		Entrada del flip-flop
$Q_N$	$Q_{N+1}$	$D$
0	→ 0	0
0	→ 1	1
1	→ 0	0
1	→ 1	1

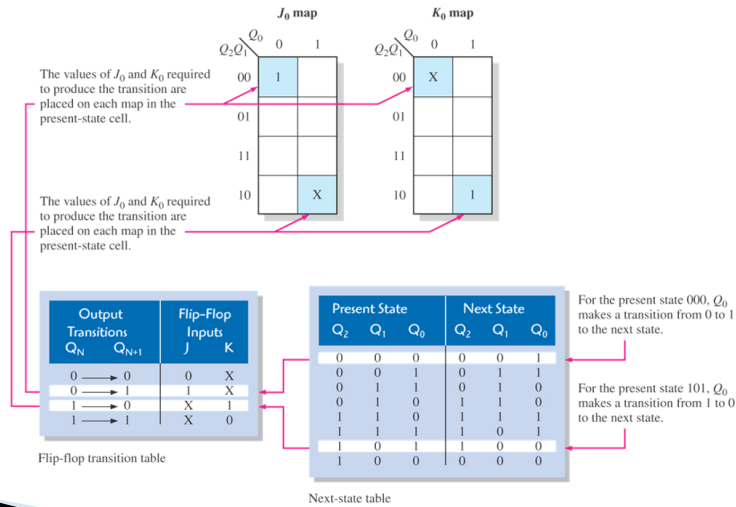
22

Circuitos Secuenciales

EC2112

# Diseño de circuitos secuenciales

- Procedimiento para construir los mapas de Karnaugh



23

Circuitos Secuenciales

EC2112

# Diseño de circuitos secuenciales



Ejemplo: diseñar un contador de 3 bits que realice la siguiente secuencia

DEC	BINARIO		
0	0	0	0
1	0	0	1
3	0	1	1
2	0	1	0
6	1	1	0
7	1	1	1
5	1	0	1
4	1	0	0

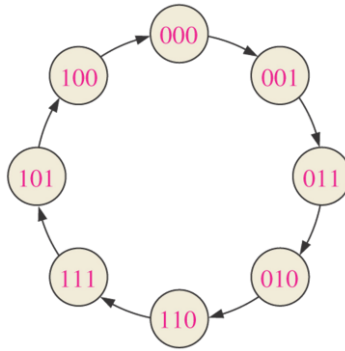
24

Circuitos Secuenciales

EC2112

## Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Diagrama de estados:



25

Circuitos Secuenciales

EC2112

## Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Tabla de transiciones:

Estado actual			Estado siguiente		
$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0

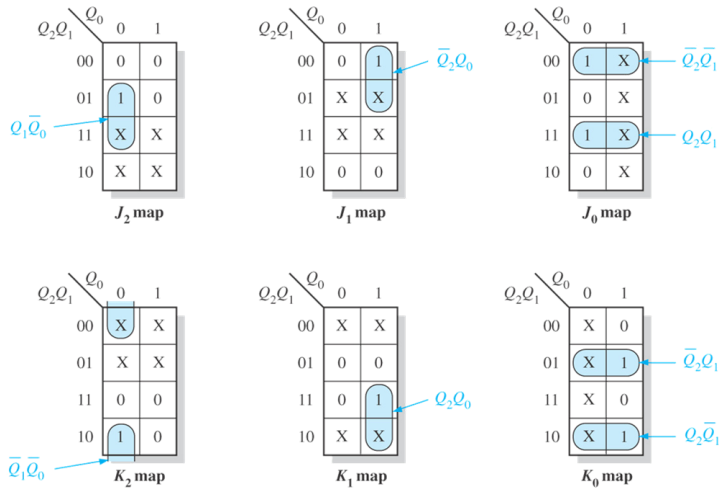
26

Circuitos Secuenciales

EC2112

## Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Mapas de Karnaugh:



27

Circuitos Secuenciales

EC2112

## Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Expresiones lógicas para las entradas de los biestables J-K:

$$J_0 = Q_2Q_1 + \bar{Q}_2\bar{Q}_1 = \overline{Q_2 \oplus Q_1}$$

$$K_0 = \underline{Q_2Q_1} + \underline{Q_2Q_1} = Q_2 \oplus Q_1$$

$$J_1 = \underline{Q_2Q_0}$$

$$K_1 = \underline{Q_2Q_0}$$

$$J_2 = \underline{Q_1Q_0}$$

$$K_2 = \underline{Q_1Q_0}$$

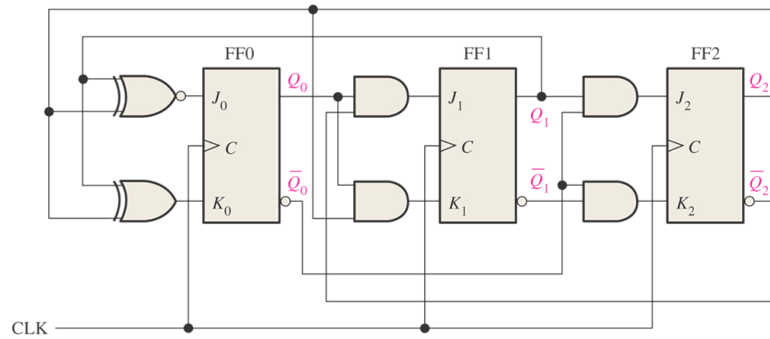
28

Circuitos Secuenciales

EC2112

# Diseño de circuitos secuenciales

- ▶ Implementación del contador:



## Bibliografía

- ▶ Electrónica Digital: Principios y Aplicaciones. Roger Tokheim. Editorial McGraw Hill. Capítulo 4.