

# ***Introducción al Diseño Lógico (E0301)***

***Ingeniería en Computación***

***Gerardo E. Sager***

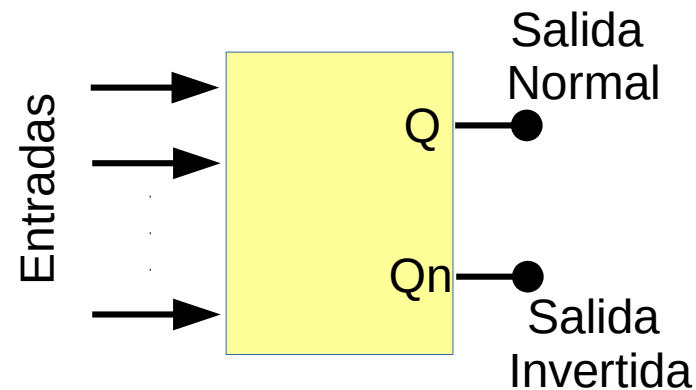
***Clase 11 curso 2023***

# Clase 11

- Temas a tratar
  - Flip-Flops y Latches:
    - Flip Flop tipo “T”
    - Tabla de Transición de estados
    - Tabla de Transición de estados inversa
    - Entradas Auxiliares: PR CLR ENABLE
  - Contadores
    - Asíncronos
    - Sincrónicos
    - Frecuencia de Operación Máxima
  - Aplicaciones
    - Divisores de frecuencia
    - Control de tiempos
    - Generación de Direcciones

# Introducción

Ya vimos el funcionamiento de distintos tipos de **Flip-Flops** (FF) o **LATCHES** — construido a partir de compuertas lógicas.



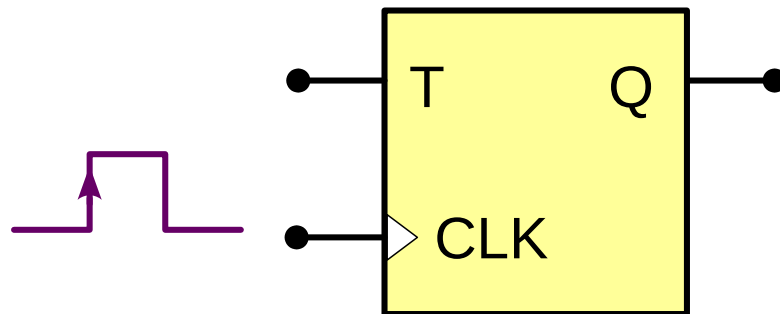
<b>Q=1, Qn=0</b>	Se llama estado HIGH o '1' Tambien se llama estado SET
<b>Q=0, Qn=1</b>	Se llama estado LOW o '0' Tambien se llama estado RESET o CLEAR

# FLIP FLOPS

- Cuando las salidas del Latch solamente cambian cuando la entrada CLK se activa, lo llamamos Flip Flop,
- Las entradas de control, **que actúan cuando el reloj se activa**, definen el tipo de Flip Flop.
- Estas son entradas **SINCRÓNICAS**
- Hasta ahora vimos los siguientes tipos de FF.
  - D
  - R S
  - J K
- También existe otro tipo de Flip Flop, llamado tipo “T”

# FLIP FLOP Tipo “T”

El Flip Flop tipo “T” (toggle), según el valor de su entrada, conserva el valor anterior a la salida o conmuta al valor opuesto cuando el flanco de reloj se activa.



Entradas		Salida
T	CLK	Q
0	↑	$Q^-$ (Sin Cambios)
1	↑	$\overline{Q^-}$ (Toggle)

Entradas		Salida
T	CLK	$Q^+$
0	↑	Q (Sin Cambios)
1	↑	$\overline{Q}$ (Toggle)

# Tabla de Transiciones o Tabla de excitación de un Flip Flop

- Hasta ahora no le pusimos nombre a las tablas que describen la operación de un Flip Flop, pero se suelen llamar “Tabla de Transición de Estados”, “Tabla de Transiciones” o “Tabla de Excitación”
- Podemos escribirlas de dos maneras:
  - Estado actual en función del anterior:
    - Me situo en el momento POSTERIOR a la acción del reloj y obtengo los valores que tienen AHORA las salidas en función de los valores que tenía ANTES.
  - Estado futuro en valor del actual
    - Me situo en el momento ANTERIOR a la acción del reloj y obtengo los valores que tendrán DESPUÉS las salidas en función de los valores ACTUALES.
- $Q^+$  es el valor futuro de la salida.
- $Q^-$  es el valor anterior de la salida.
- $Q$  es el valor actual de la salida.

# Tabla de Transición de Estados

## TABLAS DE EXCITACIÓN DE LOS FLIPS FLOPS SR; JK Y D

Estado futuro en funcion del estado actual

Entradas			Salida
S	R	CLK	$Q^+$
0	0	↑	Q
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	No usado

FF SR activado por  
flanco ↑

S y R activas en ALTO

Entradas			Salida
J	K	CLK	$Q^+$
0	0	↑	Q
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	$\bar{Q}$

FF JK activado por  
flanco ↑

Entradas		Salida
D	CLK	$Q^+$
0	↑	0
1	↑	1

FF D activado por flanco ↑

Entradas		Salida
T	CLK	$Q^+$
0	↑	Q
1	↑	$\bar{Q}$

FF T activado por flanco ↑

# Tabla de Transición de Estados

## TABLAS DE EXCITACIÓN DE LOS FLIPS FLOPS SR; JK Y D

Estado actual en función del estado anterior

Entradas			Salida
S	R	CLK	Q
0	0	↑	$Q^-$
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	No usado

FF SR activado por  
flanco ↑

S y R activas en ALTO

Entradas			Salida
J	K	CLK	Q
0	0	↑	$Q^-$
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	$\overline{Q^-}$

FF JK activado por  
flanco ↑

Entradas		Salida
D	CLK	Q
0	↑	0
1	↑	1

FF D activado por flanco ↑

Entradas		Salida
T	CLK	Q
0	↑	$Q^-$
1	↑	$\overline{Q^-}$

FF T activado por flanco ↑



# Tabla de Transición Inversa

- Hay situaciones en las que deseamos un cierto valor futuro en la salida, y queremos determinar que valor debemos aplicar a la entrada, cuando la salida actual tiene cierto valor.
- Por ejemplo: si la salida actual  $Q$  de un FF JK, está en 0, que valor debo aplicar a la entrada para que  $Q^+$  valga 0 luego del flanco activo del reloj.
- En este caso tengo dos posibilidades:
  - $J=0$ ,  $K=1$  (fuerza  $Q^+$  a 0)
  - $J=0$ ,  $K=0$  (Mantiene el valor anterior)
  - Para las demás transiciones de salida voy a tener un comportamiento similar.
- La tabla que enumera las distintas posibilidades para un Flip Flop Dado se llama **Tabla de Transiciones Inversa**, o **Tabla de Excitación Inversa**.

# Tabla de Transición Inversa FF JK

- Para el FF JK, si examinamos las posibilidades tendremos las siguientes:

Q	Q <sup>+</sup>	CK	J	K
0	0	↑	0	0
0	0	↑	0	1
0	1	↑	1	0
0	1	↑	1	1
1	0	↑	0	1
1	0	↑	1	1
1	1	↑	0	0
1	1	↑	1	0

TABLA DE EXCITACIÓN  
INVERSA DEL FLIP FLOP JK

Q	Q <sup>+</sup>	CK	J	K
0	0	↑	0	X
0	1	↑	1	X
1	0	↑	X	1
1	1	↑	X	0

# Tabla de Transición Inversa FF RS

- Escribimos la tabla para el FF RS con entradas activas en ALTO:

Q	Q <sup>+</sup>	CK	S	R
0	0	↑	0	0
0	0	↑	0	1
0	1	↑	1	0
1	0	↑	0	1
1	1	↑	0	0
1	1	↑	1	0

TABLA DE EXCITACIÓN  
INVERSA DEL FLIP FLOP RS  
CON ENTRADAS ACTIVAS EN  
ALTO

Q	Q <sup>+</sup>	CK	S	R
0	0	↑	0	X
0	1	↑	1	0
1	0	↑	0	1
1	1	↑	X	0

# Tabla de Transición Inversa FF RS

- Para el FF RS con entradas Activas en BAJO, Completaremos la tabla

Q	Q <sup>+</sup>	CK	S	R
0	0	↑		
0	0	↑		
0	1	↑		
0	1	↑		
1	0	↑		
1	0	↑		
1	1	↑		
1	1	↑		

TABLA DE EXCITACIÓN  
INVERSA DEL FLIP FLOP SR  
CON ENTRADAS ACTIVAS EN  
BAJO

Q	Q <sup>+</sup>	CK	S	R
0	0	↑		
0	1	↑		
1	0	↑		
1	1	↑		

# Tabla de Transición Inversa FF D

- Para el caso del FF tipo D, vemos que solamente hay una manera de producir cada transición:

**TABLA DE EXCITACIÓN  
INVERSA DEL FLIP FLOP D**

Q	Q <sup>+</sup>	CK	D
0	0	↑	0
0	1	↑	1
1	0	↑	0
1	1	↑	1

# Tabla de Transición Inversa FF T

- Para el caso del FF tipo T, vemos que también hay una única manera de producir cada transición:

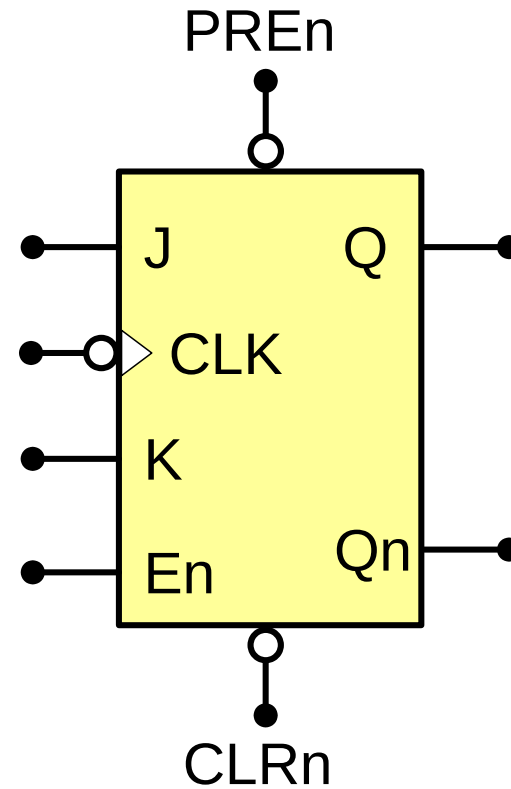
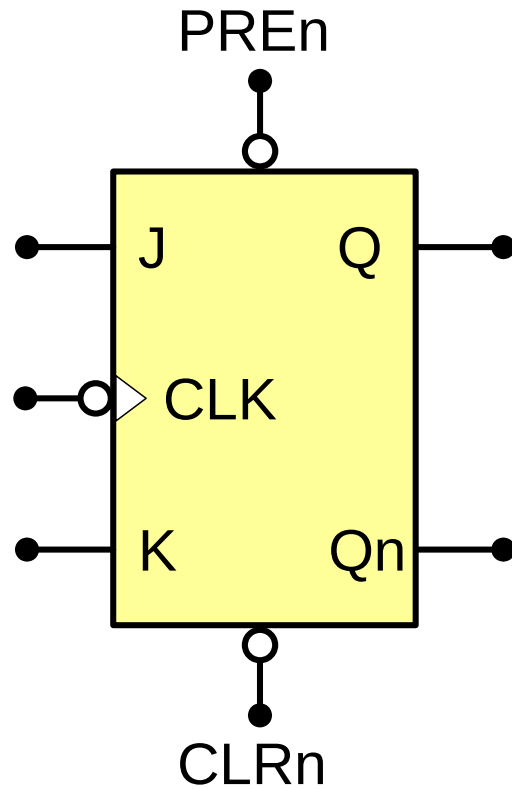
**TABLA DE EXCITACIÓN  
INVERSA DEL FLIP FLOP T**

Q	Q <sup>+</sup>	CK	T
0	0	↑	0
0	1	↑	1
1	0	↑	1
1	1	↑	0

# Otras Entradas de Control

- Los Flip Flops, pueden tener otras entradas de control. En la mayoría de los casos actúan en forma ASINCRÓNICA. Es decir que actúan inmediatamente sin necesidad que se active el reloj
- ***PRESET***
  - Cuando se activa, establece la salida Q en 1
- ***RESET***
  - Cuando se activa, establece la salida Q en 0
- ***ENABLE***
  - Esta entrada habilita o deshabilita la acción del Reloj.
- Estas entradas pueden actuar en forma
  - Directa (activas en 1)
  - Negada (activas en 0)
  - Para indicar cuando son activas en 0, en los símbolos esquemáticos se utiliza un círculo en la entrada y se suelen nombrar agregando un sufijo “n”

# Ejemplos

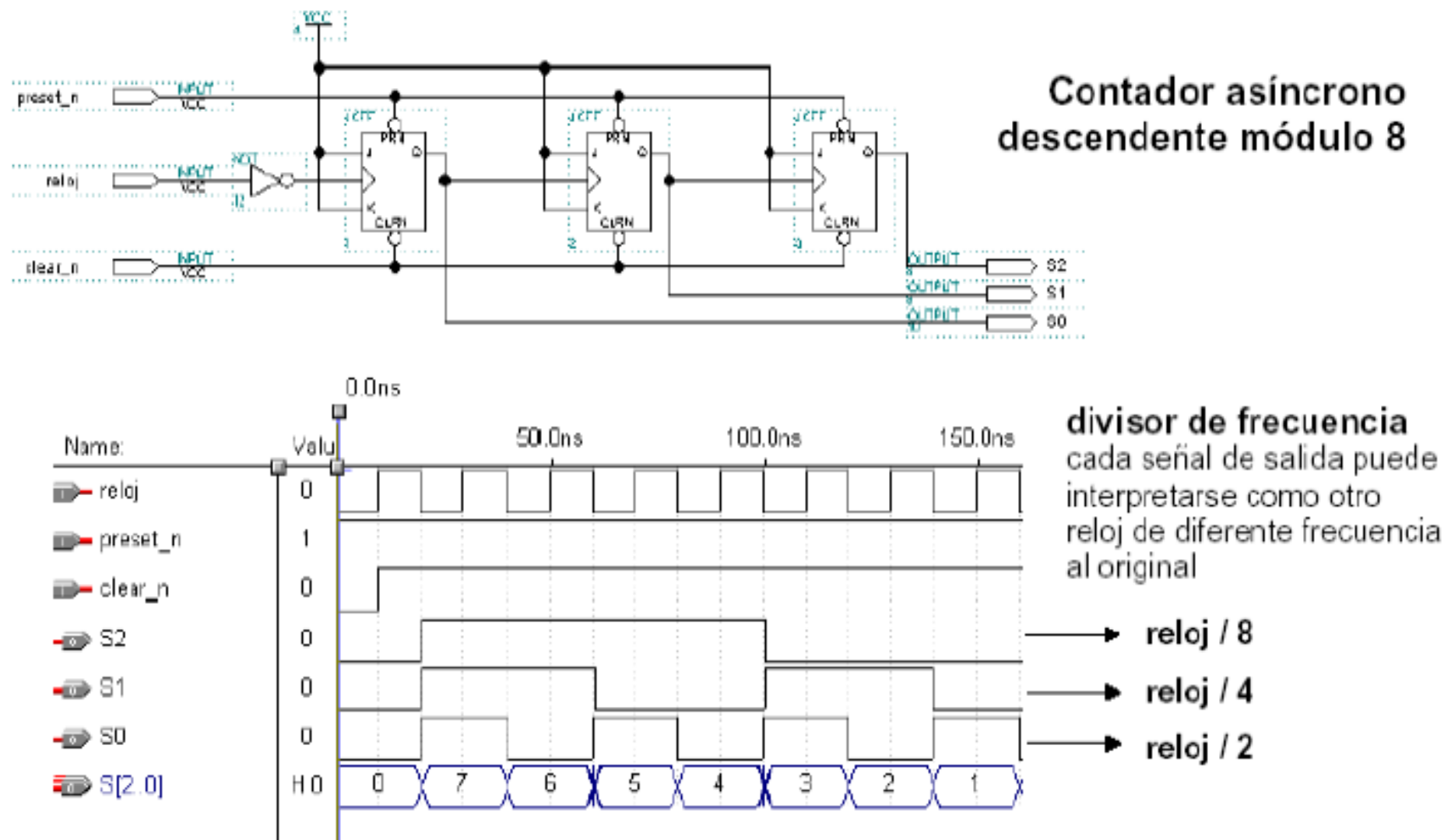




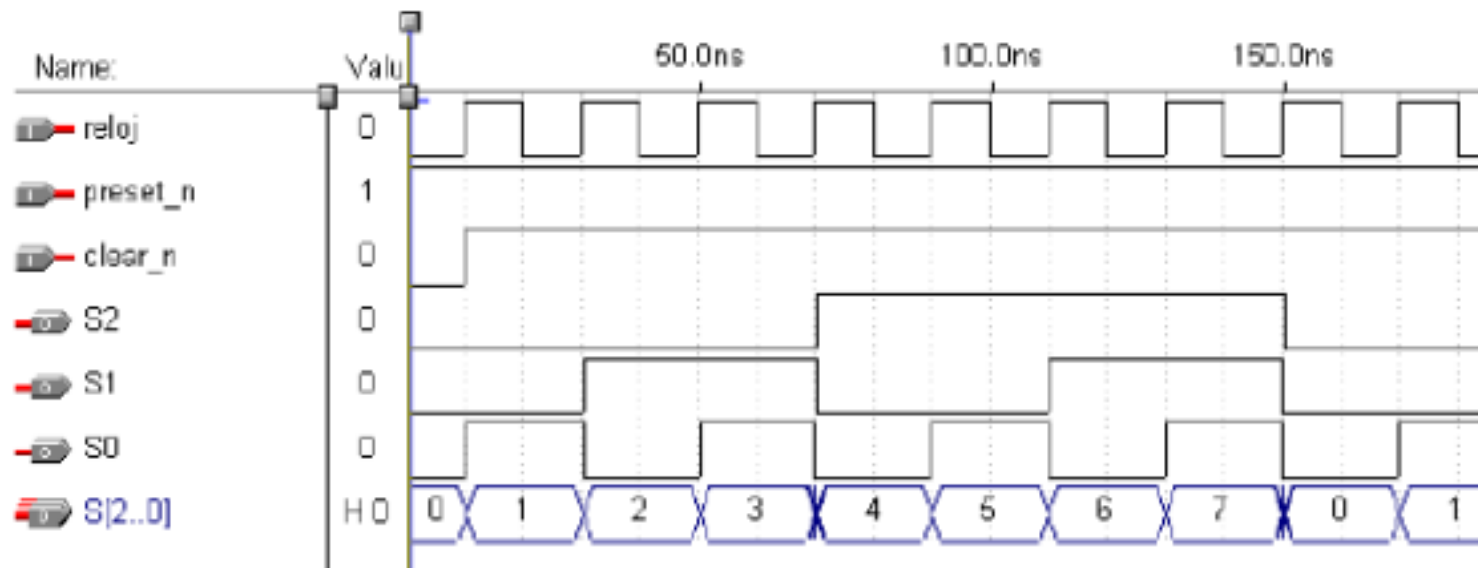
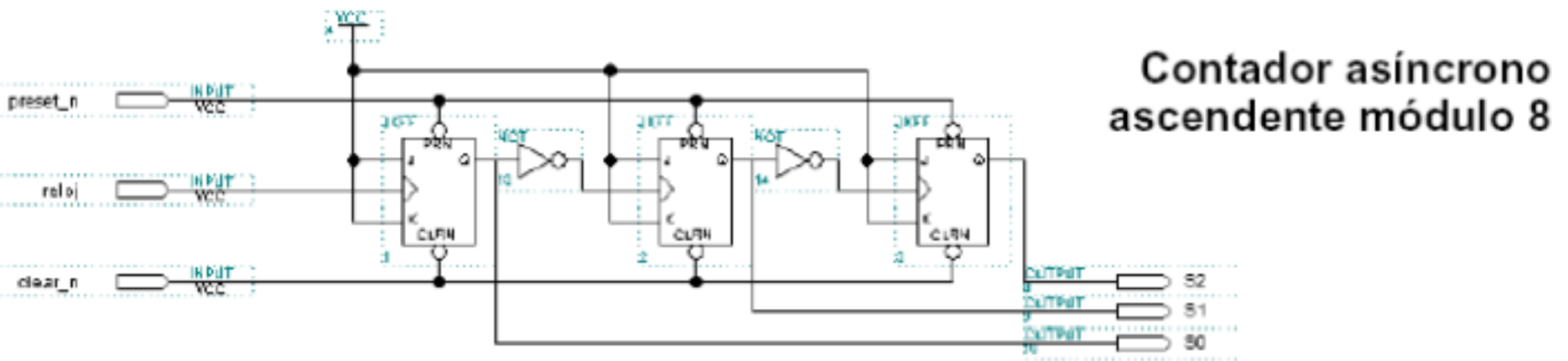
# CONTADORES: Funcionamiento y utilidad

- Cuenta el número de impulsos que recibe en una de sus entradas, habitualmente la entrada de Reloj
- Aplicaciones
  - Divisores de frecuencia
    - Permiten obtener una frecuencia de salida  $f_s = f_{in} / M$  donde  $f_{in}$  es la frecuencia de entrada y  $M$  es el número máximo hasta el que llega la cuenta
  - Control de tiempos
    - Permiten la medición o generación de intervalos de tiempo a partir de una entrada periódica llamada base de tiempo
  - Generación de Direcciones
    - Permiten generar números consecutivos que pueden utilizarse para acceder secuencialmente a direcciones de una memoria

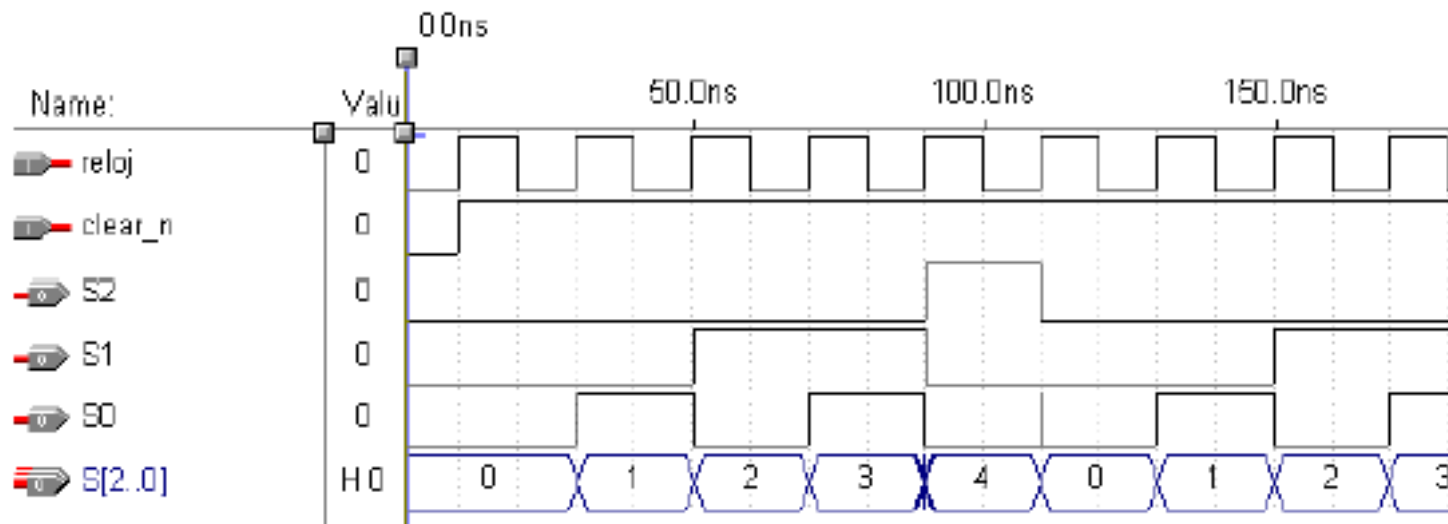
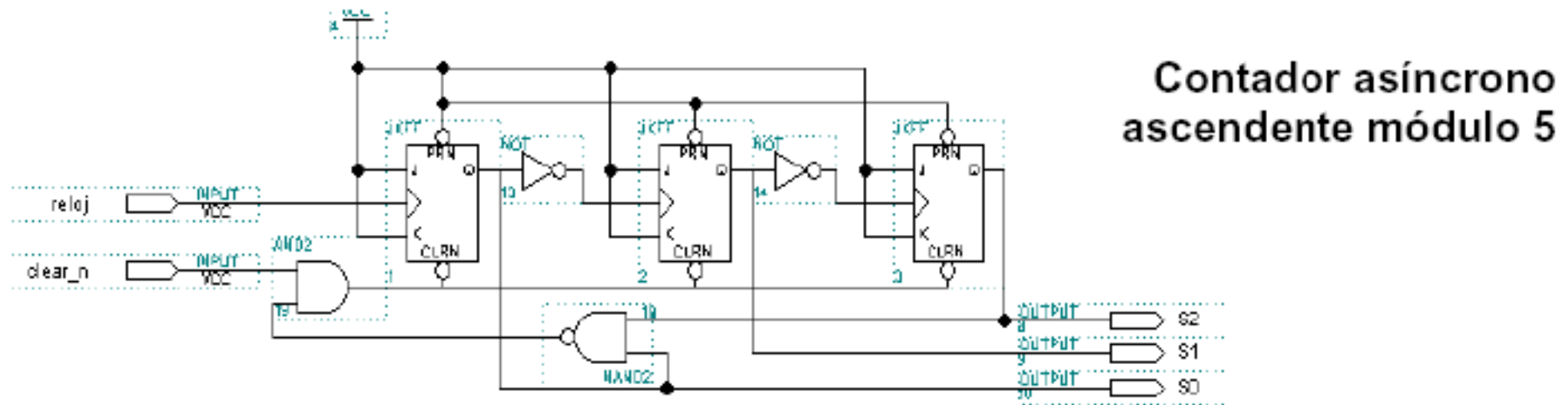
# Contador Asincrónico I (Ripple Counter)



# Contador Asincrónico II



# Contador Asincrónico III

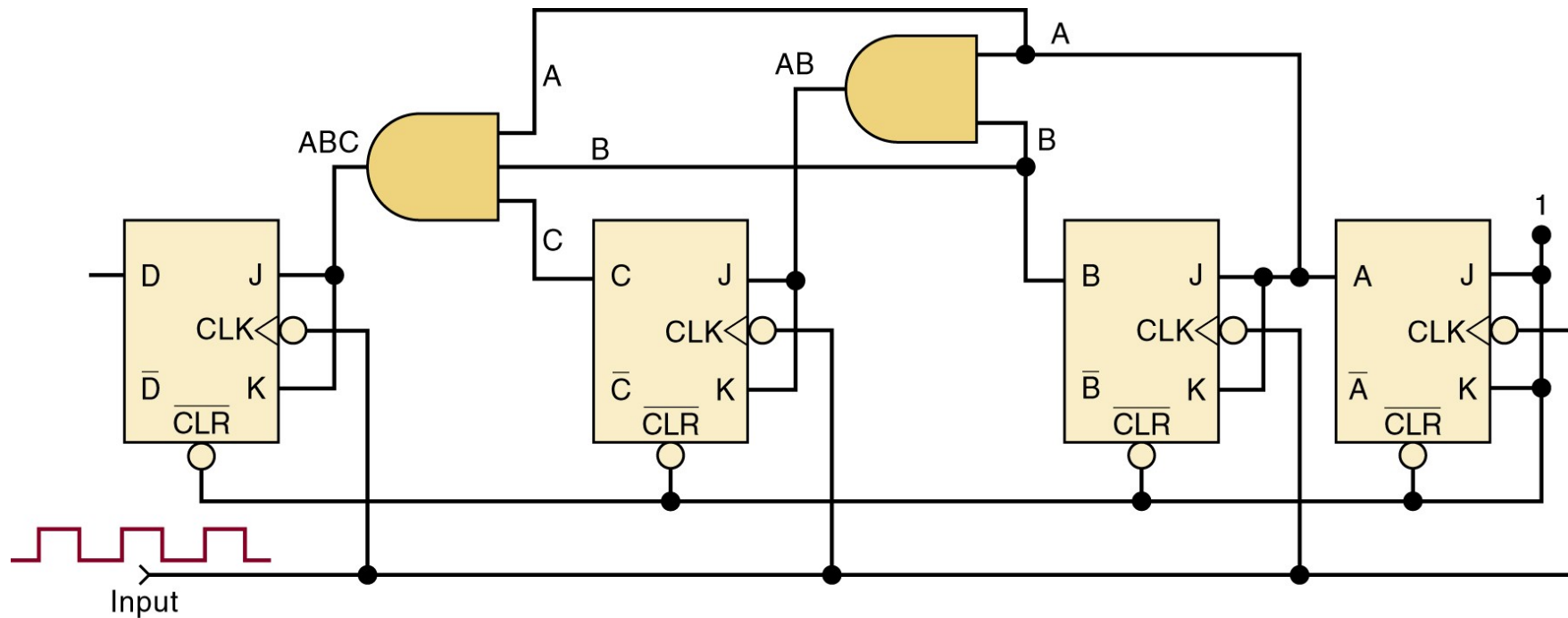


# Contador Asincrónico IV

- Los Contadores tipo “Ripple” son sencillos y necesitan pocos componentes para producir una operación dada
  - Los retardos de propagación acumulados pueden crear problemas a altas frecuencias.
- Si el período entre pulsos de entrada es más largo que el tiempo de propagación total del contador, se evita este problema
  - Para que funcione correctamente:  $T_{clock} \geq N t_{pd}$
  - Frecuencia Máxima:  $f_{max} \leq 1/(N t_{pd})$

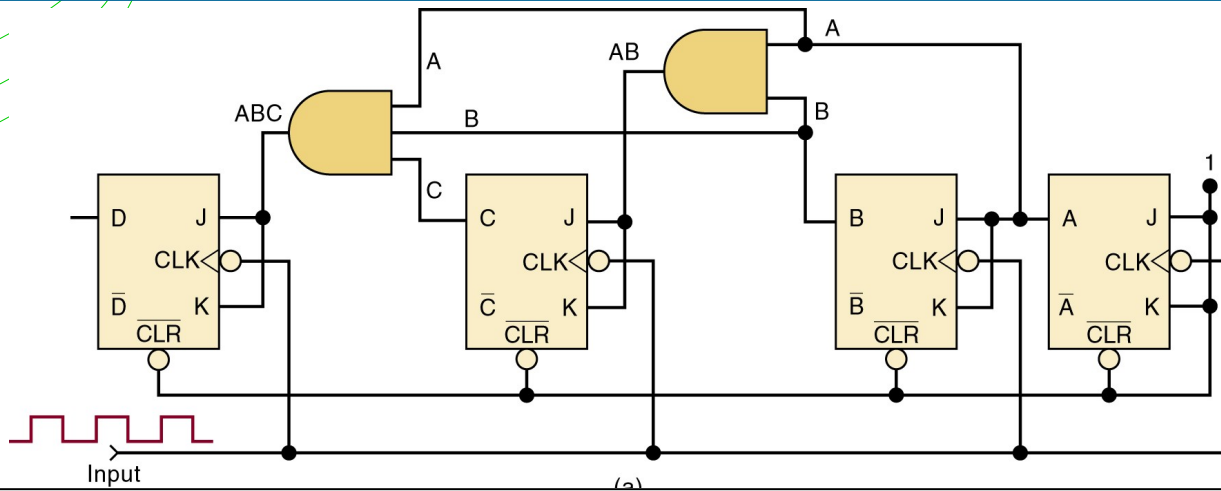
# Contadores Sincrónicos I

- En contadores **síncronos** o **paralelos**, todos los FF son disparados simultáneamente por el reloj.



Los contadores síncronos pueden operar a frecuencias mucho más altas que los asíncronos.

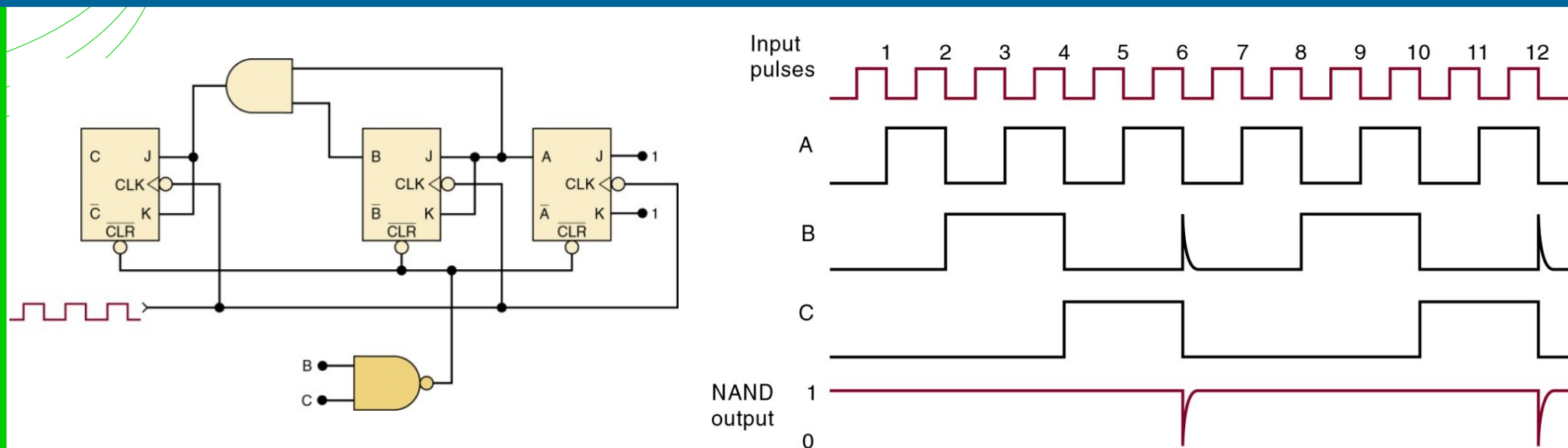
# Contadores Sincrónicos II



- Cada FF tiene entradas  $J$  &  $K$  que se establecen en ALTO sólo cuando todas las salidas de orden inferior están en ALTO.
- Para que este circuito cuente correctamente, sólo aquellos FF que se supone que deben cambiar en una transición dada de reloj, deben tener un valor ALTO aplicado a sus entradas  $J$  y  $K$
- El contador síncrono básico que se obtiene siguiendo las reglas vistas cuenta solamente MOD  $2^N$ .  $N$  es el número de FFs.

Count		D	C	B	A
0		0	0	0	0
1		0	0	0	1
2		0	0	1	0
3		0	0	1	1
4		0	1	0	0
5		0	1	0	1
6		0	1	1	0
7		0	1	1	1
8		1	0	0	0
9		1	0	0	1
10		1	0	1	0
11		1	0	1	1
12		1	1	0	0
13		1	1	0	1
14		1	1	1	0
15		1	1	1	1
0		0	0	0	0
.		.	.	.	.
.		.	.	.	.
.		.	etc.	.	.

# Contadores Sincrónicos III

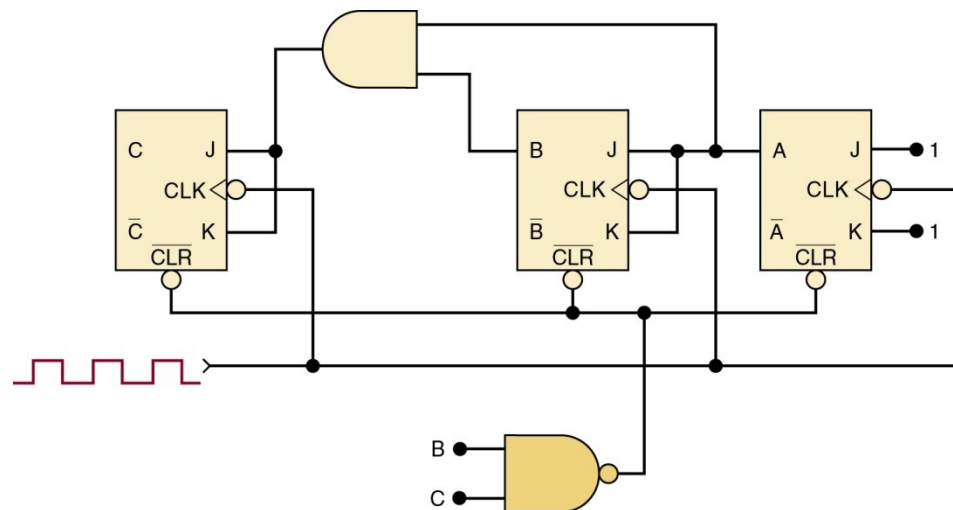


- El contador síncrono básico que se ha visto, puede modificarse para contar MOD M donde M es menor que  $2^N$ .
  - Esto se logra forzando a que el contador saltee estados, que serían normalmente parte de la secuencia de conteo.
  - En este ejemplo puede obtenerse un contador MOD-6 haciendo un clear de los FF de un contador MOD-8, cuando la cuenta llega a seis (110).



# Contadores Sincrónicos IV

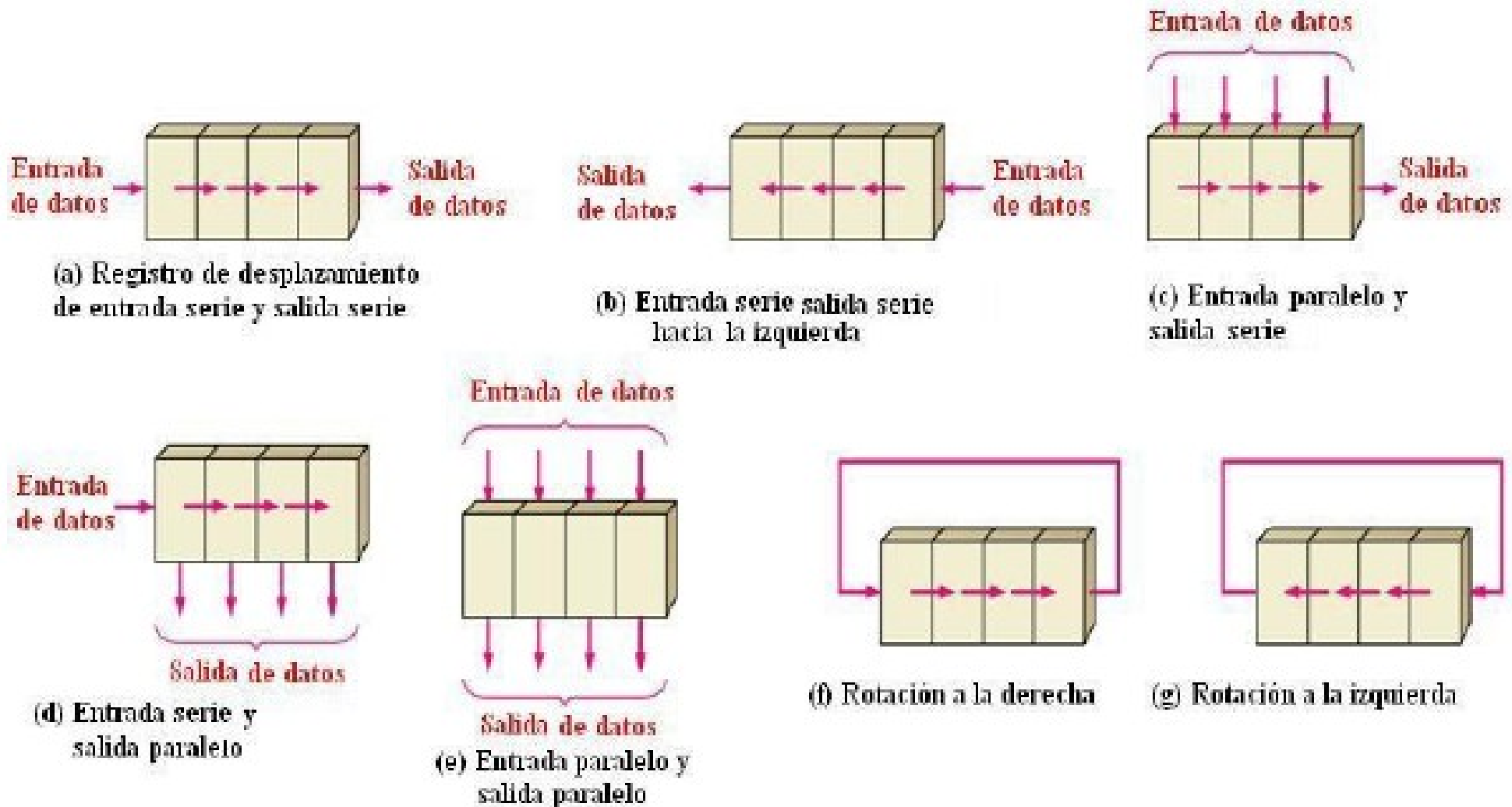
- Como cambiar el Módulo M del contador.
  - Encontrar el valor mínimo de N tal que  $2^N$  sea mayor que el valor deseado M.
  - Conectar la salida de una compuerta NAND a la entrada Clear asincrónica de todos los FF.
  - Determinar cuáles FFs están en ALTO cuando se alcance la cuenta deseada y conectar las salidas (Q) de esos FF a las entradas de la compuerta NAND.



# Registros

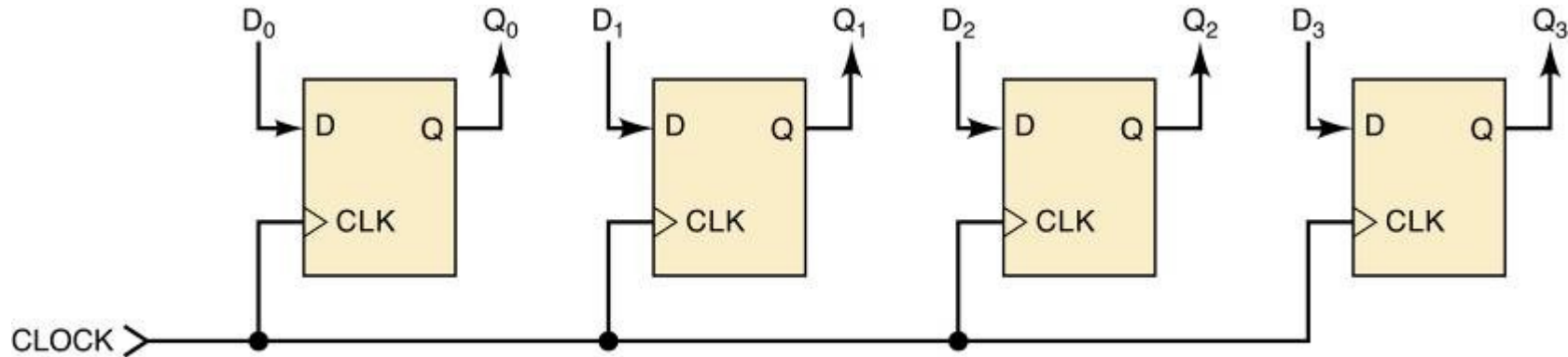
- Un registro es un circuito síncronico que permite almacenar  $N$  bits utilizando  $N$  Flip Flops,
- Los Flip Flops que componen el registro comparten todas sus señales de control:
  - Preset, Clear, Clk, etc.
- Hay distintos tipos:
  - Según el modo de entrada / salida: serie y paralelo
  - Registros de Desplazamiento: uni y bidireccionales.

# Tipos de Registros

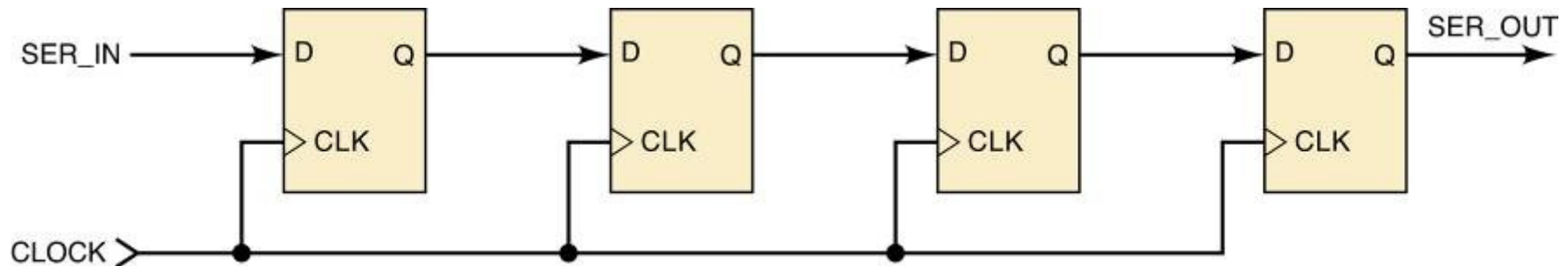


# Tipos de Registros

## Entrada Paralelo, Salida Paralelo (PIPO)

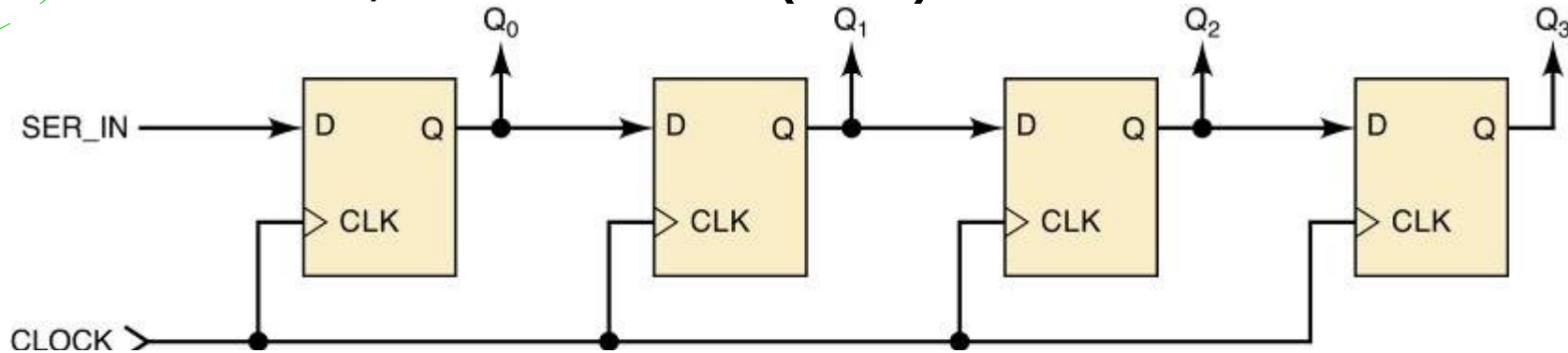


## Entrada Serie, Salida Serie (SISO)

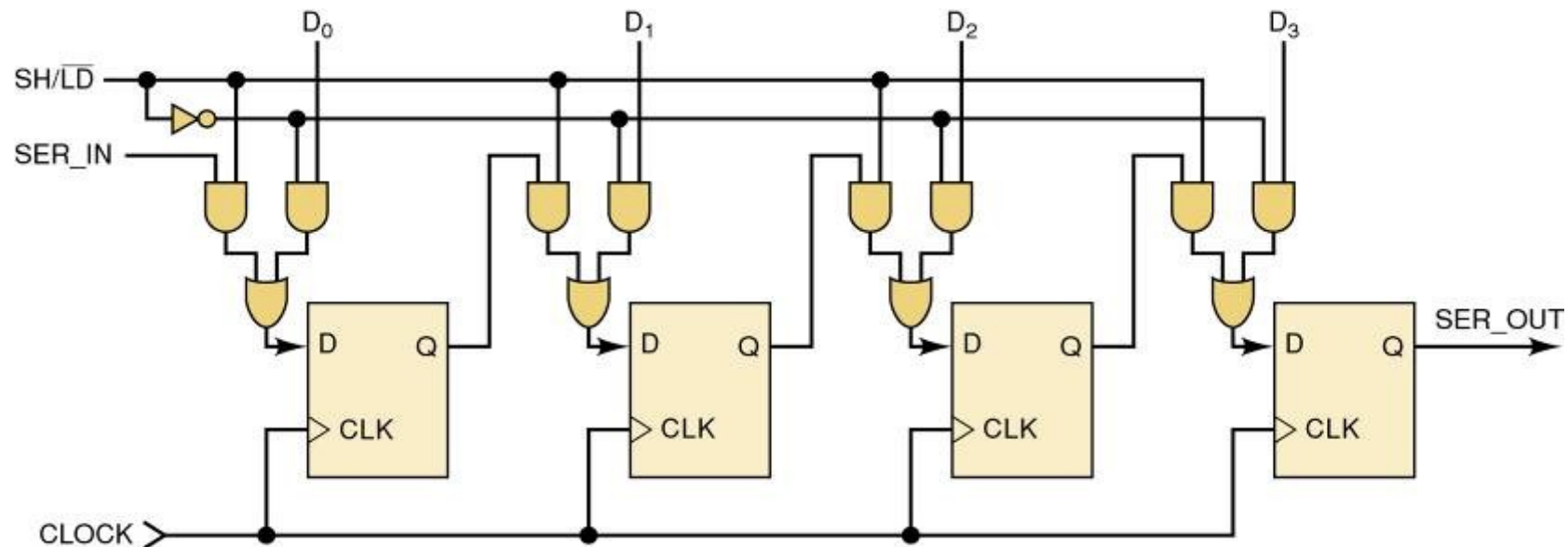


# Tipos de Registros

## Entrada Serie, Salida Paralelo (SIPO)



## Entrada Paralelo / Serie, Salida Serie (PISO)

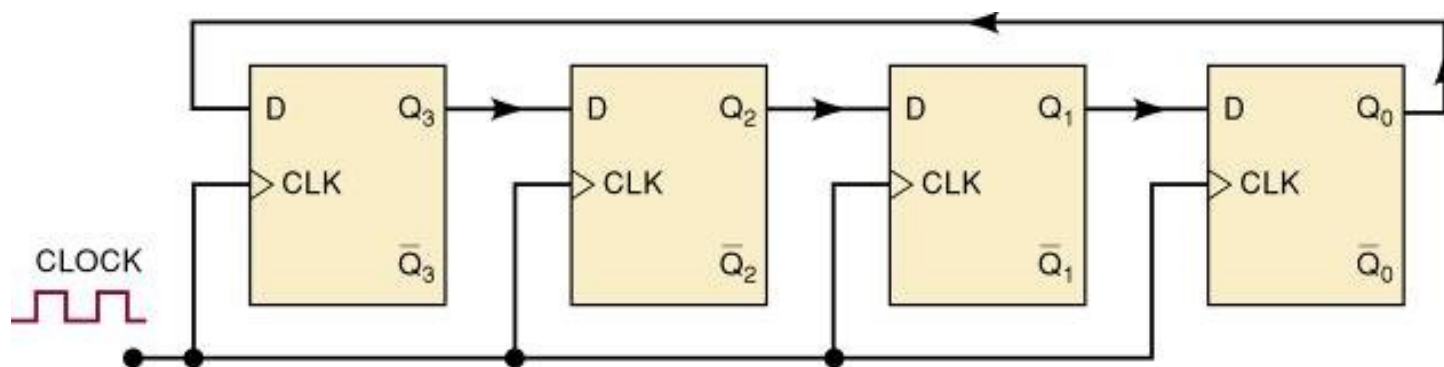


# Contadores basados en registros

- Los contadores basados en registros de desplazamiento ( Shift-Registers) usan *realimentación* o *feedback*, esto es, la salida del último FF en el registro está conectada de alguna manera, a la entrada del primer FF.

## Contador de Anillo:

- Es un registro de desplazamiento circular, conectado de manera tal que la salida del último FF se conecta directamente a la entrada del primero.
- Necesita un circuito de arranque, que inyecte un 1 en un FF al inicio

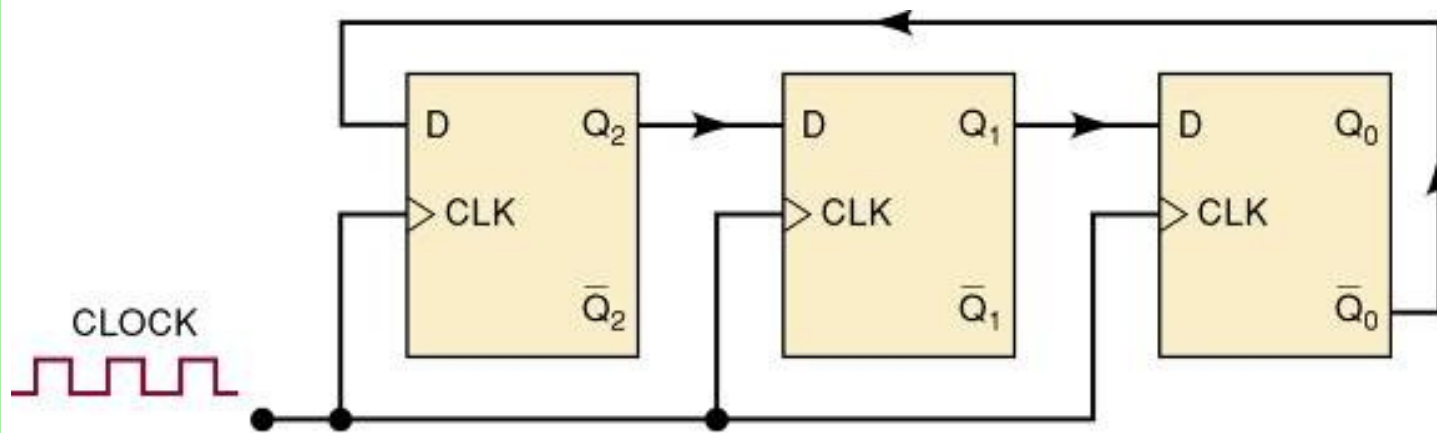


Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	CLOCK pulse
1	0	0	0	0
0	1	0	0	1
0	0	1	0	2
0	0	0	1	3
1	0	0	0	4
0	1	0	0	5
0	0	1	0	6
0	0	0	1	7
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·

# Contadores basados en registros

## Contador Johnson o contador de doble anillo:

- Es un registro de desplazamiento circular, conectado de manera tal que la salida invertida ( $\bar{Q}$ ) del último FF se conecta directamente a la entrada del primero.
- Si arranca en ciertos estados (010 o 101) se queda alternando entre estos dos valores.



Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	CLOCK pulse
0	0	0	0
1	0	0	1
1	1	0	2
1	1	1	3
0	1	1	4
0	0	1	5
0	0	0	6
1	0	0	7
1	1	0	8

# Contadores basados en registros

## Generador de secuencias

- Es un registro de desplazamiento circular, conectado de manera tal que la salida y al menos un FF intermedio, se combinen mediante una función lógica y el resultado se aplique a la entrada.
- Si cumplen ciertas condiciones, la secuencia generada se llama secuencia pseudo aleatoria. Se debe proveer un valor de inicio  $\neq 0$

