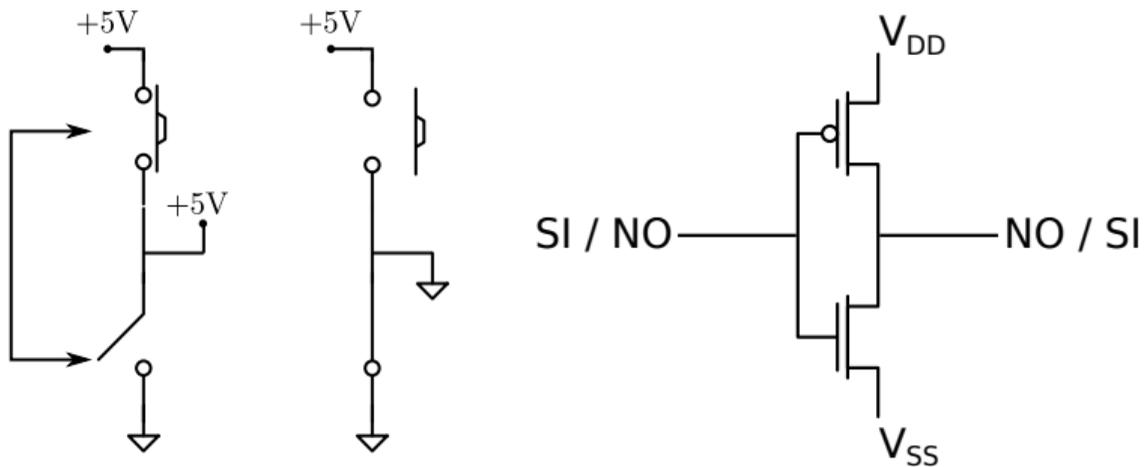


# Circuitos Digitales

Laboratorio de electrónica - 2C19

30 de Octubre de 2019



# Electrónica Digital

## Sistema digital

- ▶ Representación discreta
- ▶  $n$  dígitos binarios (bits) pueden representar  $2^n$  valores distintos
- ▶ Representación de números naturales
- ▶ Reglas de notación y aritmética
- ▶ Distintas codificaciones (BCD, bin, ASCII<sub>8</sub>)

Posicional	Polinomial	Representación
$(17)_{10}$	$1 \times 10^1 + 7 \times 10^0$	17
$(10001)_2$	$1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$	17

# Clasificación

## Combinacional

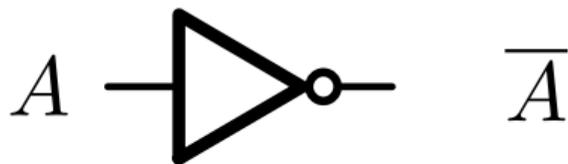
Operaciones lógicas cuyo resultado sólo depende de las variables de entrada

## Secuencial

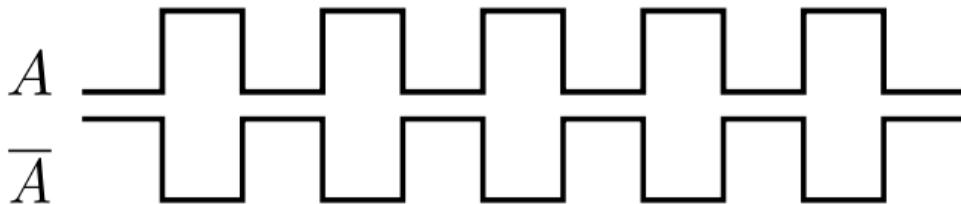
Operaciones que, a partir de realimentación y retrasos, dependen de los estados anteriores (y entradas)

- ▶ Asíncrono: los cambios se ejecutan a la velocidad de los dispositivos
- ▶ Síncrono: los cambios se ejecutan con una señal externa (reloj)

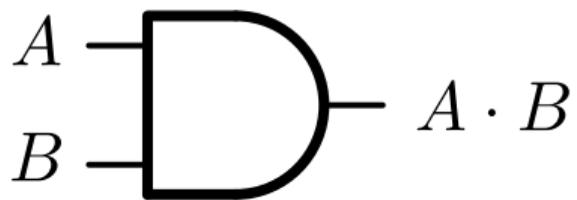
## Combinacional: Compuertas lógicas



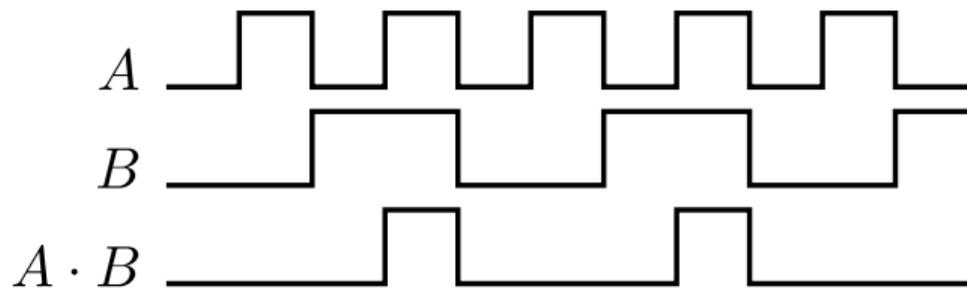
$A$	$\bar{A}$
0	1
1	0



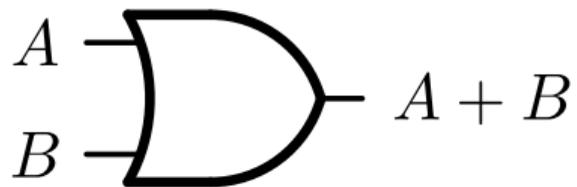
## Combinacional: Compuertas lógicas



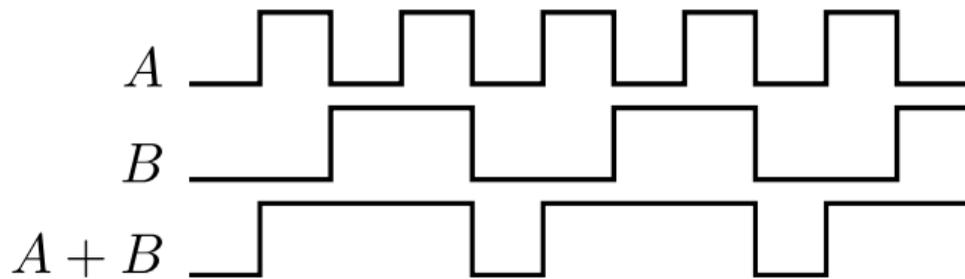
$A$	$B$	$A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



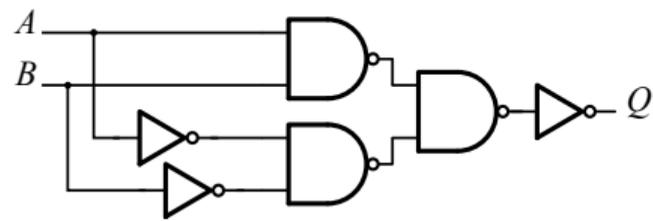
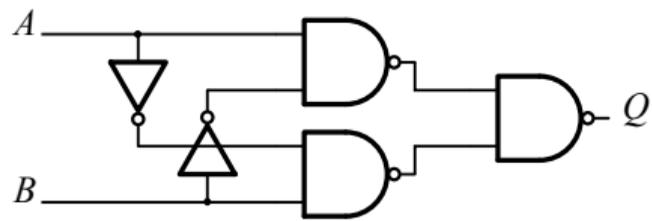
## Combinacional: Compuertas lógicas



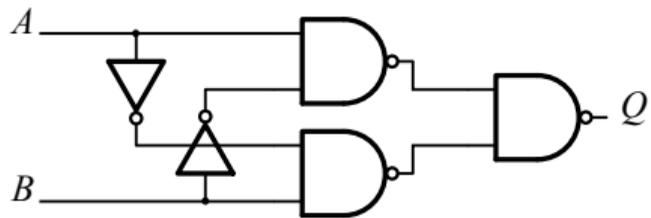
$A$	$B$	$A \cdot B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



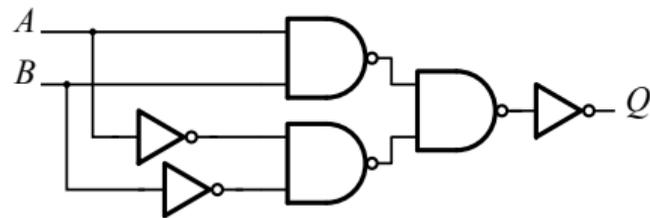
## Combinacional: Equivalencias



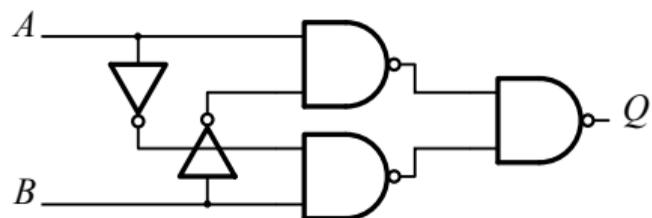
# Combinacional: Equivalencias



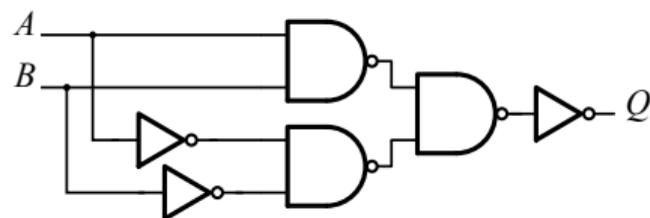
$A$	$B$	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



## Combinacional: Equivalencias



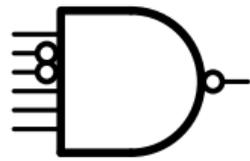
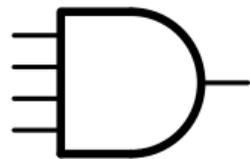
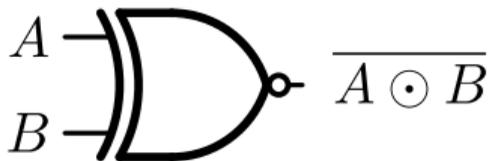
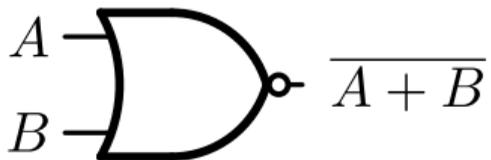
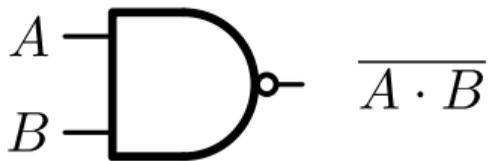
A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



## Leyes de De Morgan

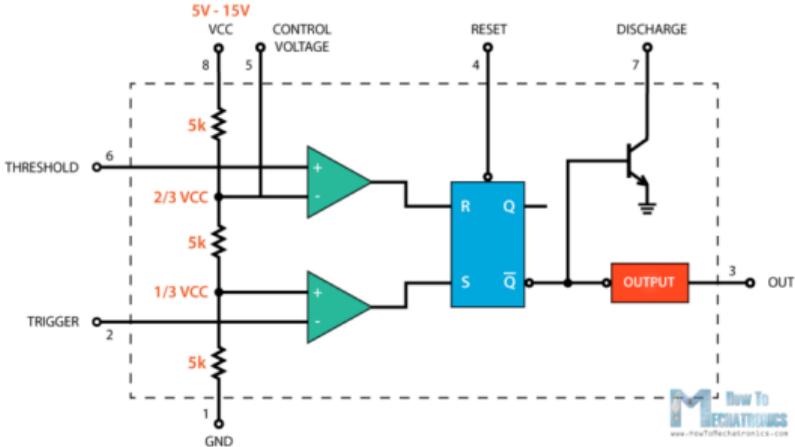
- ▶  $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$
- ▶  $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

## Combinacional: Más compuertas

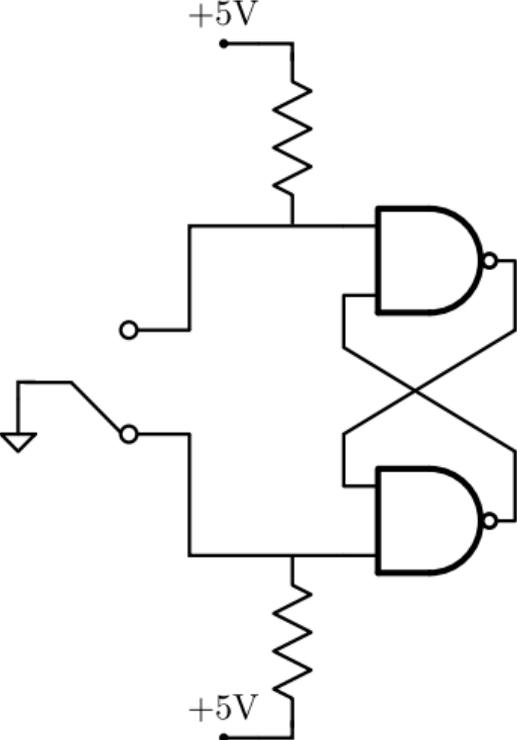


# Secuencial: Asíncrono

Ver FF del 555

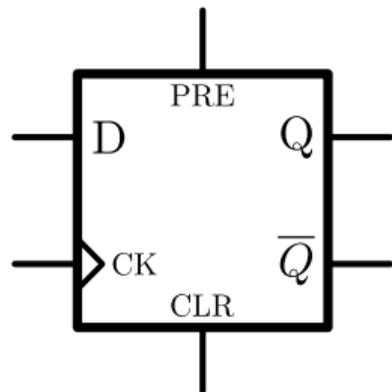


# Llave anti-rebote



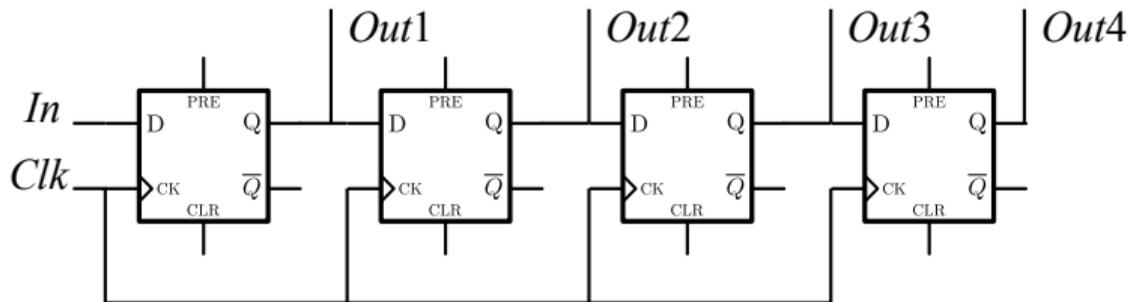
# Secuencial: Sincrónico

## Latch / FF



INPUTS				OUTPUTS	
$\overline{PRE}$	$\overline{CLR}$	CLK	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H <sup>†</sup>	H <sup>†</sup>
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q <sub>0</sub>	$\bar{Q}$ <sub>0</sub>

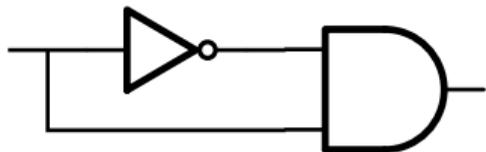
## Shift Register



- ▶ Línea de retardo
- ▶ Conversor Paralelo-Serie
- ▶ Detector de patrones
- ▶ Contadores
- ▶ LFSR - Generador de números random

## Combinacional: Detector de flancos

Ascendente

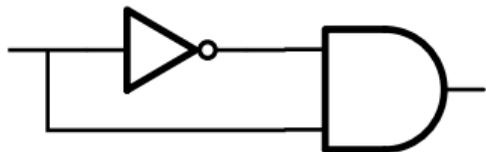


Descendiente

?

# Combinacional: Detector de flancos

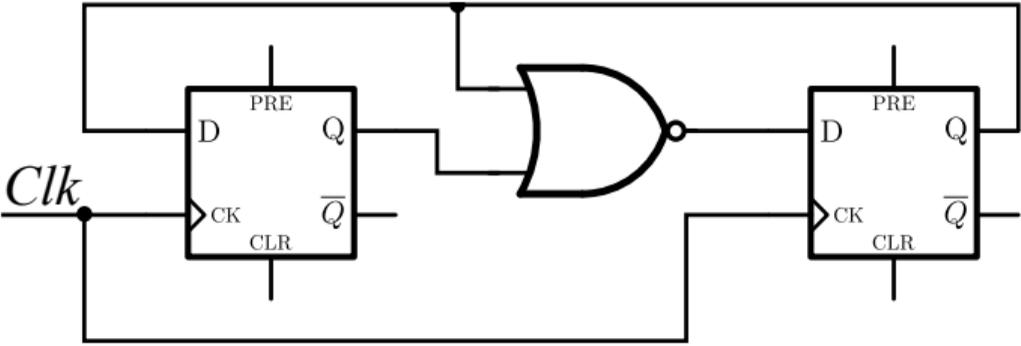
Ascendente



Descendente

?

# Secuencial: Divisores de frecuencia



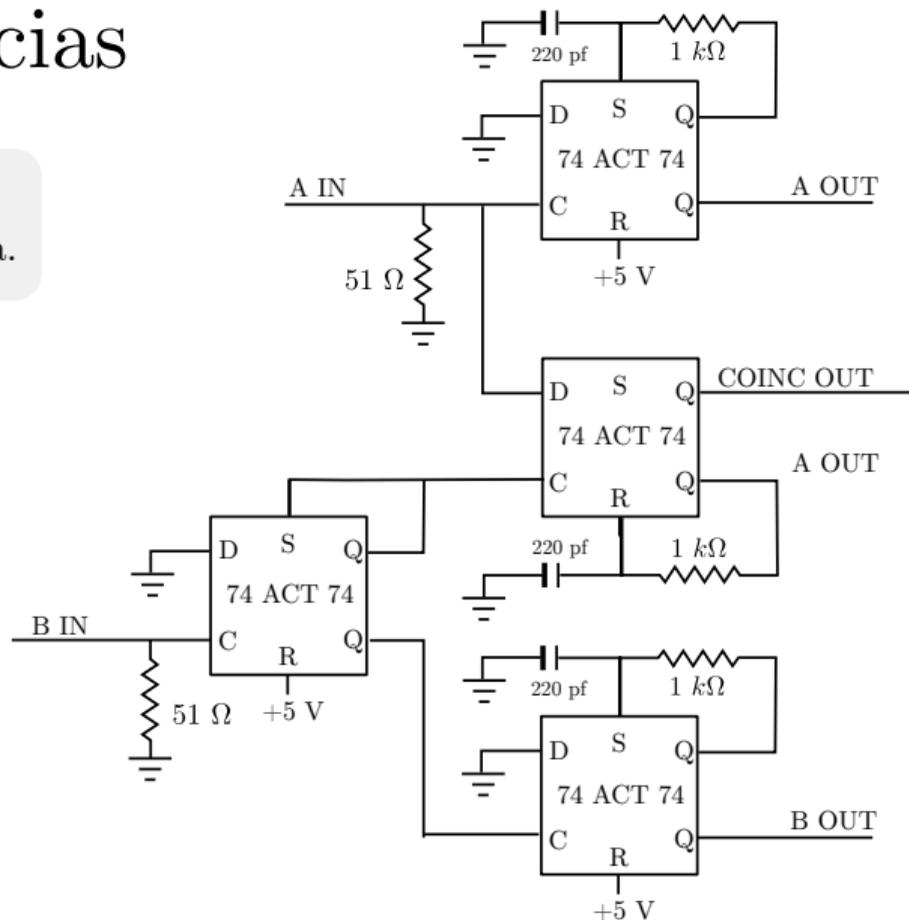
$Q_1$	$Q_2$	$Clk$
		0
		1
		0
		1
		0
		1
		0
		1

# Detector de Coincidencias

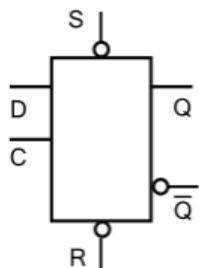
Genera una señal a la salida cuando ocurren "simultáneamente" dos eventos a la entrada.

**Evento:** flanco ascendente o estado HIGH en las entradas.

**Simultáneamente:** Eventos que ocurren dentro de alguna ventana temporal.

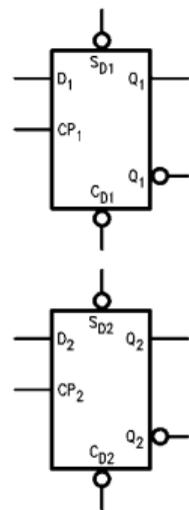
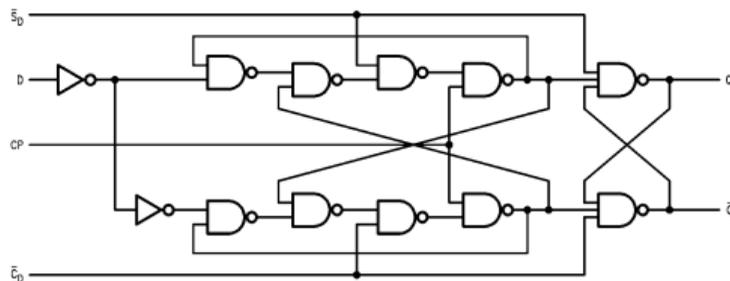


# 74-XX-74 (Flip-Flip tipo D)



S: Set  
 R: Reset  
 C: Clock  
 D: data  
 Q y  $\bar{Q}$ : salidas

Logic Diagram



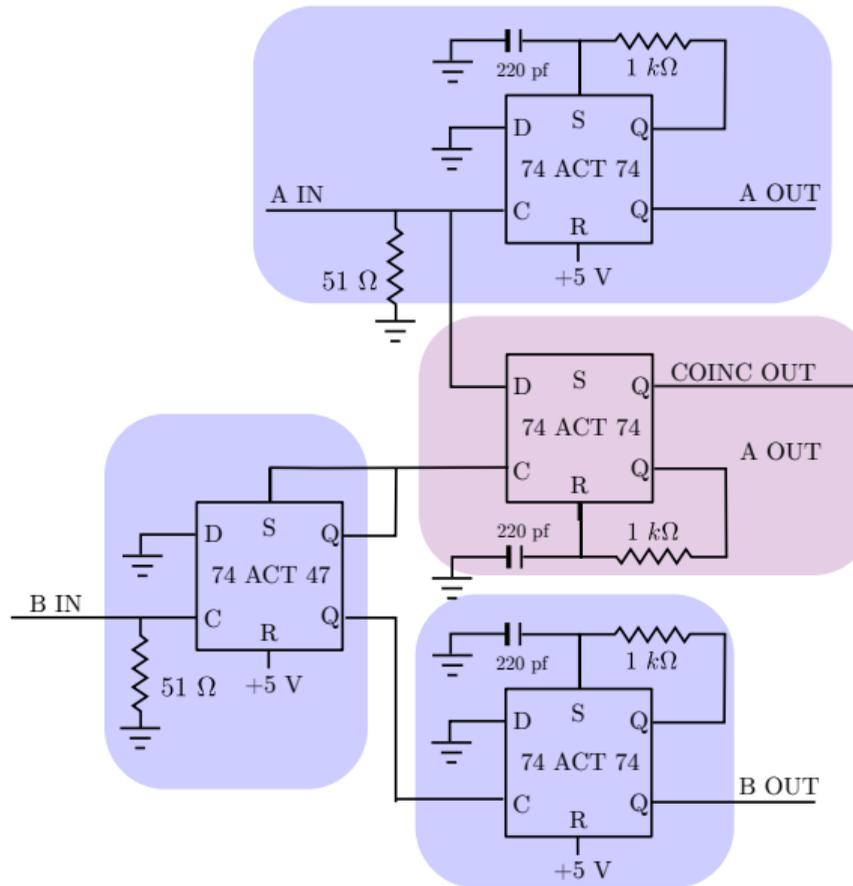
Inputs				Outputs	
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H	↗	H	H	L
H	H	↗	L	L	H
H	H	L	X	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

Pone un estado a la salida independiente de C y D

Copia en la salida D cuando ocurre un flanco a asc. en C

Mantiene el estado previo

# Detector de Coincidencias



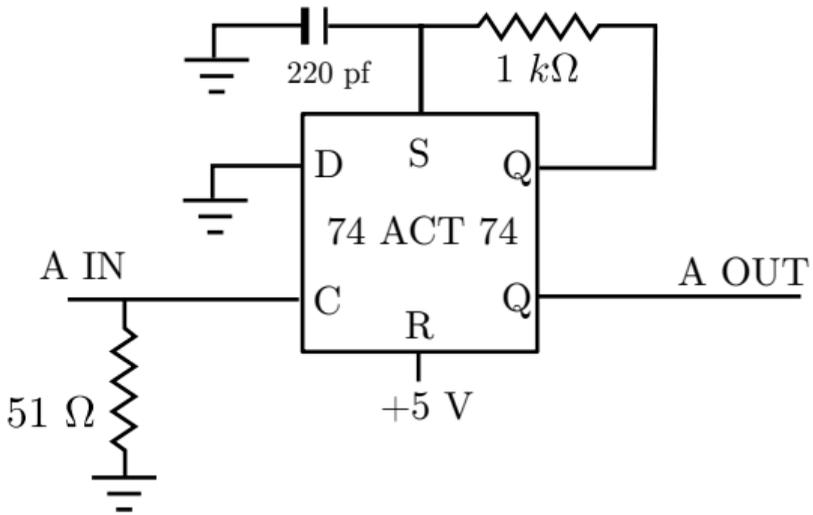
## Monoestables

Generan un pulso de duración proporcional a RC cuando hay un flanco ascendente en C

## Coincidencias

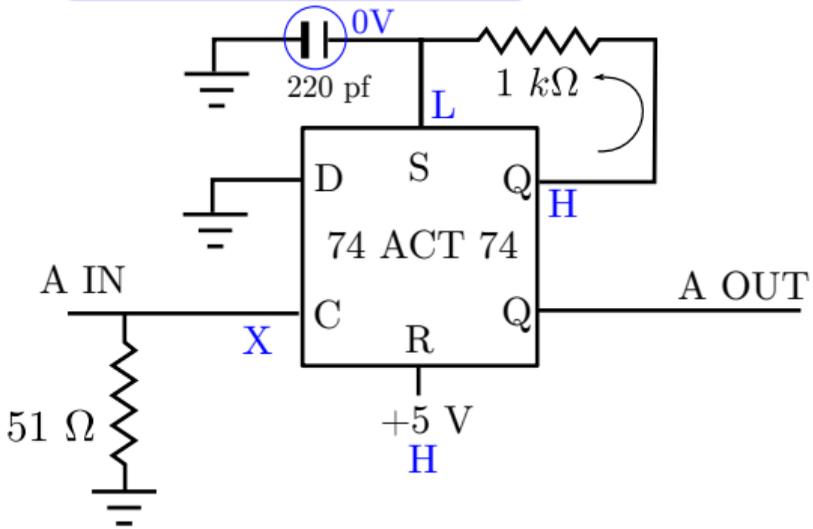
Generan un pulso de duración proporcional a RC cuando hay una Coincidencia entre A IN y B IN

# Monoestables



Inputs				Outputs	
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H	$\surd$	H	H	L
H	H	$\surd$	L	L	H
H	H	L	X	Q <sub>0</sub>	$\bar{Q}_0$

# Monoestables



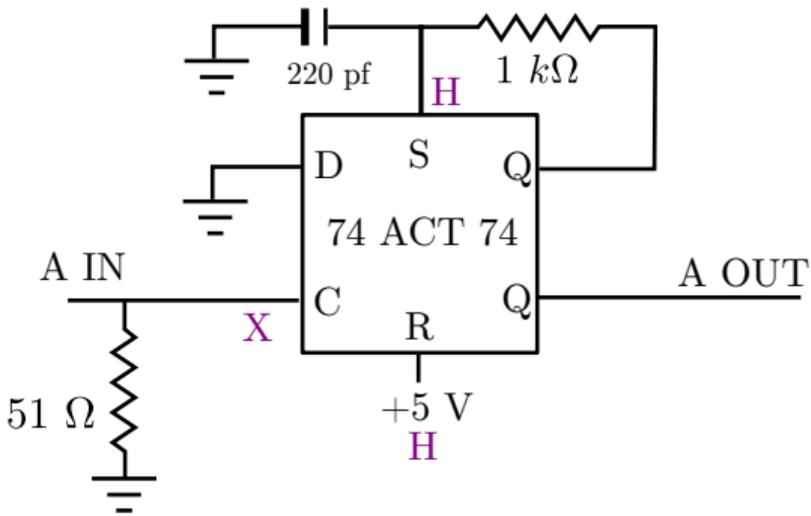
$t=0$

S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	L	H	L

Se empieza a cargar el Capacitor

Inputs				Outputs	
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H	$\sim$	H	H	L
H	H	$\sim$	L	L	H
H	H	L	X	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

# Monoestables



Inputs				Outputs	
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H	$\surd$	H	H	L
H	H	$\surd$	L	L	H
H	H	L	X	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

$t=0$

S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	L	H	L

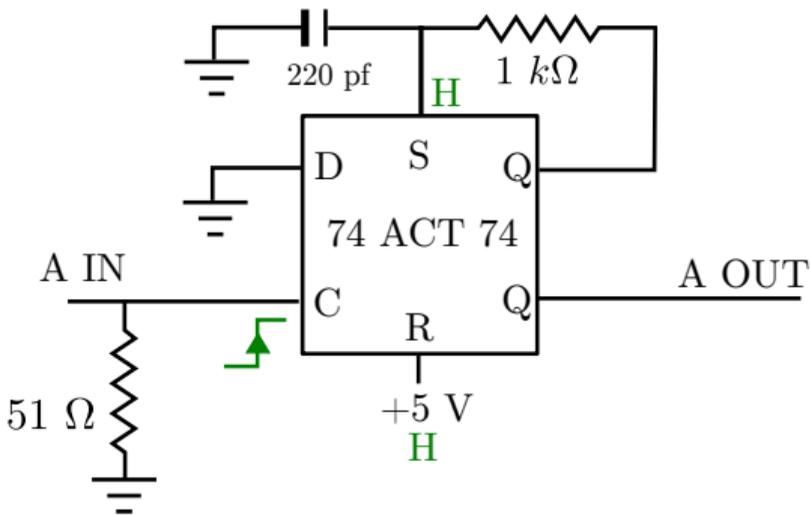
Se empieza a cargar el Capacitor

$t=RC$

S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
H	H	L	L	$Q_0(H)$	$\bar{Q}_0(L)$

Mantiene el estado a la salida y está listo para recibir un evento a la entrada.

# Monoestables



Inputs				Outputs	
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H	↗	H	H	L
H	H	↘	L	L	H
H	H	L	X	Q <sub>0</sub>	$\bar{Q}_0$



$t=0$

S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	L	H	L

Se empieza a cargar el Capacitor

$t=RC$

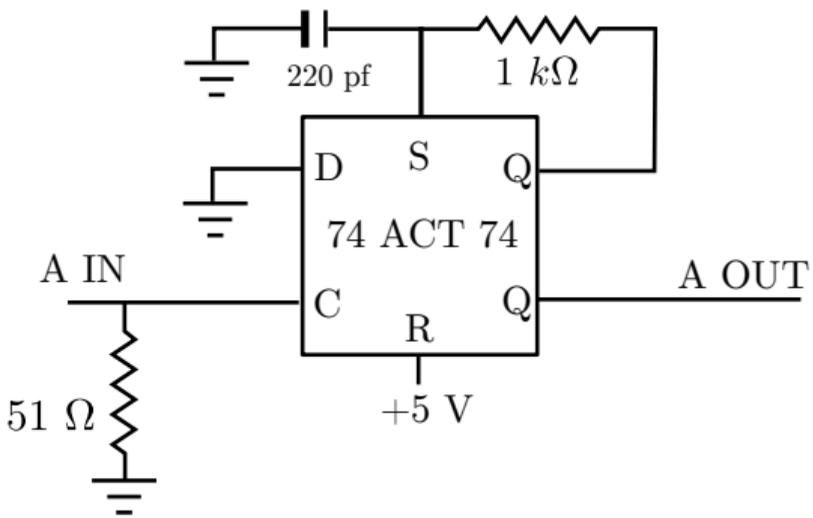
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
H	H	L	L	Q <sub>0</sub> (H)	$\bar{Q}_0$ (L)

Mantiene el estado a la salida y está listo para recibir un evento a la entrada.

$t= t_e$

S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
H	H	↗	L	L	H

# Monoestables



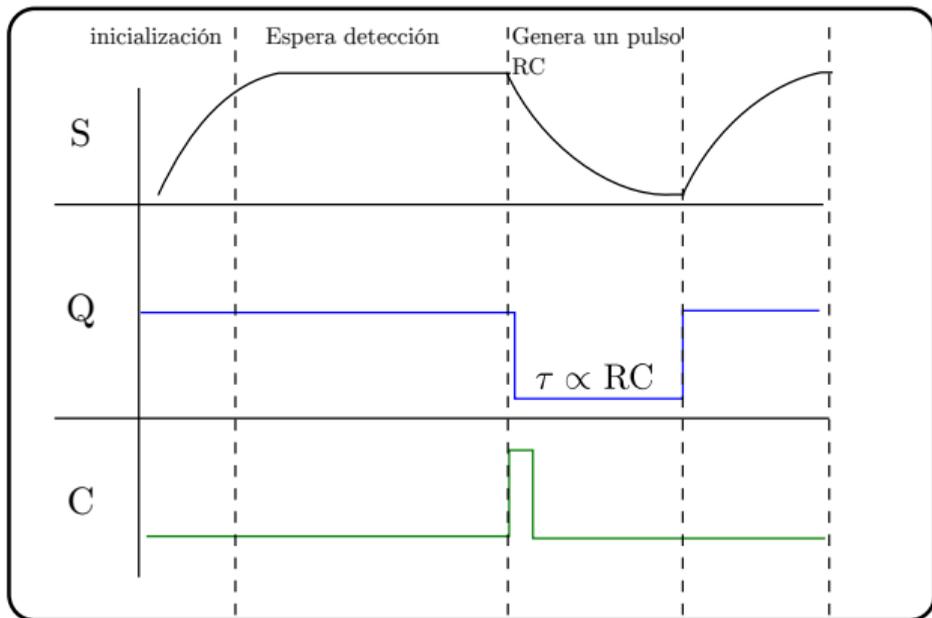
Inputs				Outputs	
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H
H	H	↗	H	H	L
H	H	↘	L	L	H
H	H	L	X	Q <sub>0</sub>	$\bar{Q}_0$

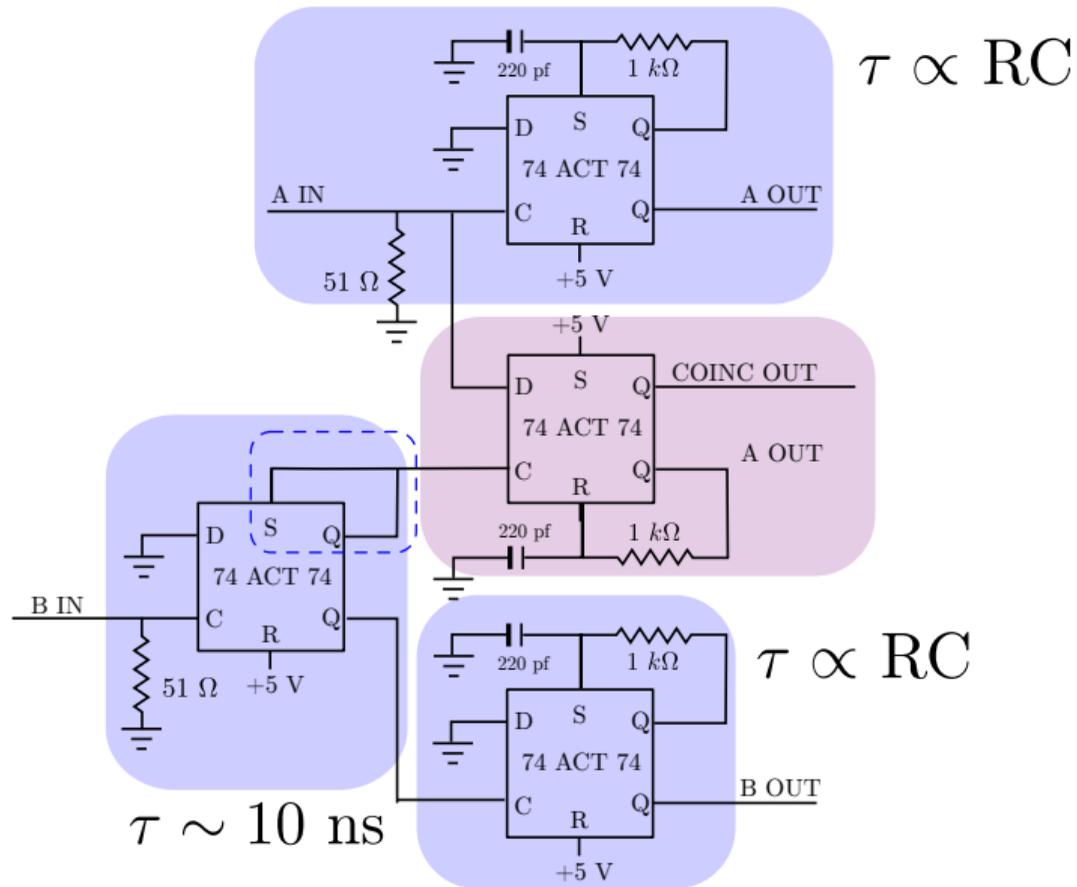
$$t = t_e + RC$$

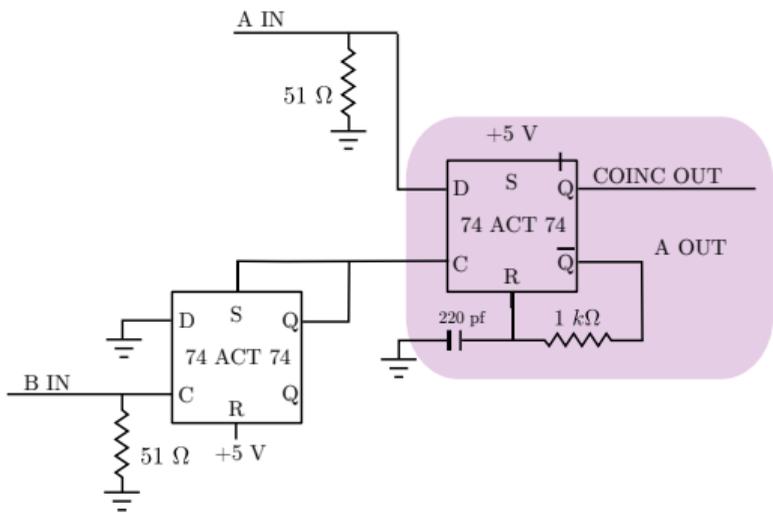
S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$
---	---	---	---	---	-----------

L	H	X	L	H	L
---	---	---	---	---	---

Termina el evento

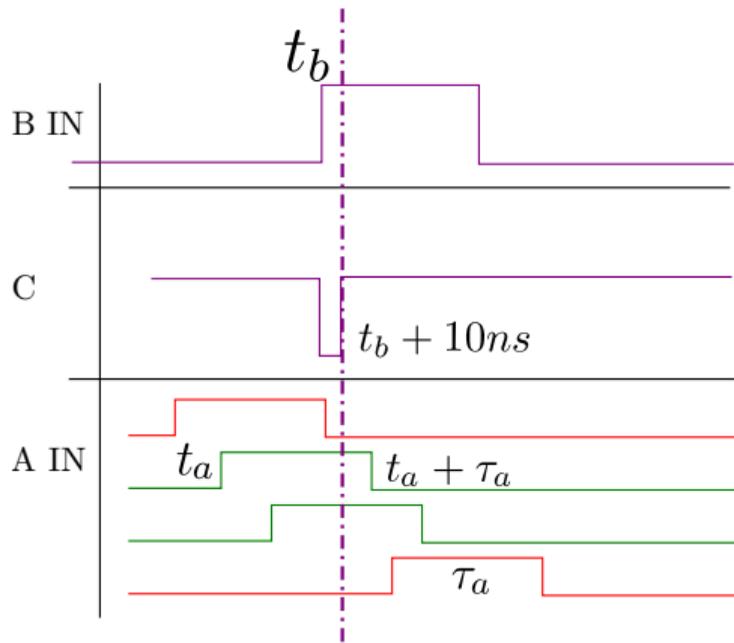






- $t=0$ : inicialización
- $t=RC$ : Espera eventos en Clock
- $t_e$ : Copia estado de D a Q
  - Si D=L, No cambia
  - Si D=H, genera un pulso de largo RC en Q
- $t_e + RC$  = Listo para detectar otra coincidencia

		Inputs				Outputs		
		S	R	C	D	Q	$\bar{Q}$	
inicialización		L	H	X	X	H	L	$t=0$
		H	L	X	X	L	H	
Busca coincidencias		L	L	X	X	H	H	$t_e$
		H	H	↗	H	H	L	
		H	H	↗	L	L	H	
Espera det.		H	H	L	X	$Q_0$	$\bar{Q}_0$	$t=RC$ $t_e + 2RC$



- $t=0$ : inicialización
- $t=RC$ : Espera eventos en Clock
- $t_e$ : Copia estado de D a Q
  - Si  $D=L$ , No cambia
  - Si  $D=H$ , genera un pulso de largo RC en Q
- $t_e + RC$  = Listo para detectar otra coincidencia

Hay una coincidencia si en el flanco ascendente de C, el estado de D es H.

$$t_a \leq t_b + 10ns \leq t_a + \tau_a$$

¿Cómo se puede agrandar o achicar la ventana de coincidencia?

¿Cuál es el tiempo mínimo entre coincidencias?