

EQUIPOS MICROPROGRAMABLES

15. CIRCUITOS COMPLEMENTARIOS

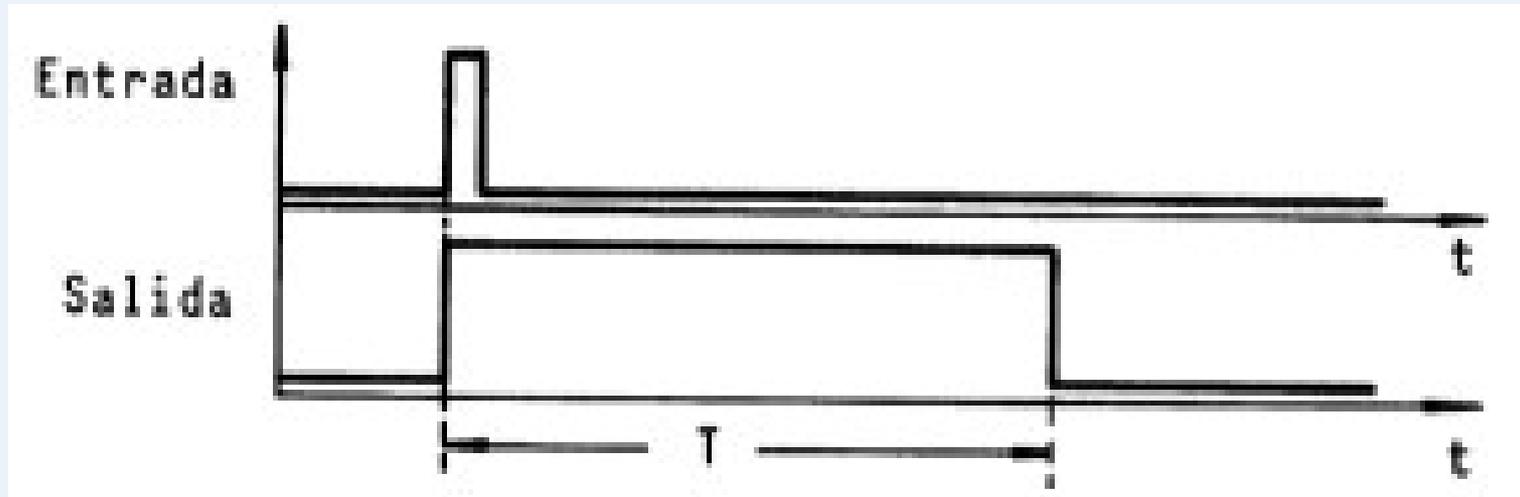
INTRODUCCIÓN

- Con la denominación de circuitos complementarios vamos a estudiar una serie de elementos que son necesarios para el buen funcionamiento de muchos o de la mayoría de los sistemas secuenciales.
- Hablaremos de circuitos temporizadores, relojes o generadores de onda cuadrada, eliminadores de rebotes y generadores de secuencia.
- Lo fundamental es saber cuándo son necesarios y dónde aplicarlos.

MONOESTABLES

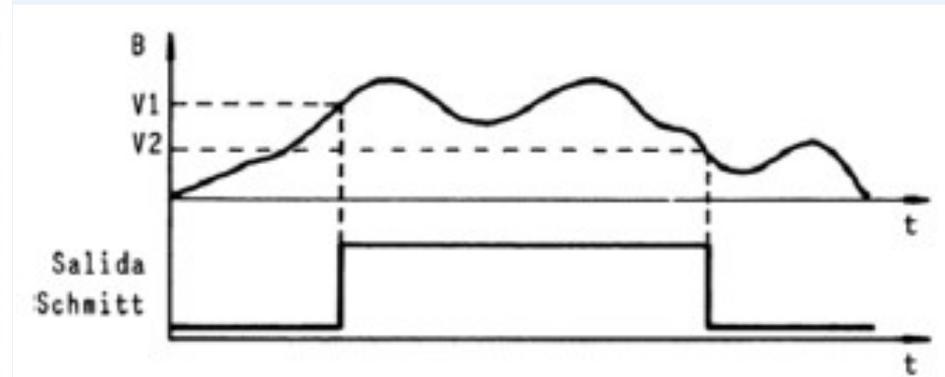
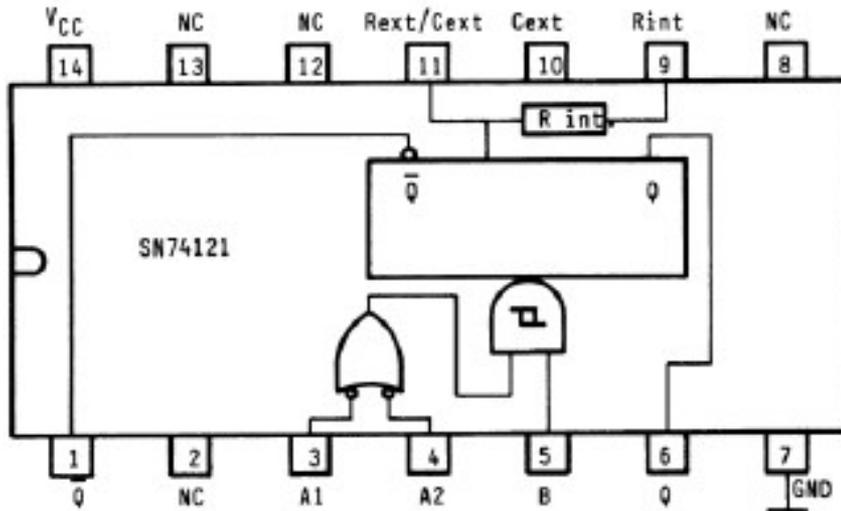
- En algunas ocasiones hemos necesitado de un retardo de corta duración para compensar el ocasionado por una realimentación. Esto se soluciona con una puerta “delay”.
- Cuando los retardos, como en el caso del control de motores, son mayores, se puede recurrir a circuitos monoestables.
- Los monoestables son circuitos con un solo estado estable. El segundo estado que tienen es inestable. Pasan al estado inestable mediante una señal externa y permanecen en él durante el tiempo, transcurrido el cual vuelven al estado estable.

MONOESTABLES



- Hay una gran variedad de circuitos monoestables, en función de su nivel de temporización y de su señal de disparo.
- La estructura interna difiere poco de unos a otros.

74121

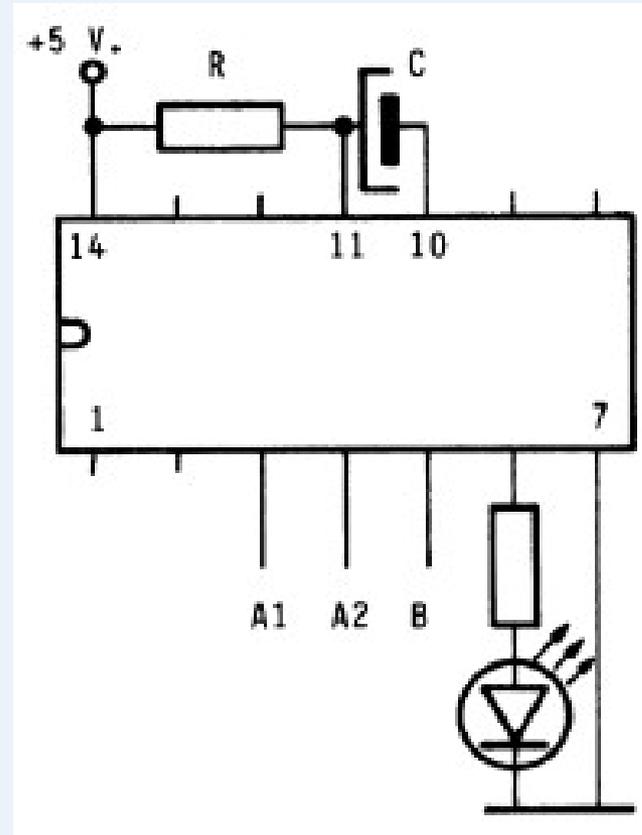


- La puerta Y con el símbolo Schmith funciona como una puerta normal, pero con una notable inmunidad al ruido. Una vez que cambia de valor, no vuelve a cambiar aunque en la entrada haya variaciones de 1,2 voltios.

$$t = C.R.\ln 2 \approx 0,7.C.R$$

74121

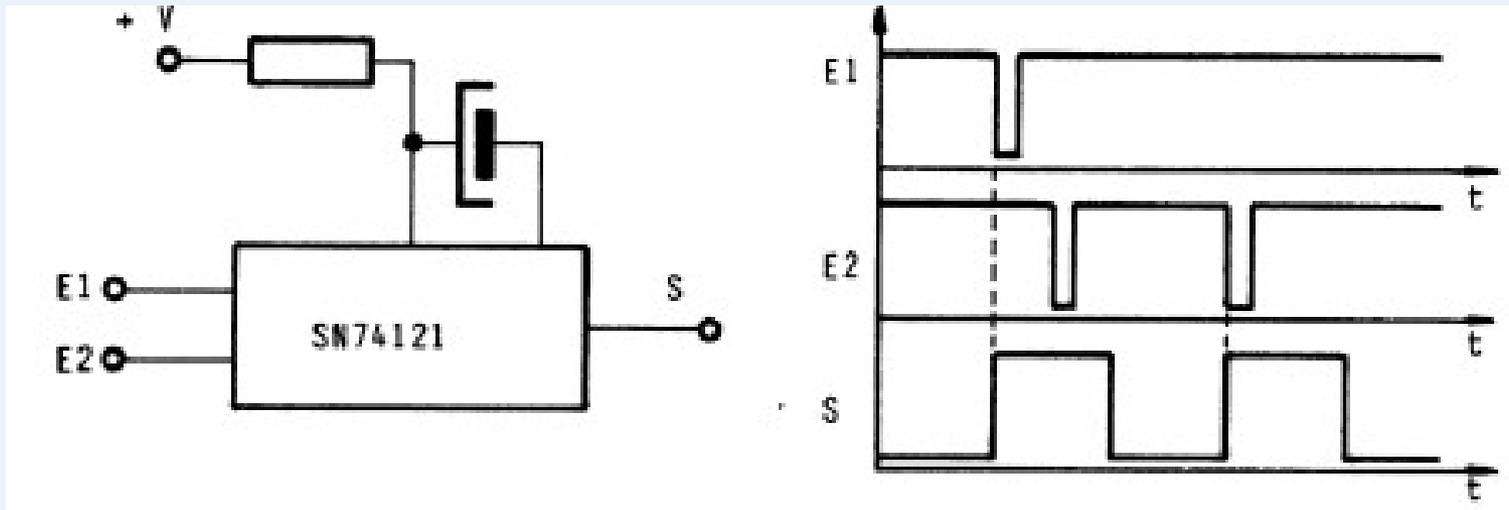
A1	A2	B	Q	\bar{Q}
0	X	1	0	1
X	0	1	0	1
X	X	0	0	1
1	1	X	0	1
1	↓	1		
↓	1	1		
↓	↓	1		
↓	X	↑		
0	0	↑		



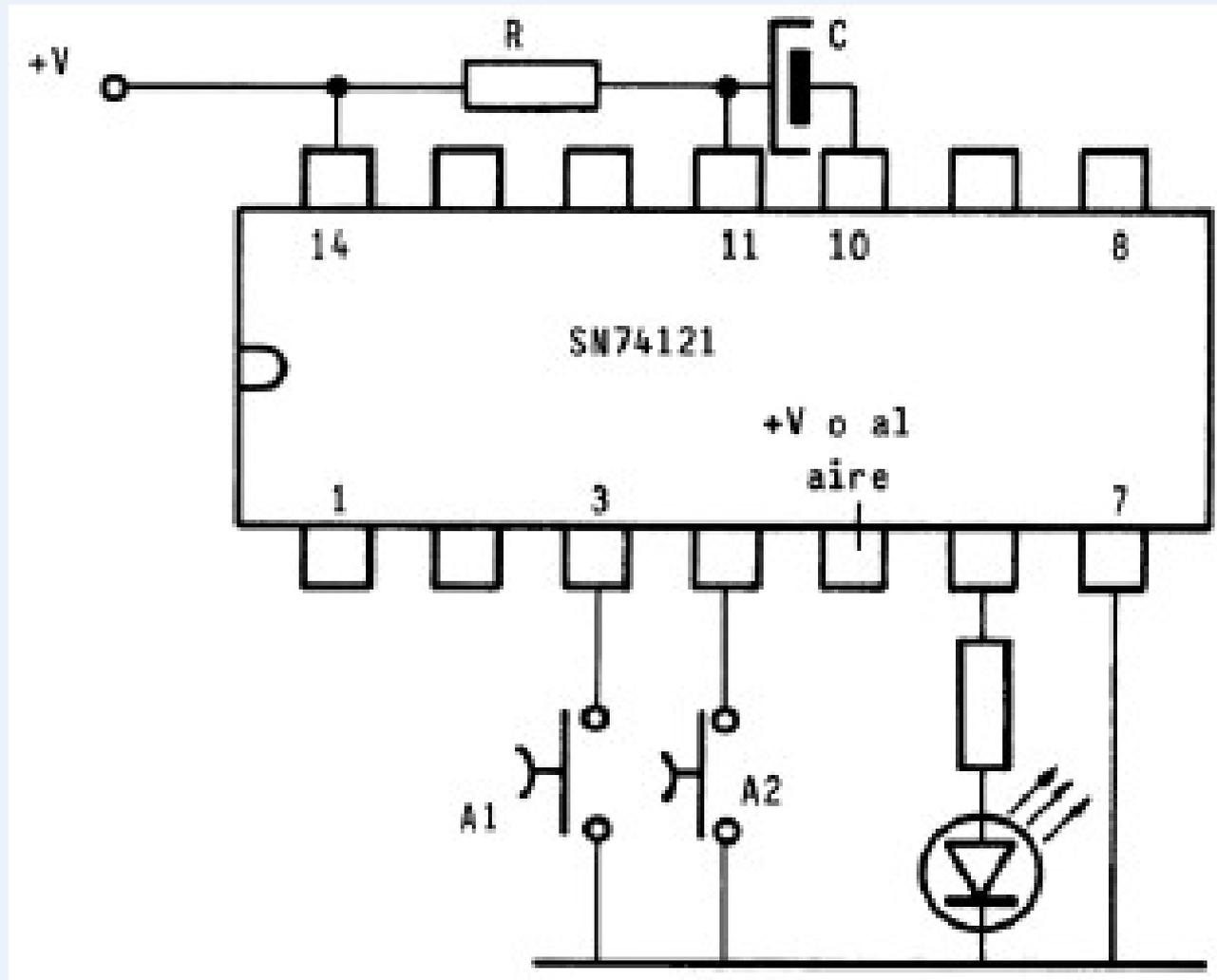
- Para realizar una nueva temporización, debe terminar primero la temporización en curso.

74121

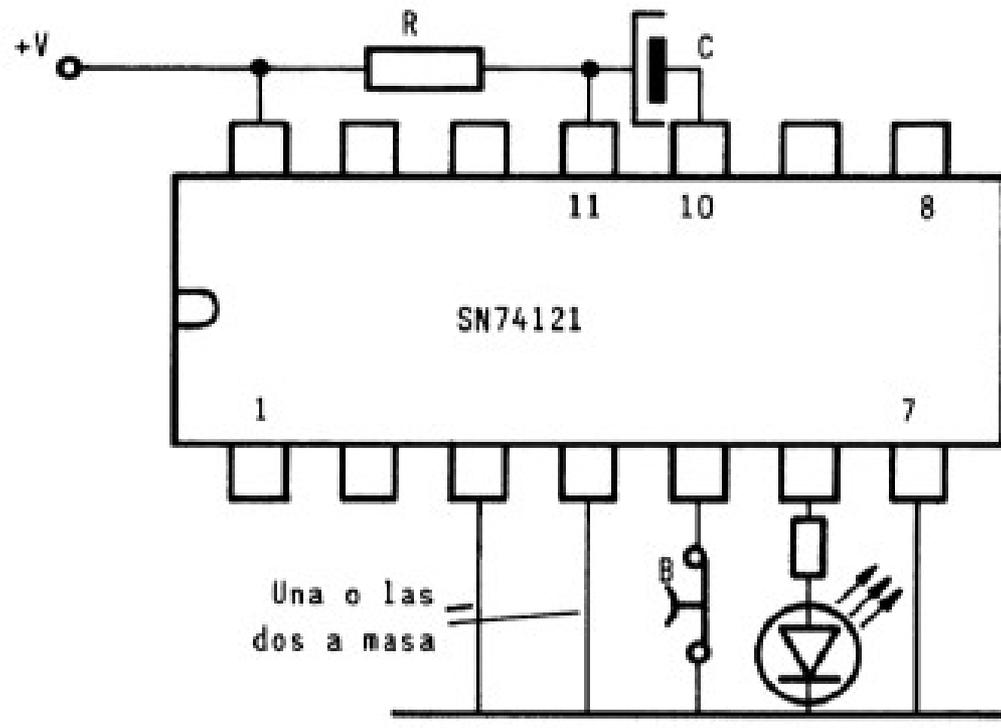
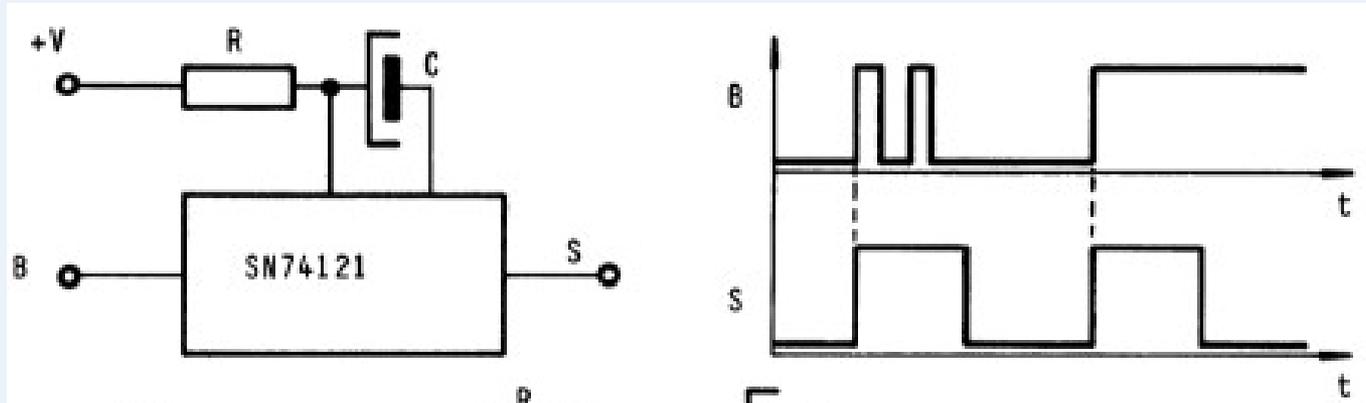
- Para tiempos pequeños se puede usar la resistencia interna R_{int} : Quitar R y unir la patilla 9 al positivo de V_{cc} .
- R puede variar entre 1'4 y 40 K Ω y el condensador entre 10 pF y 1000 μ F. Si se ponen resistencias mayores la fórmula no funciona.



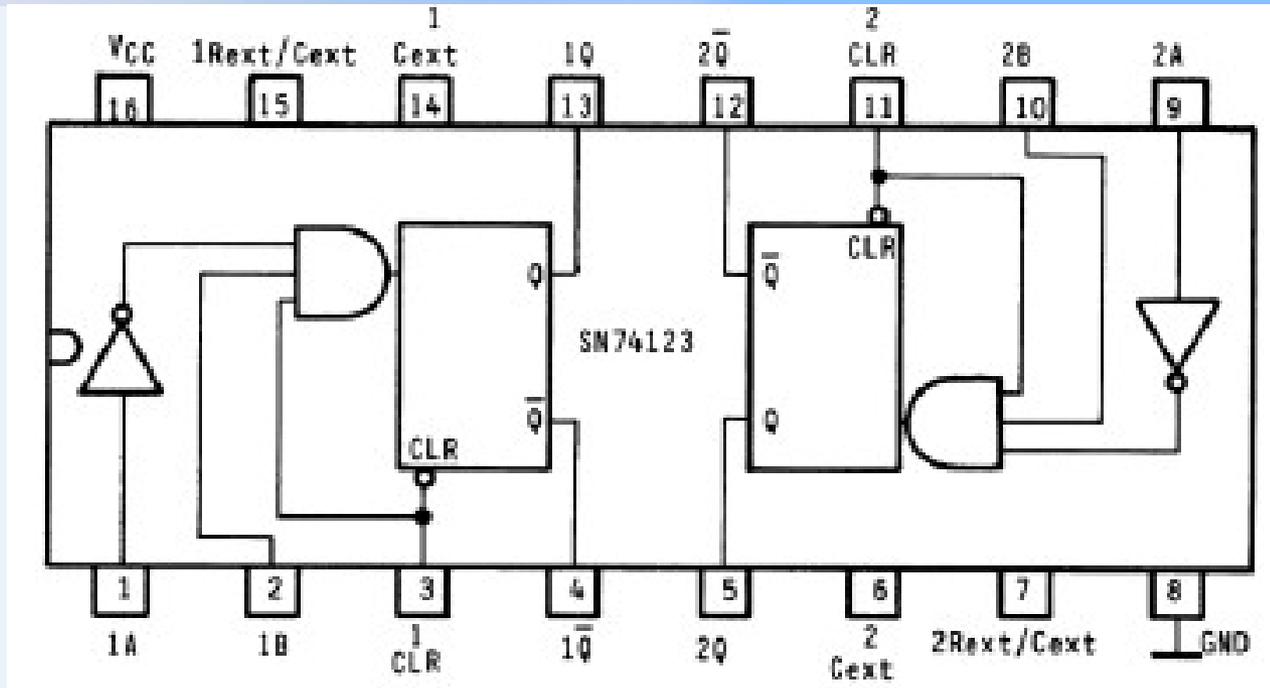
74121



74121

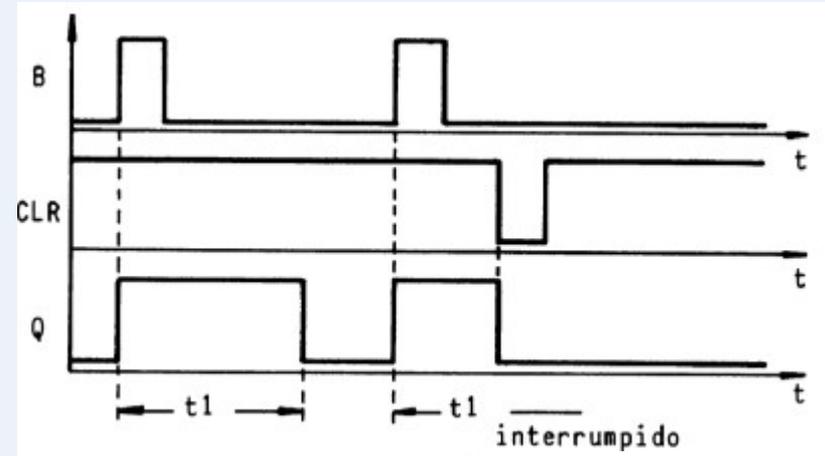
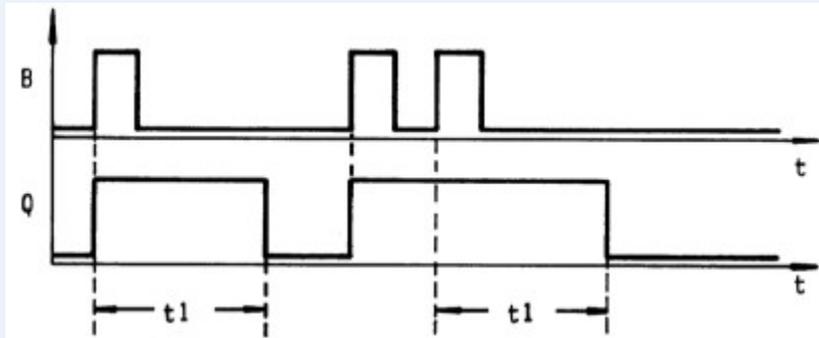


74123

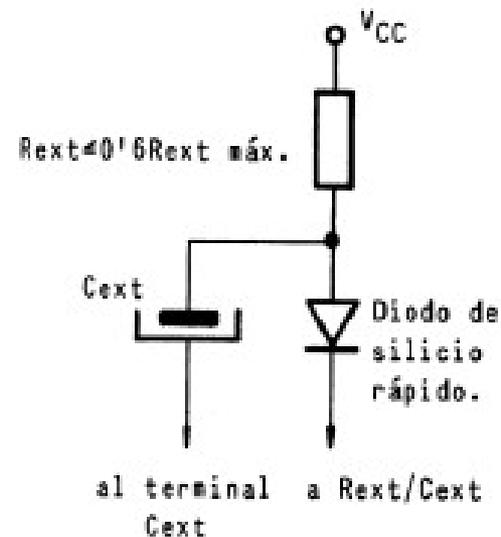


- CLR significa borrado. Interrumpe la temporización.
- Actúa por flancos, A de bajada y B de subida.
- Es redispensible. Se puede alargar la temporización, si se da una nueva orden en la entrada antes de terminar la primera.

74123



CLR	A	B	Q	\bar{Q}
0	X	X	0	1
X	1	X	0	1
X	X	0	0	1
1	0	↑		
1	↓	1		
↑	0	1		

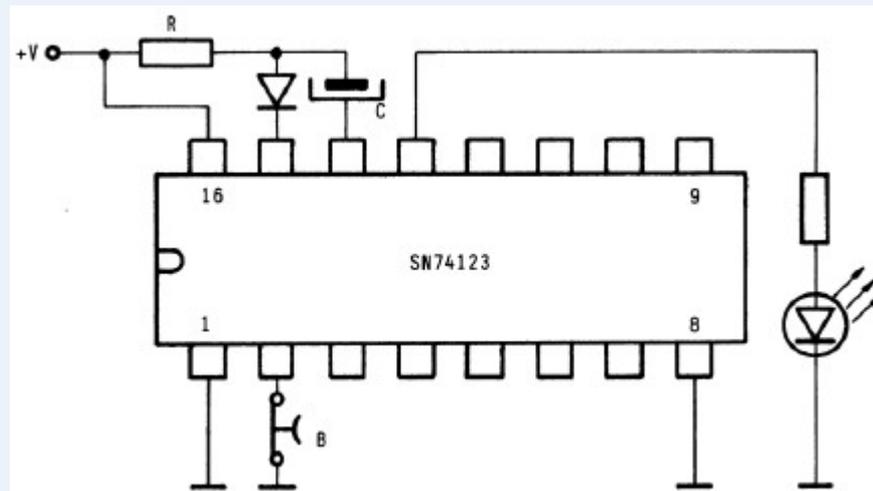
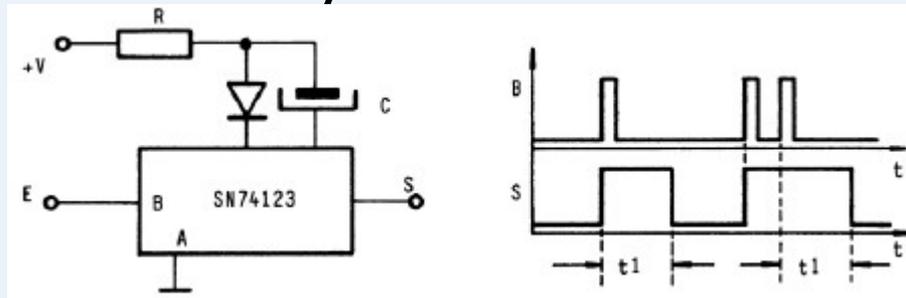


- El diodo es necesario si se usa condensador electrolítico o la patilla de borrado.

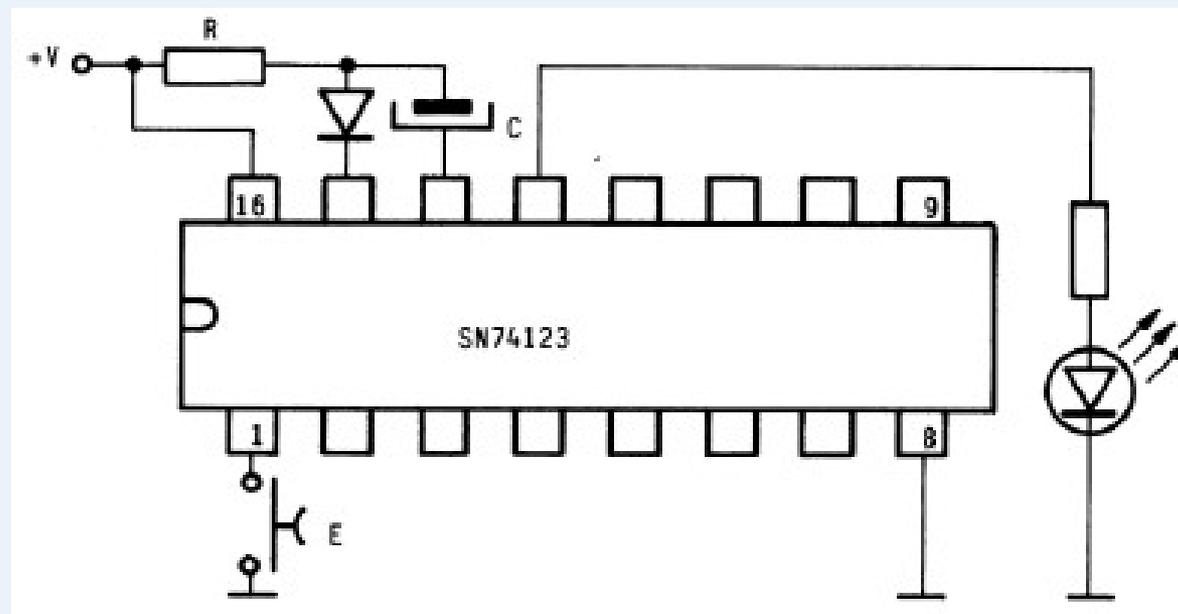
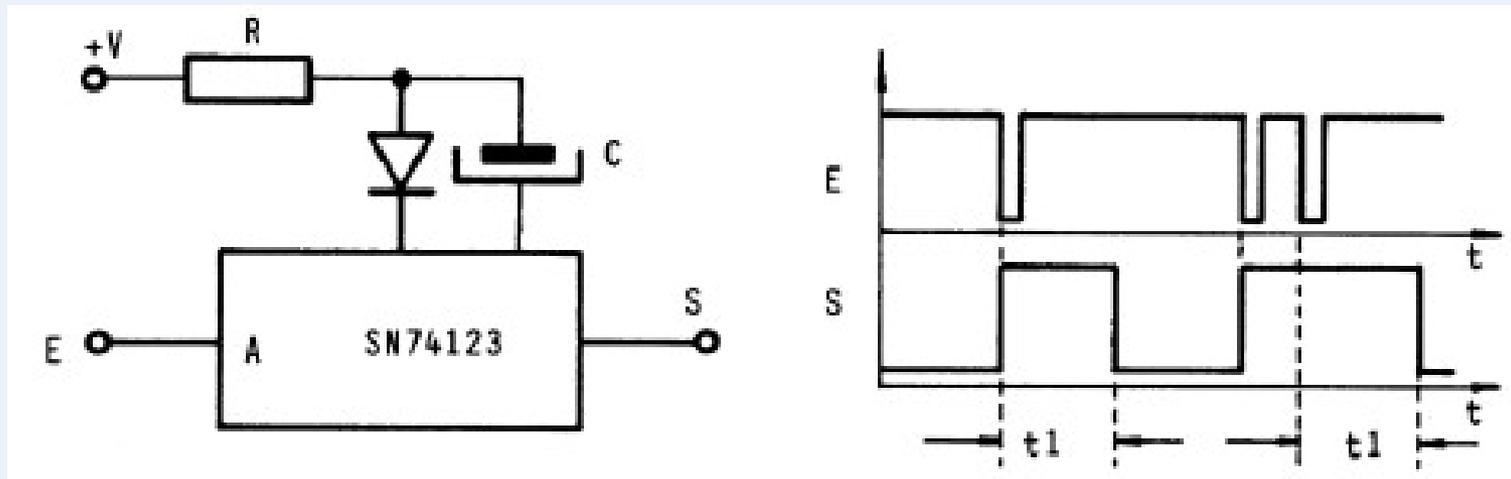
74123

$$t = K.R.C.(1 + \frac{0.7}{R})$$

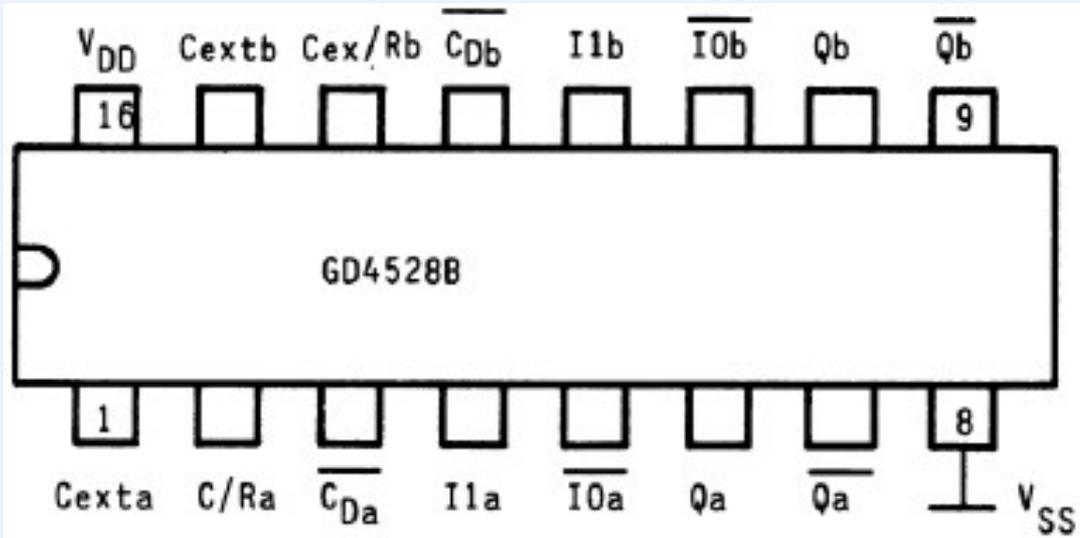
- K es 0.28 para el circuito sin diodo y 0.25 con diodo.
- R puede valer entre 5 y 50 KΩ.



74123



4098, 4528 y 4538



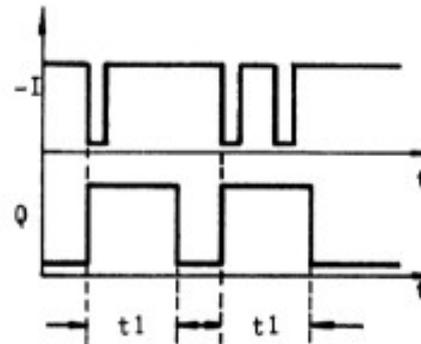
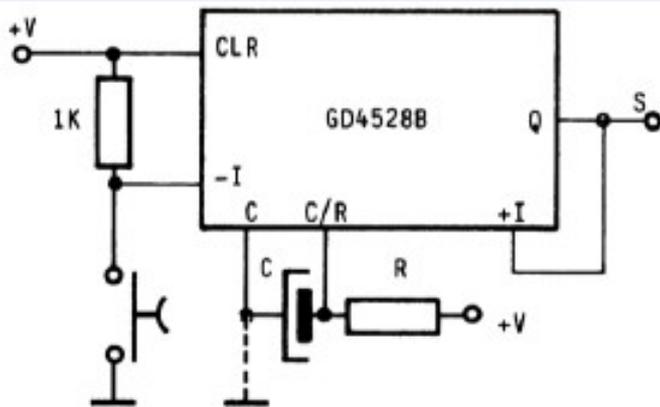
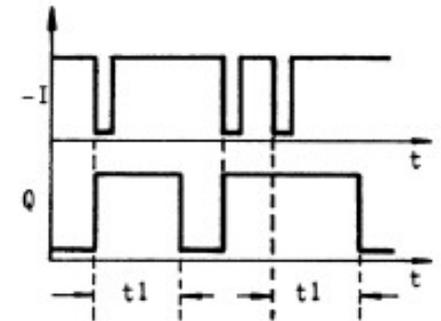
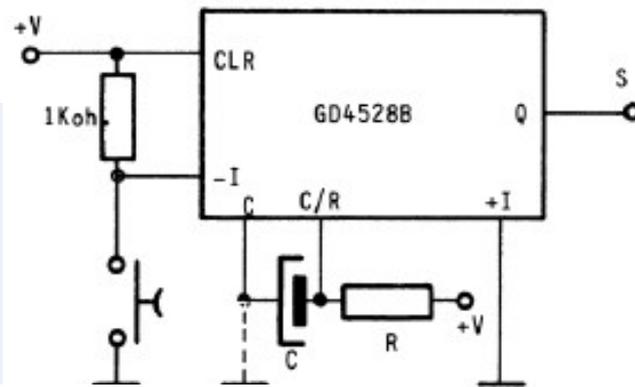
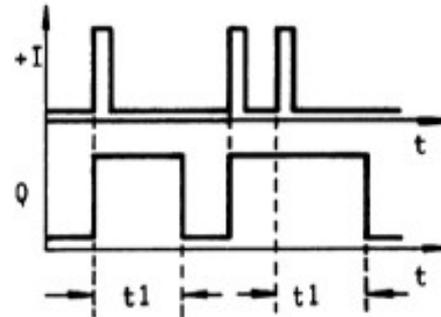
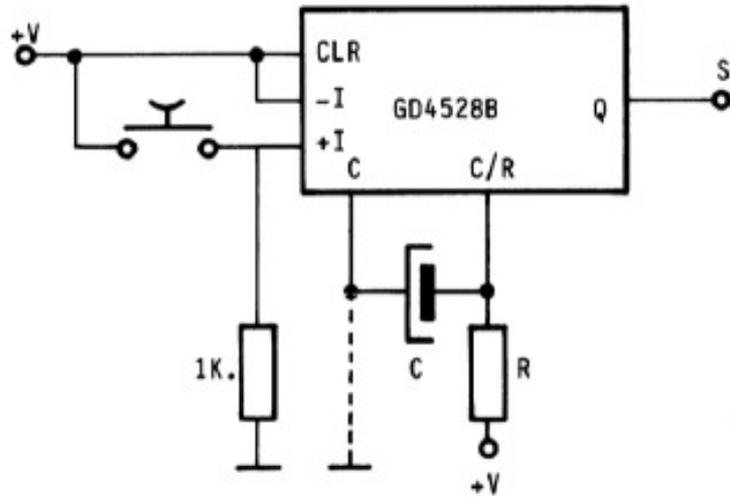
$I1 = +I;$
 $I0 = -I;$
 $\overline{C_D} = \text{CLR}$

$t \approx 0.5.R.C$

-I	+I	CLR	Q	\overline{Q}
X	X	0	0	1
↓	0	1		
1	↑	1		
0	X	X	0	1
X	1	X	0	1

- Los límites de R van de los 5 K Ω a los 2 M Ω . No hay límite en C.
- Si se usa un electrolítico el + va unido a R exterior.

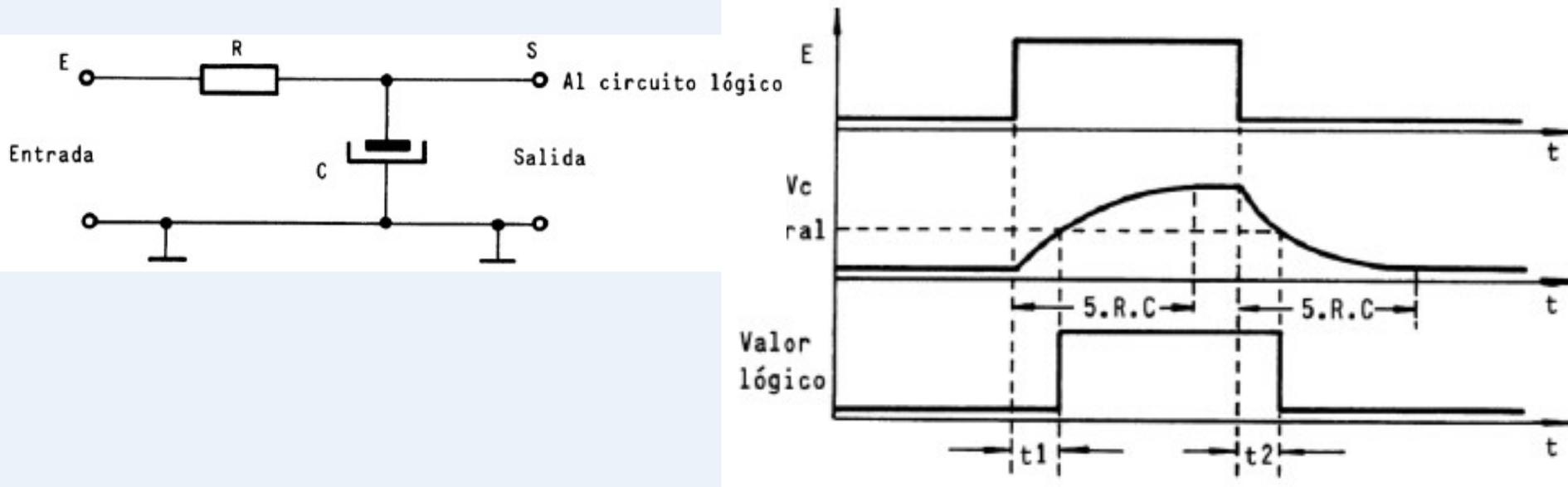
4098, 4528 y 4538



CIRCUITOS DE RETARDO

- El retardo consiste en un retraso en la respuesta.
- El retardo se puede conseguir con:
 - Células RC.
 - RC con puerta Schmith.
 - Circuitos monoestables.
- Según el momento de producirse el retraso podemos tenerlo:
 - En la conexión.
 - En la desconexión.
 - En la conexión y desconexión.

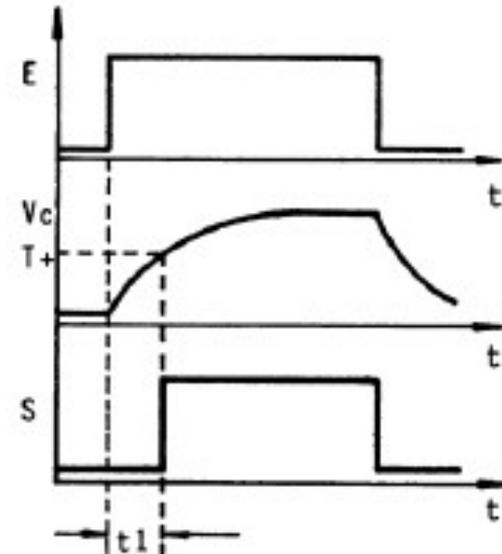
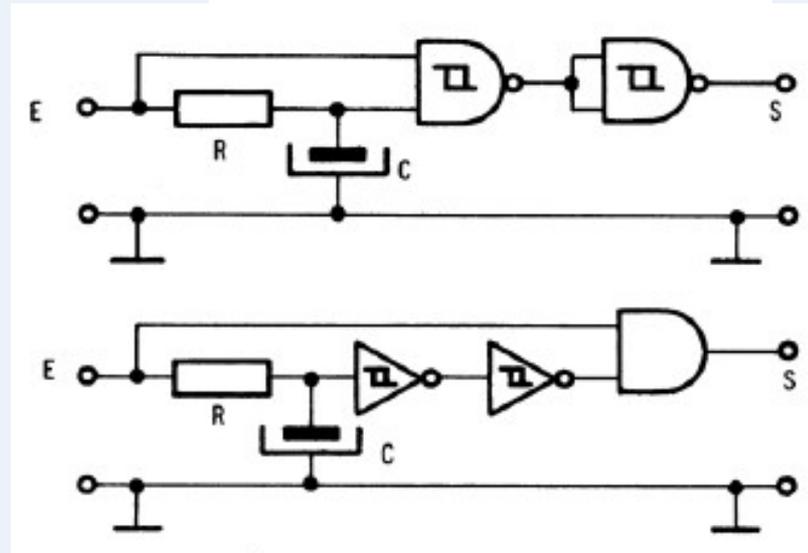
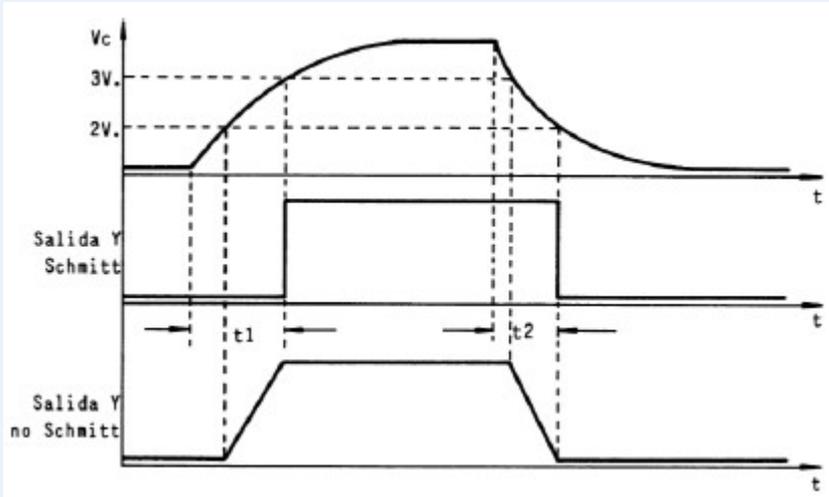
RETARDO CON CÉLULAS RC



- El inconveniente de este circuito es la imprecisión en los tiempos, ya que hay mucha influencia en las variaciones de los valores lógicos entre circuitos.
- El consumo de entrada de la puerta aumenta la dificultad de calcular los tiempos de retardo.

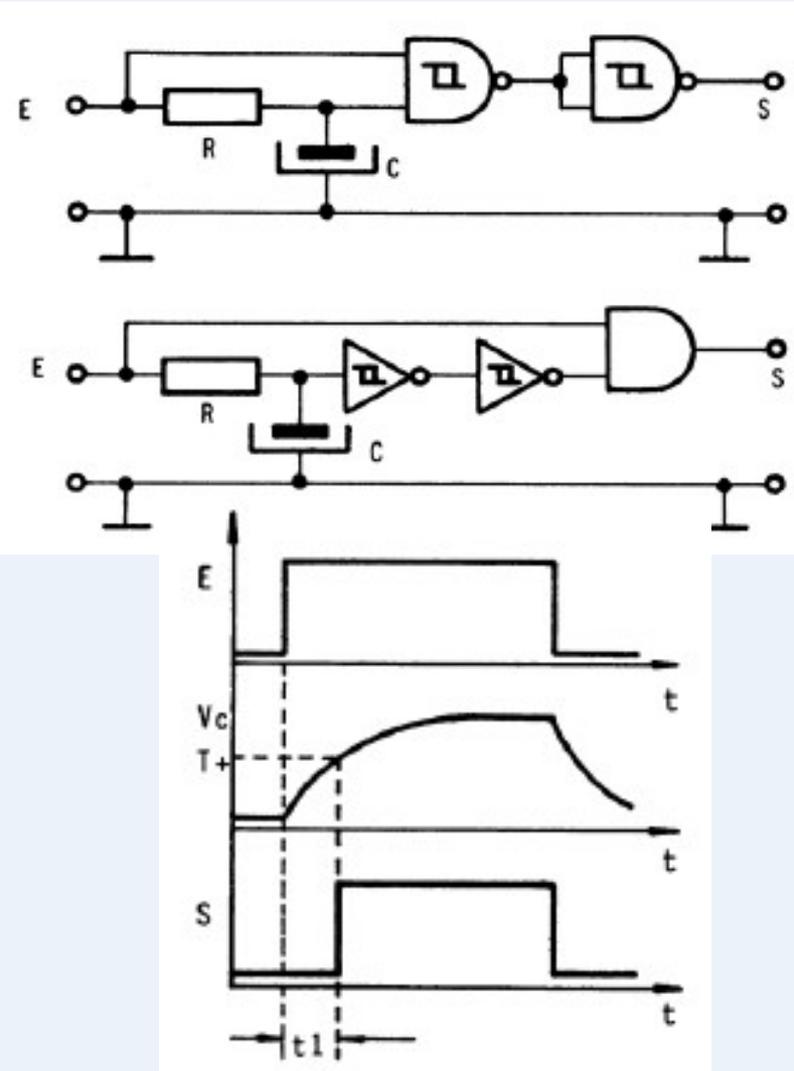
RETARDO CON UNIDADES SCHMITH

Retardo en la conexión:

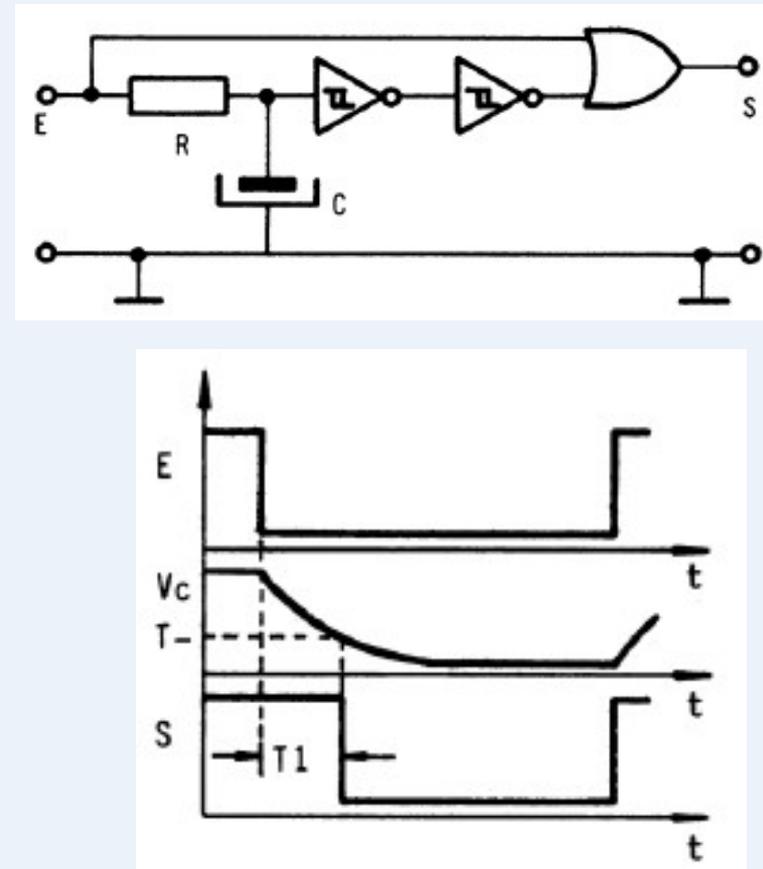


RETARDO CON UNIDADES SCHMITH

Retardo en la conexión:

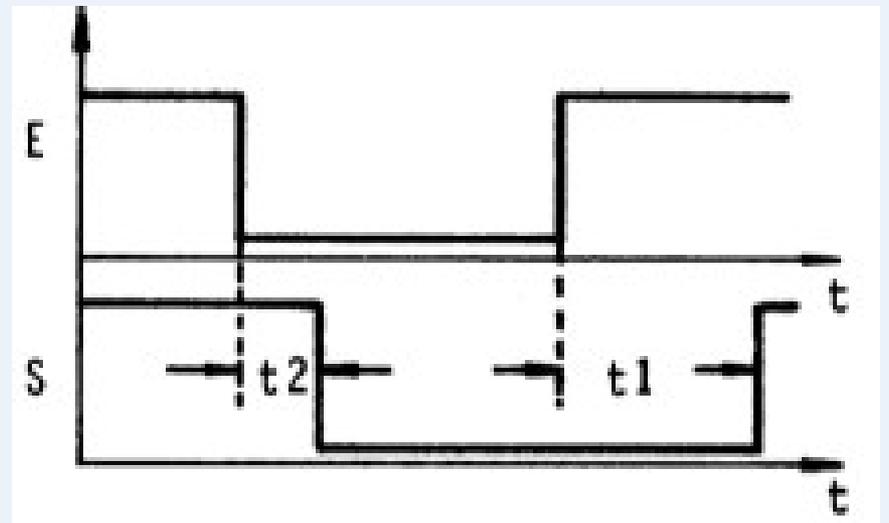
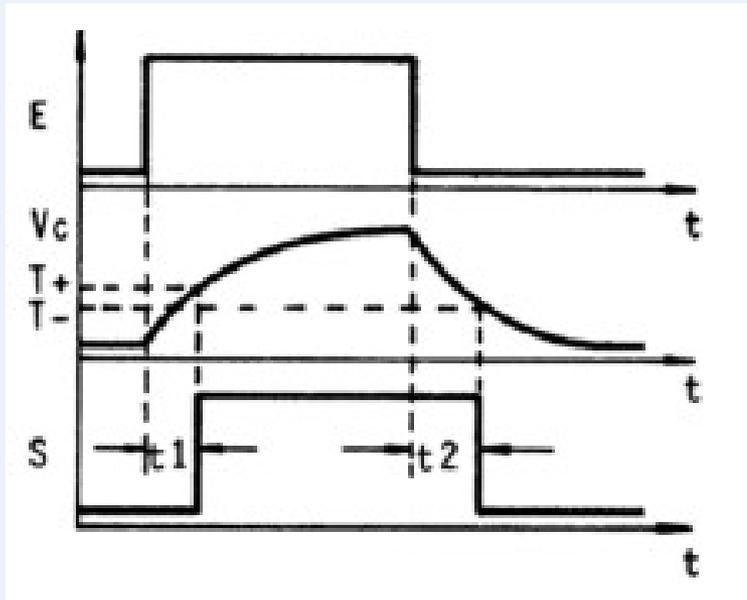
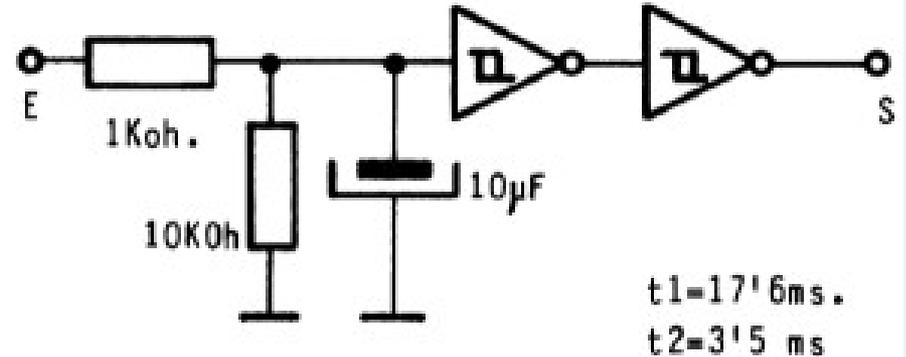
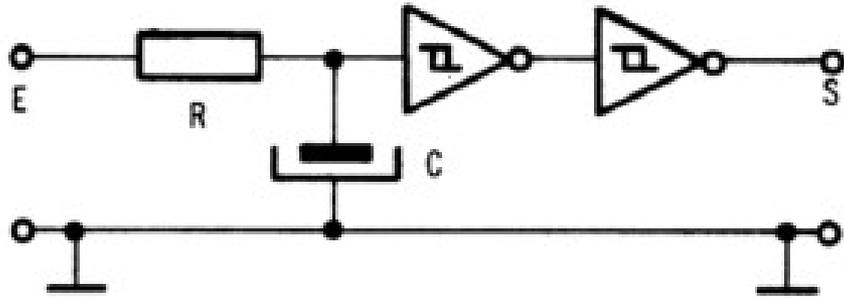


Retardo en la desconexión:



RETARDO CON UNIDADES SCHMITH

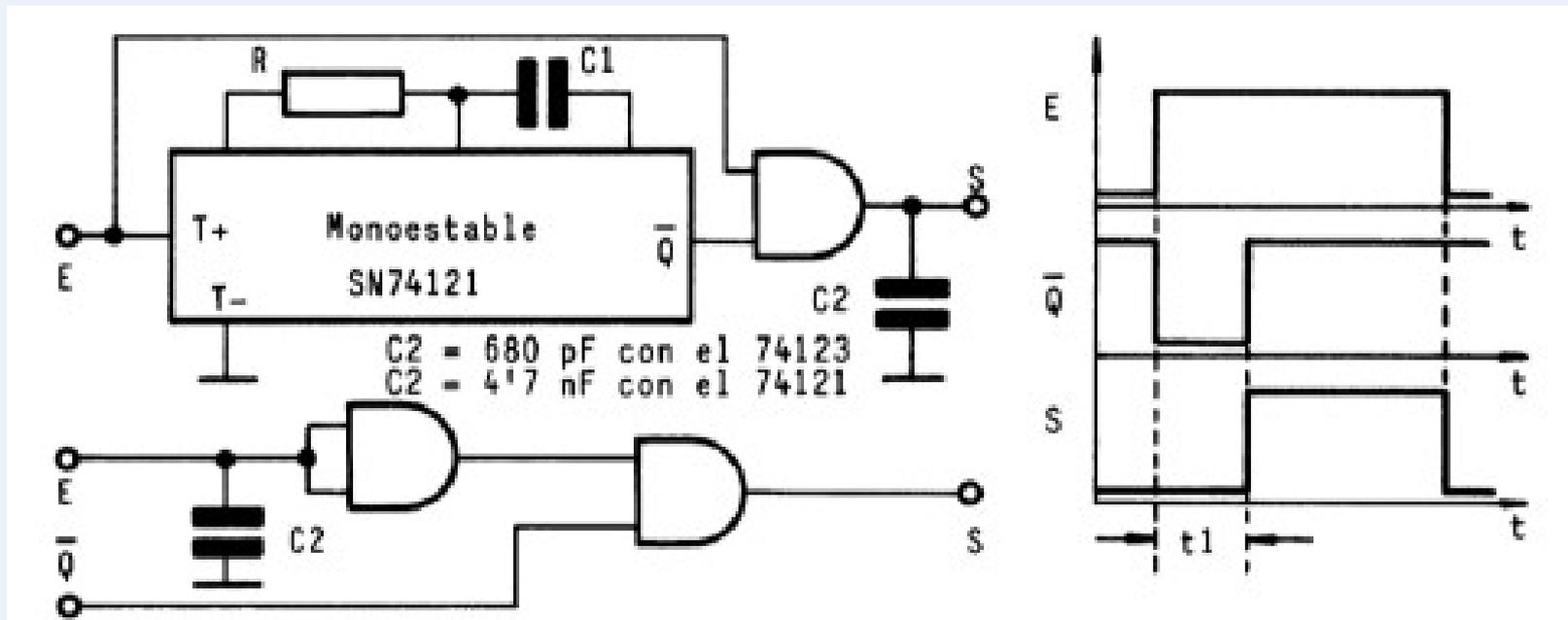
Retardo en la conexión y en la desconexión:



RETARDO CON MONOESTABLES

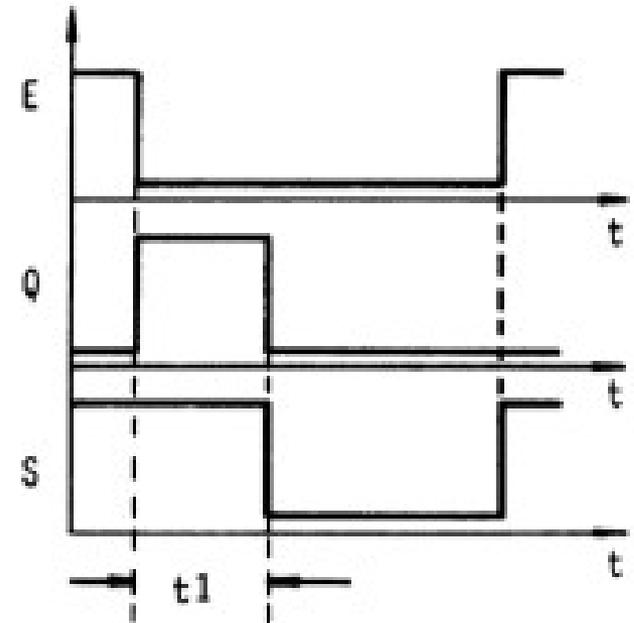
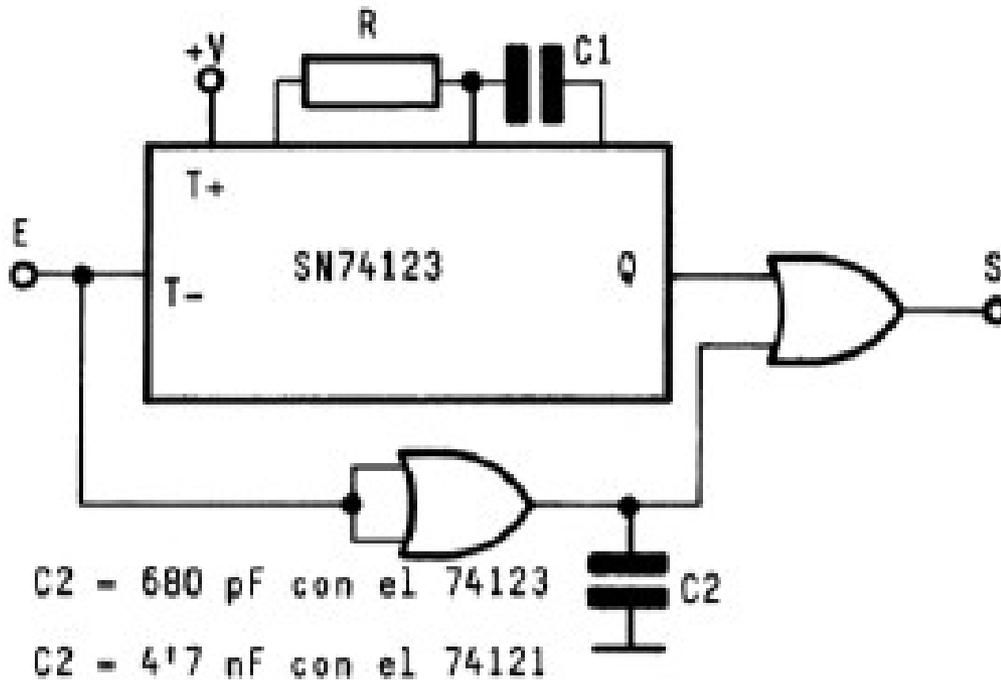
- La ventaja de los monoestables es la precisión en los tiempos. Hay que tener en cuenta que los monoestables también tienen retardos.

Retardo en la conexión:



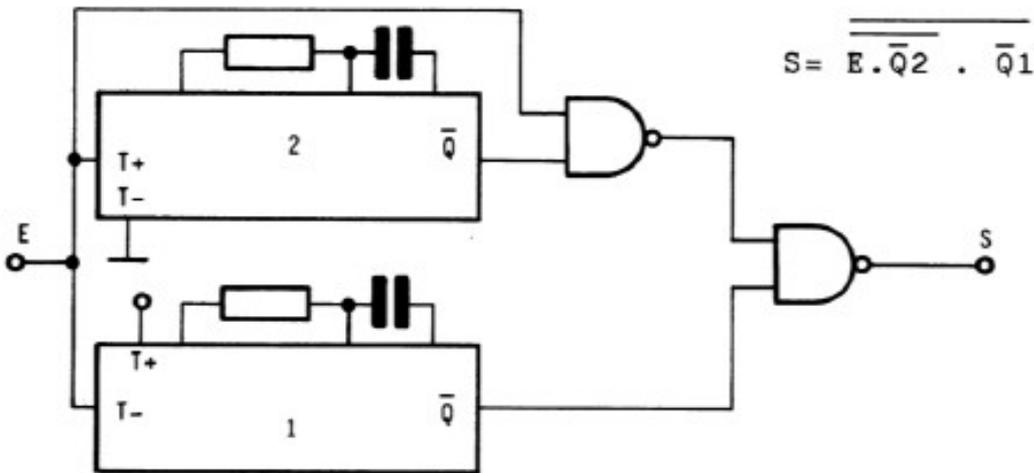
RETARDO CON MONOESTABLES

Retardo en la desconexión:



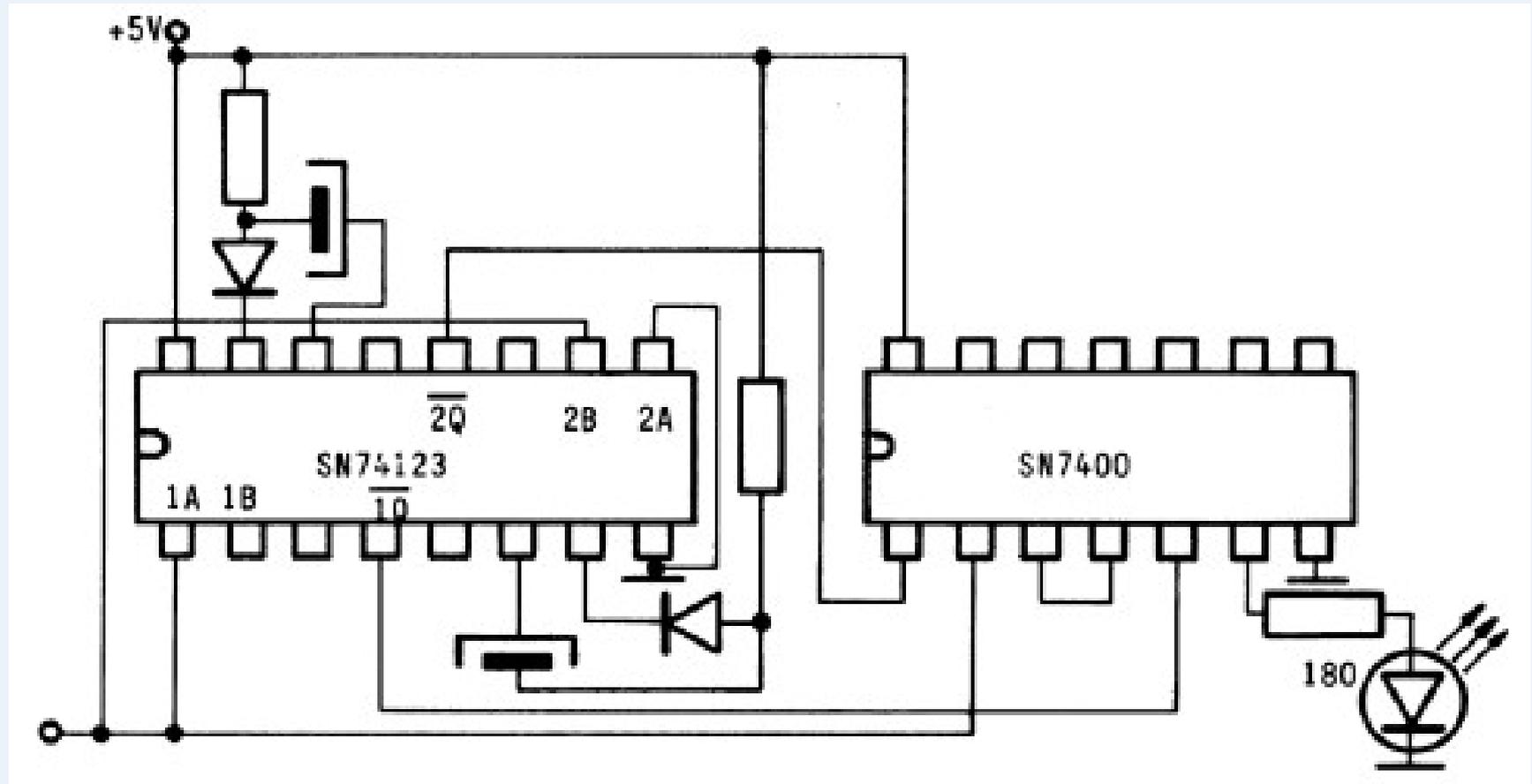
RETARDO CON MONOESTABLES

Retardo en la conexión y en la desconexión:



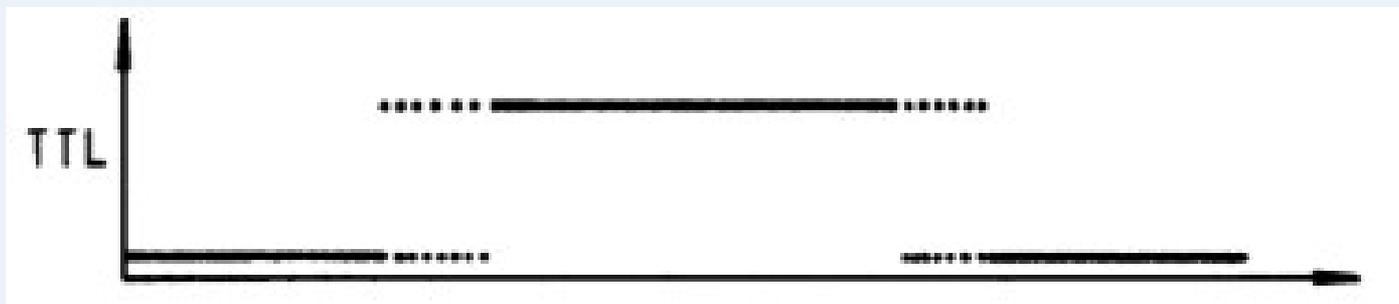
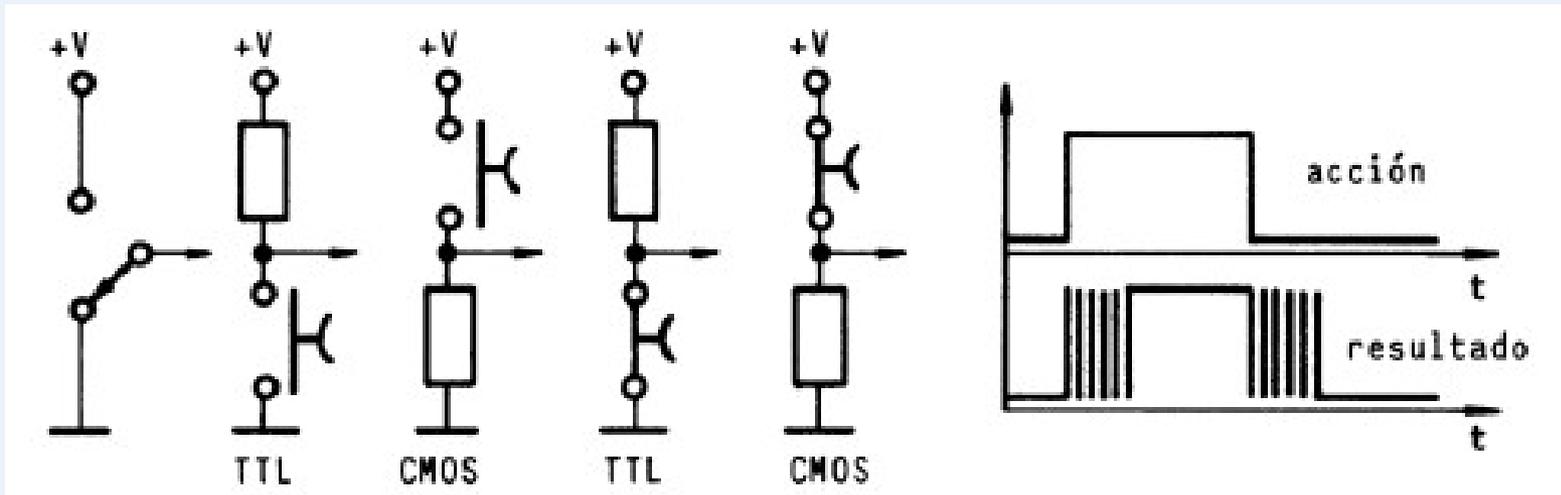
RETARDO CON MONOESTABLES

Retardo en la conexión y en la desconexión:



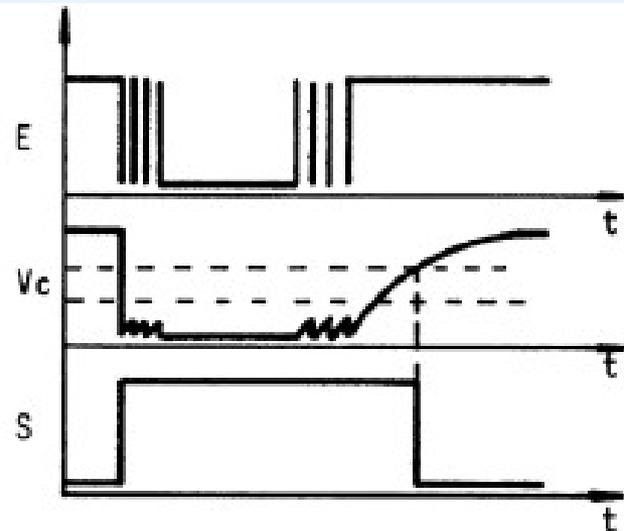
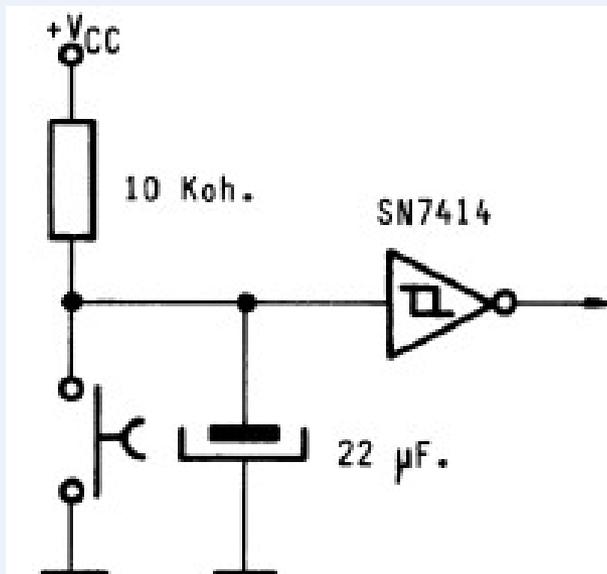
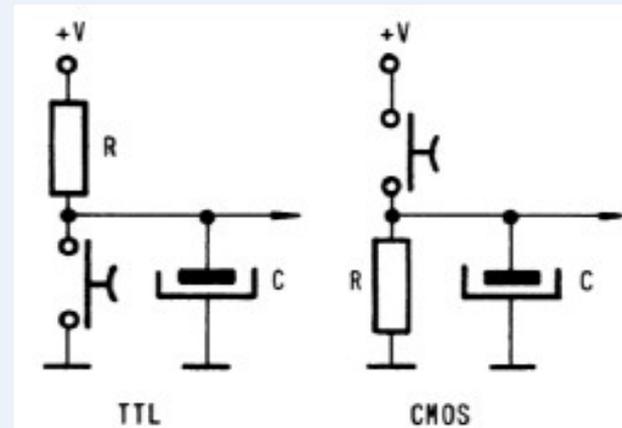
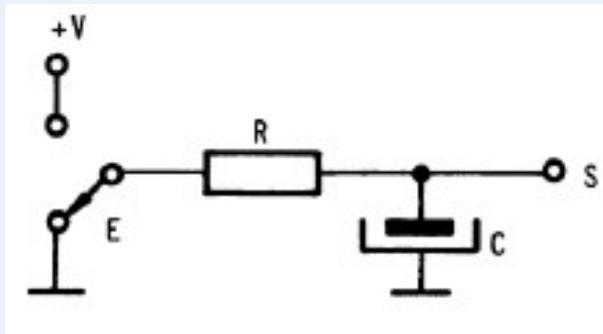
ELIMINACIÓN DE REBOTES

- El rebote es un fenómeno mecánico que se produce cada vez que se acciona un contacto. En los contactos deslizantes se produce el mismo fenómeno.



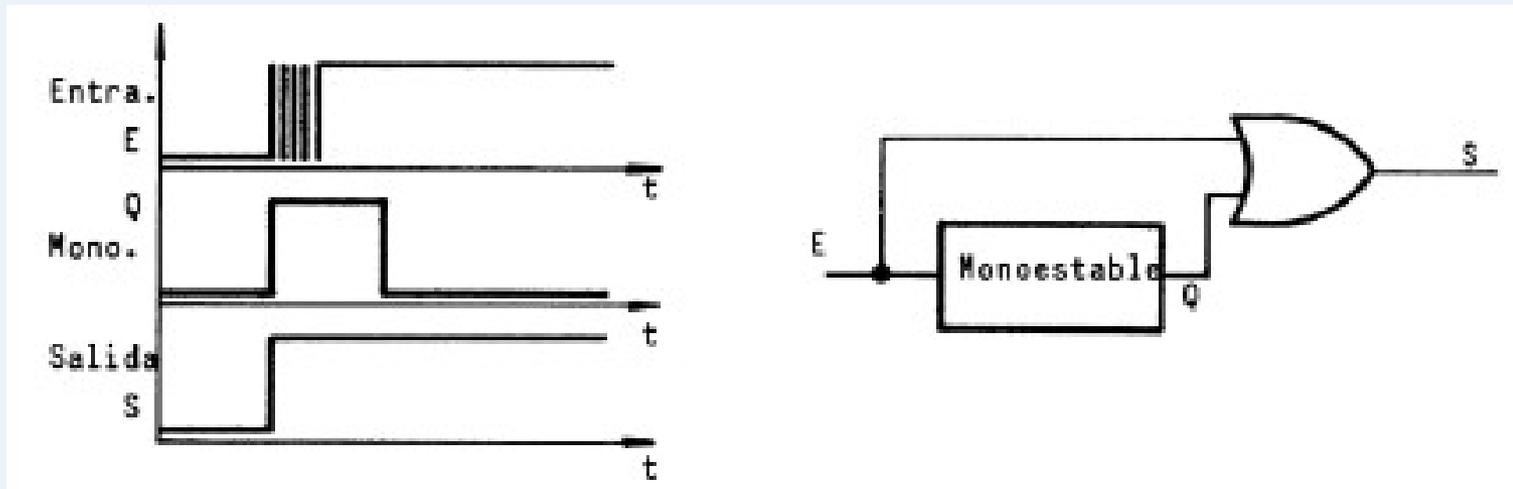
ELIMINACIÓN DE REBOTES CON RC

- El rebote es imposible de eliminar, pero hay que evitar sus efectos.



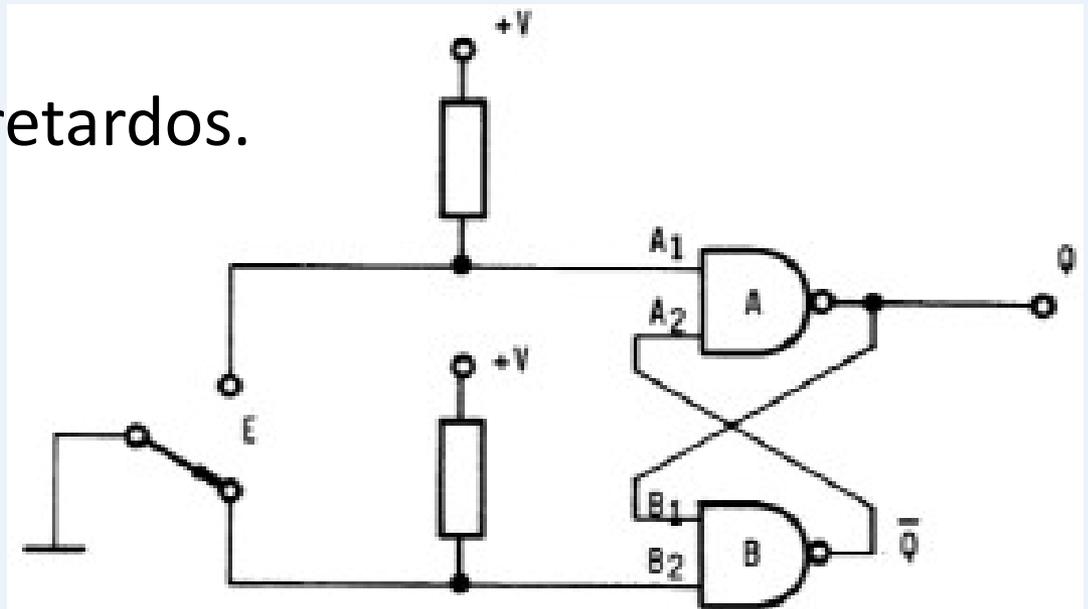
REBOTES CON MONOESTABLES

- Los monoestables deben hacer una temporización mayor que el tiempo que duran los rebotes.
- La solución de los monoestables es más complicada y más cara.
- Para los rebotes en la desconexión hay que poner monoestables accionados por bajada.



REBOTES CON BIESTABLES RS

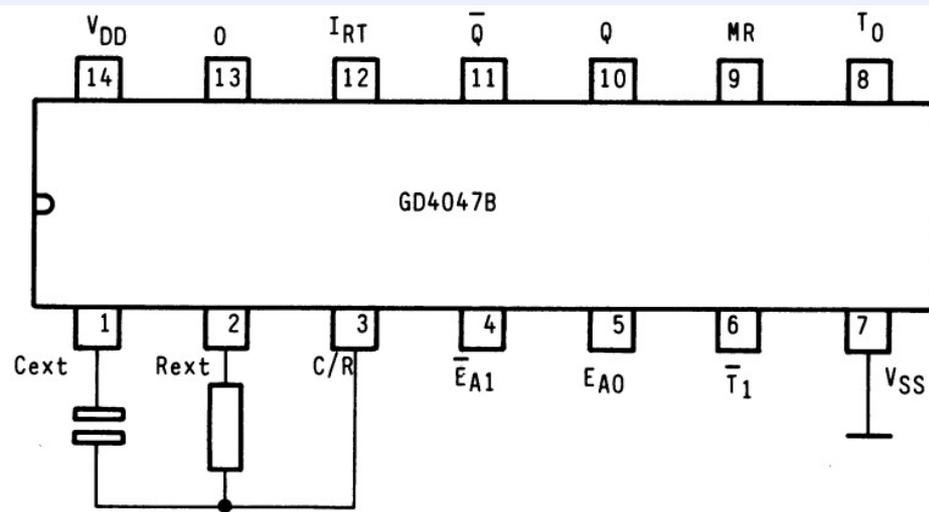
- El sistema es útil cuando se usa un conmutador en la entrada.
- El contacto rebotará entre el aire y uno de los contactos. Mientras rebota al aire la entrada es 1. Al aire las dos entradas son 1. Un biestable RS inverso, con las dos entradas en 1 está en memoria y no cambia el valor de salida.
- En este caso no hay retardos.



ASTABLES O RELOJES

- Son generadores de onda cuadrada. Presentan en la salida una señal cuadrada o rectangular sin necesidad de un impulso externo.

- 4047



I_{RT} = Entrada de redisparo. 1 redispara.

T_0 = Entrada de disparo por flanco positivo 0-1

T_1 = Entrada de disparo por flanco negativo 1-0

E_{AO} = Entrada de permiso positiva. 1 permite funcionar.

E_{A1} = Entrada de permiso negativa. 0 permite funcionar.

MR = Reset maestro. Con reset a 1, $Q = 0$ y $\bar{Q} = 1$

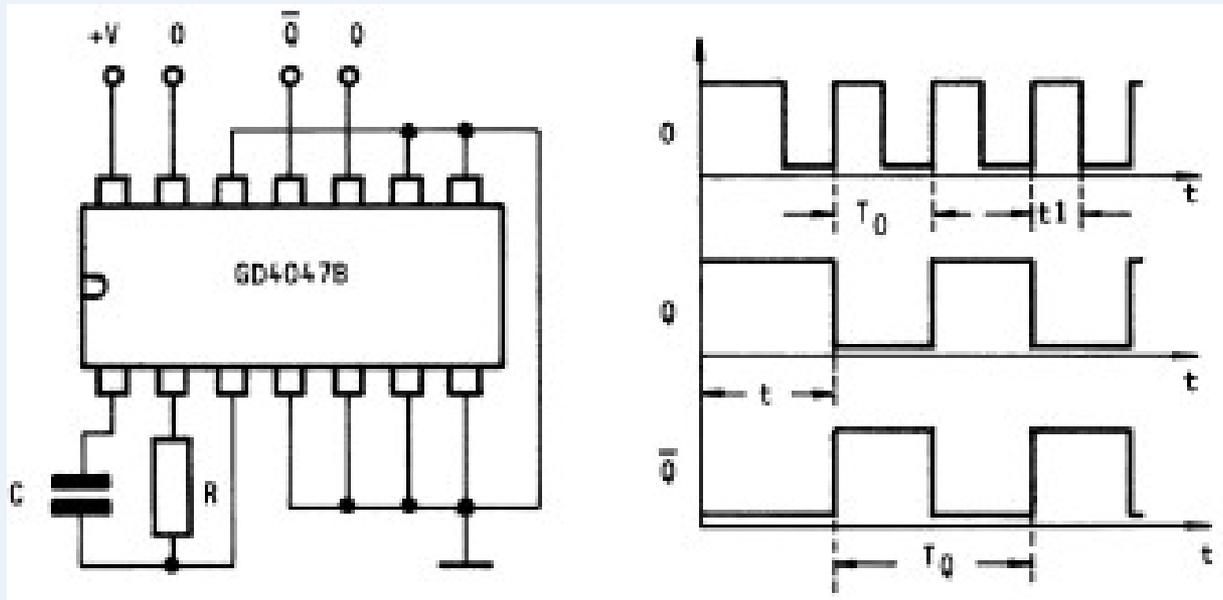
O = Salida del oscilador (astable)

4047

E_{AO}	\bar{E}_{A1}	T_O	\bar{T}_1	I_{RT}	MR	Función
1	X	X	X	0	0	Astable
X	0	X	X	0	0	Astable
	1	0	1	0	0	Astable mientras dure el impulso.
0		0	1	0	0	
0	1		0	0	0	Monoestable, flanco +
0	1	1		0	0	Monoestable, flanco -
0	1		0		0	Monoestable, redispara
X	X	X	X	1	0	$Q=1, \bar{Q}=0$
X	X	X	X	X	1	Reset: $Q=0, \bar{Q}=1$

- R de 5 K Ω a 2 M Ω . Sin límite en C.
- Como monoestable, $t=2'48.R.C$
- Como astable $T_o=2'2.R.C$. $T_Q=4'4.R.C$

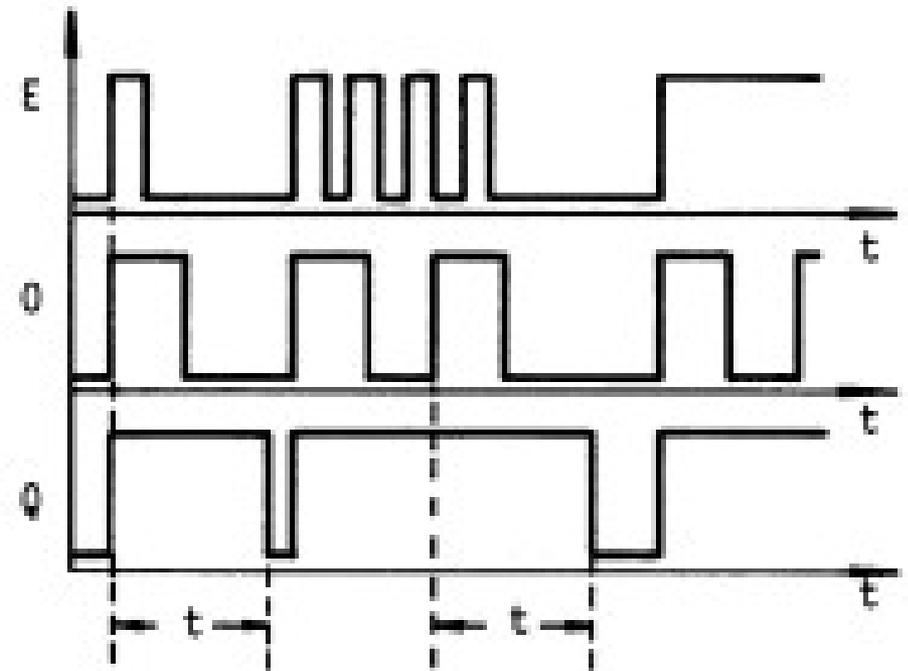
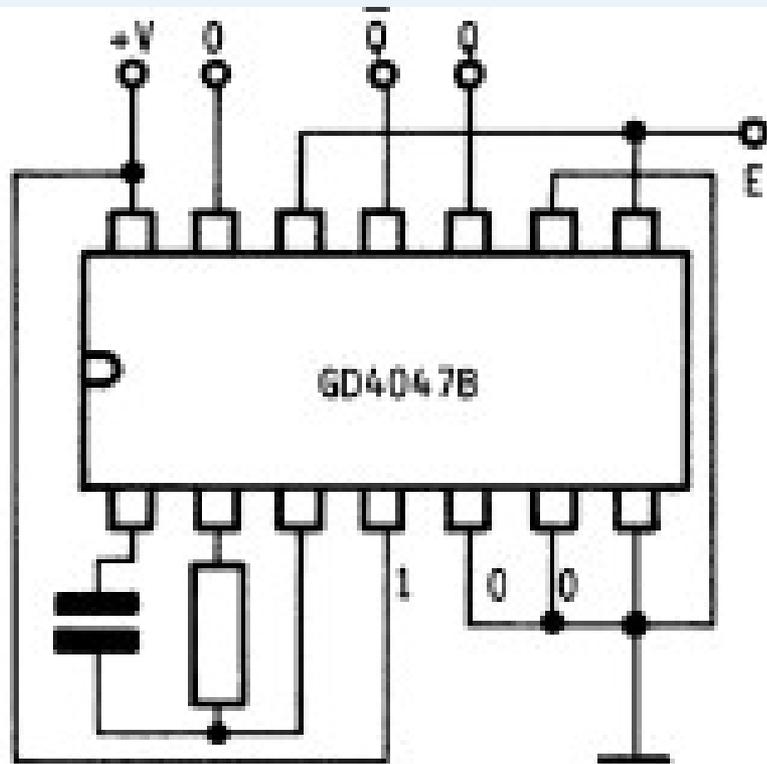
7447 COMO ASTABLE



- En el primer ciclo $t=2'48.R.C$
- $T_0=2'2.R.C$ $T_Q=4'4.R.C$ $T_1=1'1.R.C$
- Cuando la precisión es importante se puede sustituir el condensador por un cristal de cuarzo.



7447 MONOESTABLE REDISPARGABLE



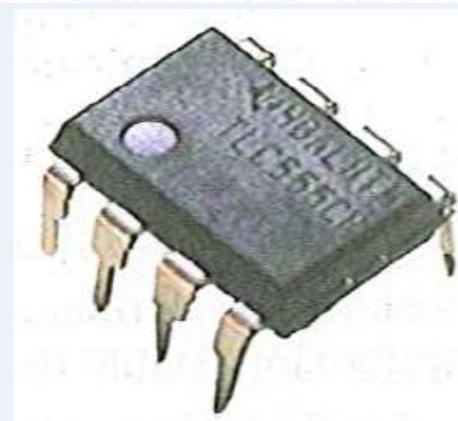
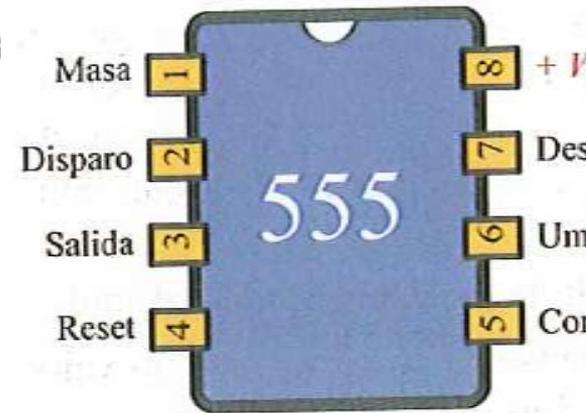
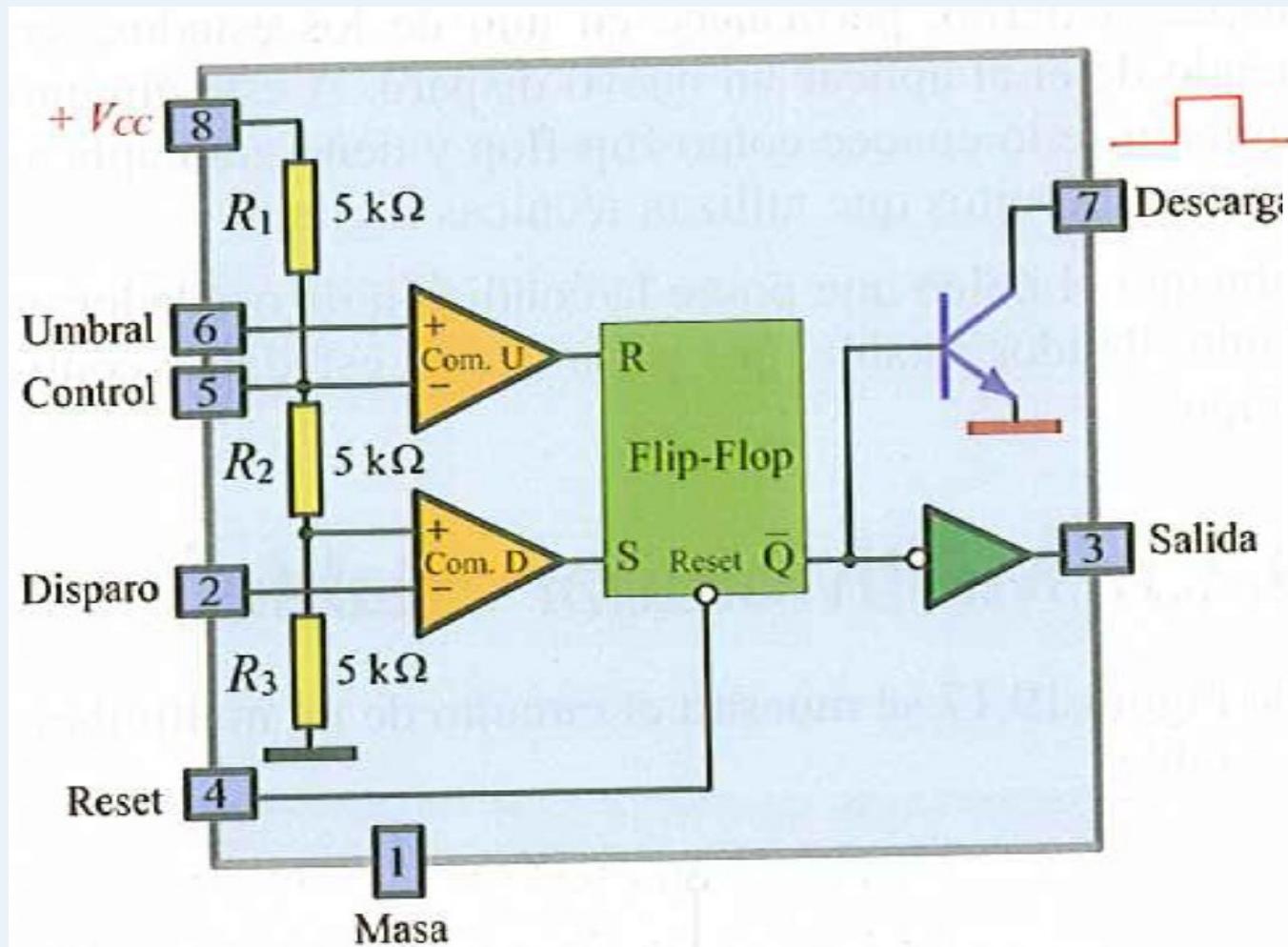
CIRCUITO INTEGRADO 555

- El circuito integrado 555, por su versatilidad, reducido tamaño y precio, es uno de los más usados.
- Fue inicialmente diseñado como temporizador de precisión de bajo coste, aunque pronto se encontraron una gran variedad de aplicaciones: oscilador, detector de pulsos, oscilador controlado por tensión, disparador, temporizador secuencial, etc.
- Tanto los tiempos de retardo como temporizador, como la frecuencia en el caso de oscilador, se pueden determinar con los valores de un condensador y alguna resistencia. La frecuencia puede ajustarse también mediante una tensión exterior.
- La tensión de alimentación puede variar entre 4'5 y 16 voltios. Algunas versiones permiten hasta 22 voltios.
- Los tiempos de retardo se pueden ajustar entre los nanosegundos y minutos.

INTRODUCCIÓN

- Entre sus características más notables están su estabilidad térmica ($0'005 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$) y su inmunidad a las variaciones en la tensión de alimentación, dentro del margen dado por el fabricante.
- Por otra parte la salida es capaz de entregar o absorber hasta 200 mA., lo que le permite en ocasiones pilotar cargas directamente sin necesidad de transistores externos de excitación.
- Se fabrica en versiones de 8 y 14 patillas en disposición en línea y en encapsulado metálico de 8 patillas, siendo la versión más normal la de 8 patillas en línea.
- Existen también otra versión (556) de 14 patillas que contiene dos 555 con una alimentación común.

DIAGRAMA A BLOQUES

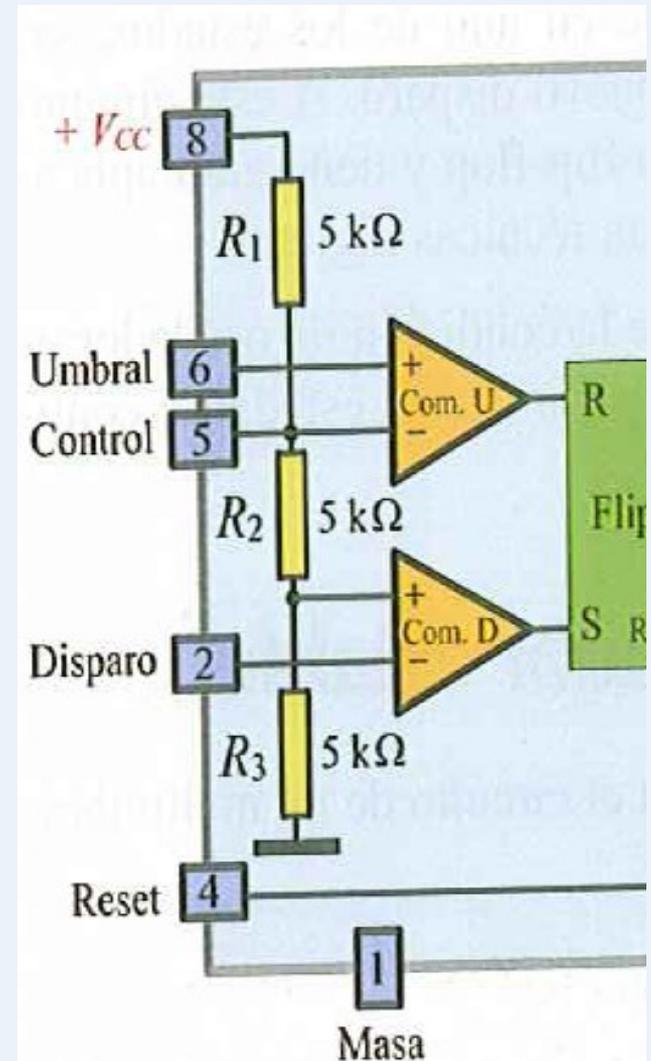


DESCRIPCIÓN. EL BIESTABLE

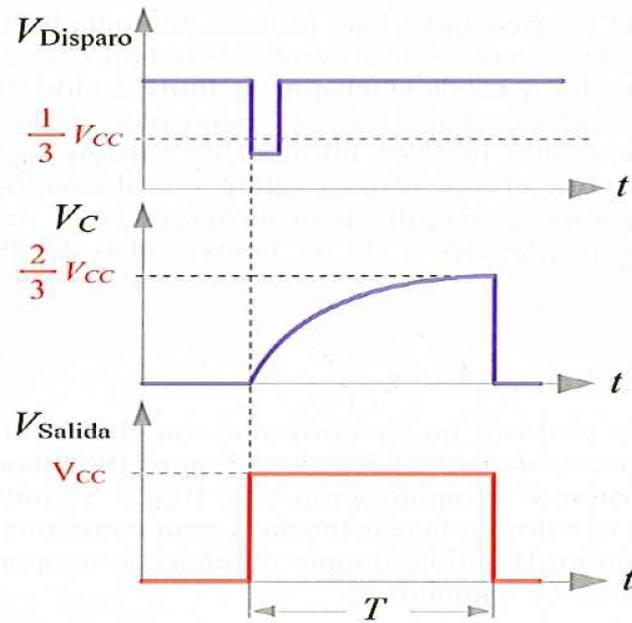
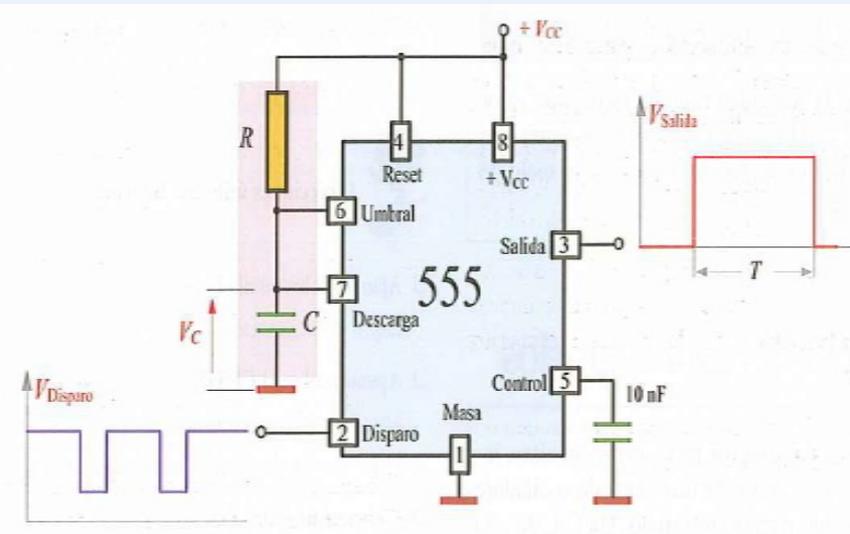
- Este circuito tiene un comportamiento de tipo digital.
- Las patillas de salida del bloque biestable Q y \bar{Q} tienen valores opuestos una de otra.
- Las patillas de entrada deben recibir también valores opuestos una respecto de otra.
- Cuando en la patilla S (SET) ponemos un 1 y en la patilla R (RESET) ponemos un 0, la salida Q se pone a 1 y \bar{Q} se pone a 0. Salida 1.
- Cuando la patilla S se pone a 0 y la patilla R se pone a 1, el biestable pone la salida Q a 0 y la salida del circuito, patilla 3 es 0.
- Cuando las dos entradas son 0 la salida retiene el valor que tuviera anteriormente.

DESCRIPCIÓN. COMPARADORES

- Los dos operacionales están trabajando como comparadores, mostrando a su salida un nivel de tensión correspondiente a la saturación positiva o negativa, $+V_{cc}$ (1) o tierra (0).
- Las tres resistencias en serie de valores iguales forman un divisor de tensión de $1/3$ de V_{cc} y $2/3$ de V_{cc} (control).
- Cuando en la patita 6 (umbral) la tensión supere a $2/3$ de V_{cc} ponemos un 1 en R.
- Cuando la patita 2 (disparo) tiene una tensión inferior a $1/3$ de V_{cc} pone un 1 en S.
- Es posible encontrar otras configuraciones internas para este circuito integrado, pero son equivalentes a ésta.



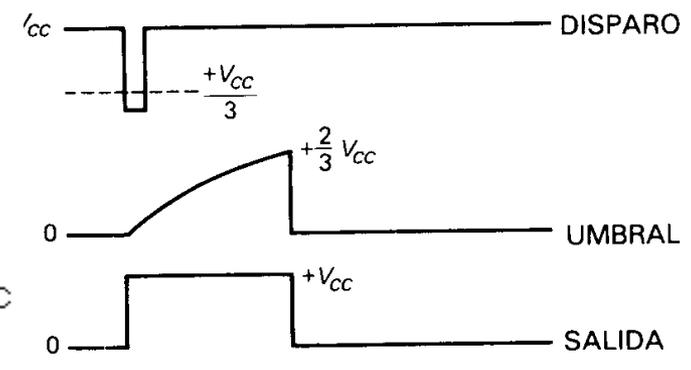
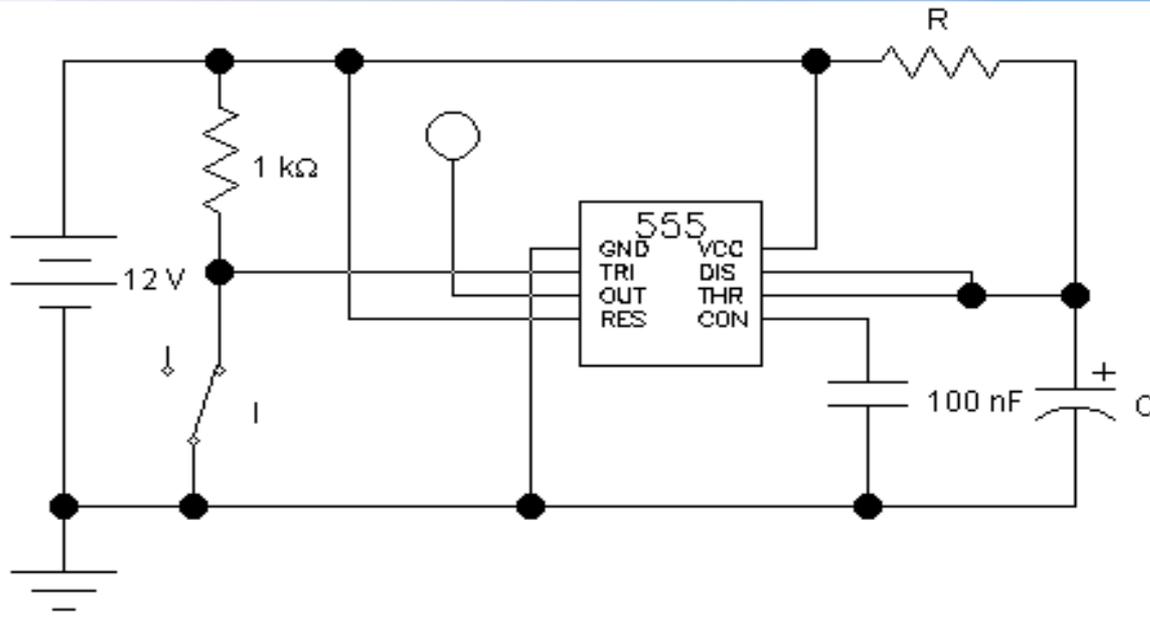
FUNCIONAMIENTO. MONOESTABLE



- En reposo, la salida Q del biestable está a 0; el transistor conduce y el condensador está descargado.
- Al cerrar el interruptor la patita 2 (disparo), recibe una tensión por debajo de $1/3$ de V_{cc} . Se produce el set del biestable y la salida se pone a 1. El transistor no conduce y el condensador se empieza a cargar.
- Cuando el condensador se carga a $2/3$ de V_{cc} (umbral), el operacional de arriba pone un 1 en R y el biestable bascula a la situación inicial.

$$t = 1,1 \cdot R \cdot C$$

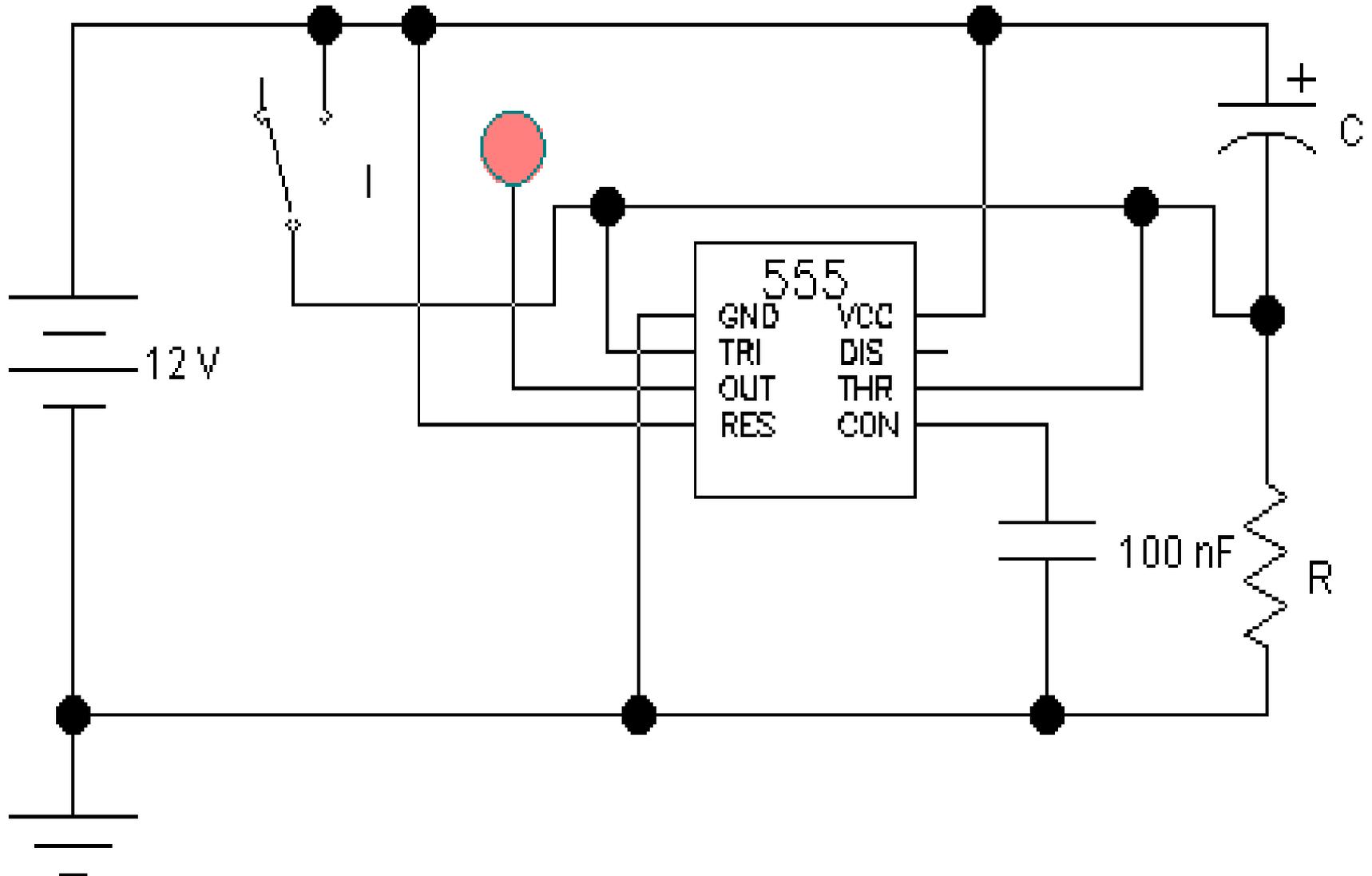
TEMPORIZADOR



- La duración del pulso positivo de salida está en función de los valores R y C .
- C no debe superar los $100 \mu\text{F}$ (si se supera este valor, poner en serie una resistencia de 82Ω). R está limitada por la intensidad de entrada ($0.25 \mu\text{A}$ en umbral y $0,5 \mu\text{A}$ en control).

$$t = 1,1 \cdot R \cdot C$$

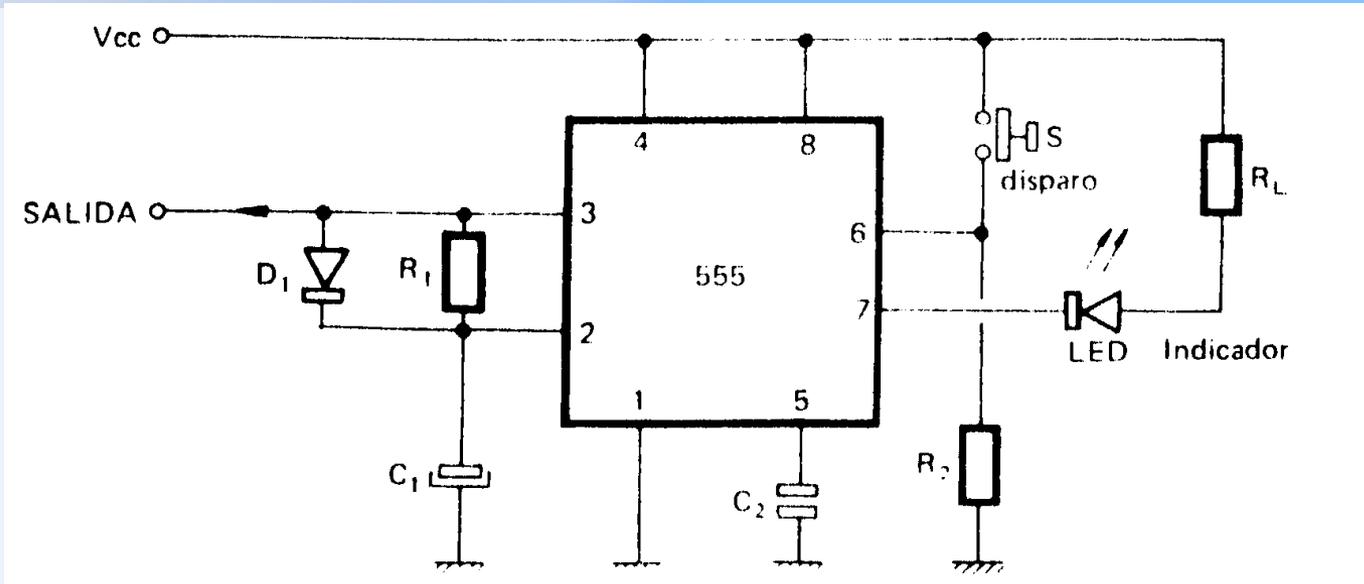
MONOESTABLE CON PULSOS POSITIVOS



MONOESTABLE DISPARADO CON PULSOS POSITIVOS

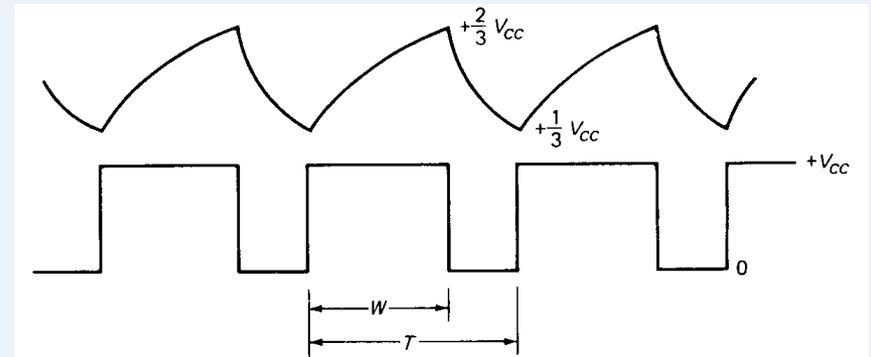
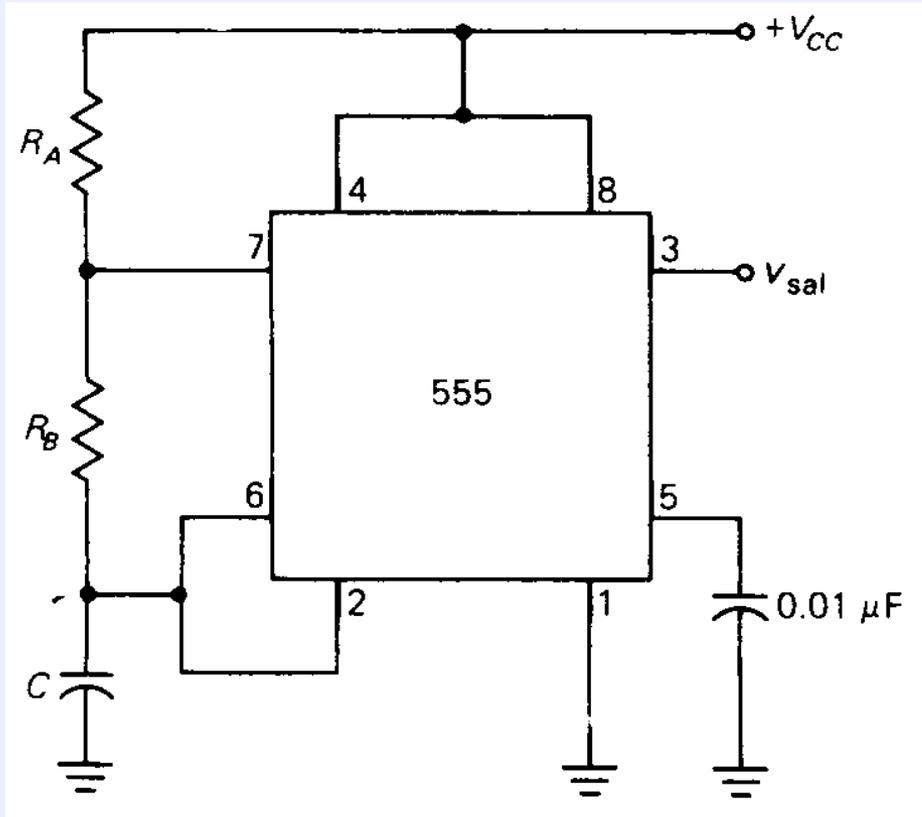
- El circuito ha cambiado mucho respecto del anterior. El pulso se aplica a la entrada conectándolo a la alimentación. También ha cambiado la disposición de la red RC.
- En reposo la entrada de disparo (2) tiene una tensión muy baja y la salida está activada.
- Al cerrar el interruptor se cortocircuita el condensador y la patilla 6 (umbral) tiene una tensión mayor que $2/3$ de V_{cc} , con lo que la salida se pone a 0.
- En estas condiciones el condensador se va cargando y cuando en la patilla 2-6 se tenga una tensión por debajo de $1/3$ de V_{cc} volveremos a la situación inicial.

MONOESTABLE DISPARADO CON PULSOS POSITIVOS

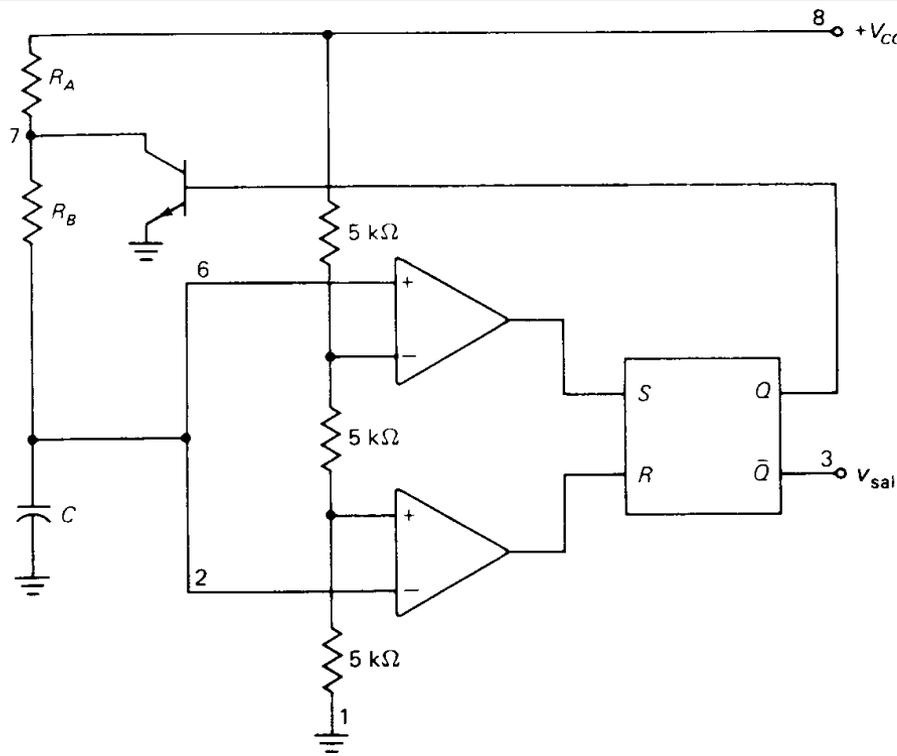


- En reposo la salida (3) está en nivel alto. El led, conectado en la patita 7, apagado.
- El pulso positivo en 6 produce el disparo, la salida se pone a nivel bajo, al tiempo que se enciende el led. El condensador que estaba cargado se va descargando por R1 hasta alcanzar $1/3$ de V_{cc} , en que volvemos a la situación de partida.

MULTIVIBRADOR ASTABLE



MULTIVIBRADOR ASTABLE



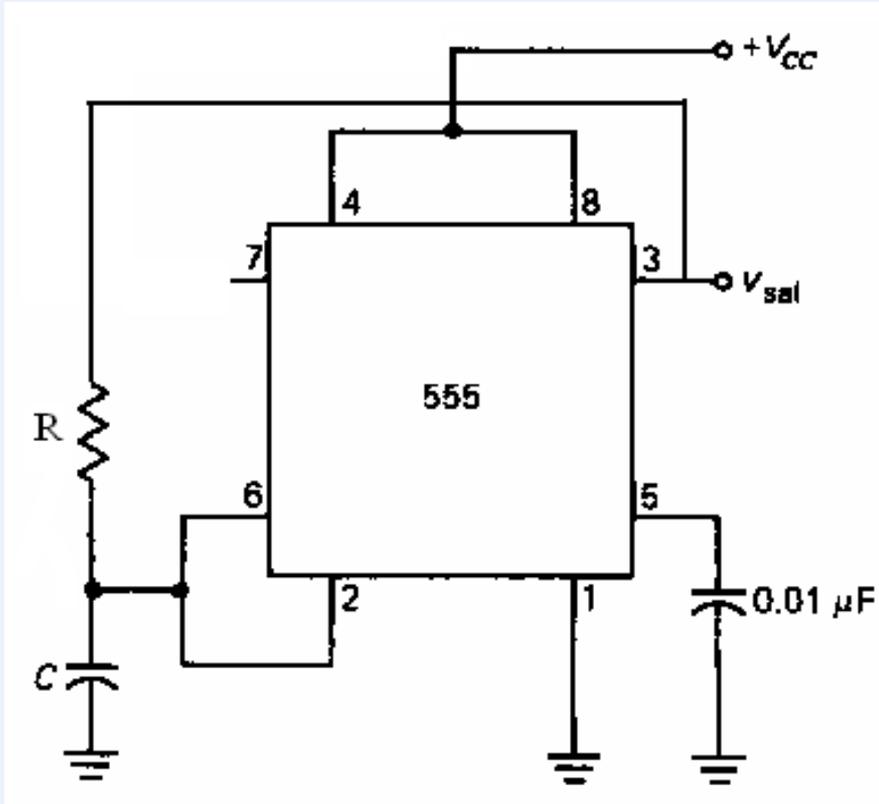
- Con la tensión de salida en nivel alto, transistor de descarga apagado, el condensador C se va cargando por $R_A + R_B$ hasta alcanzar los $2/3 V_{CC}$.
- Alcanzada la tensión de umbral la salida se pone a 0 y el transistor de la patita 7 se satura, con lo que el condensador se va descargando por R_B hasta alcanzar $1/3$ de V_{CC} en que se vuelve a la situación inicial.
- La frecuencia queda:

$$\omega = 0'7 \cdot (R_A + R_B) \cdot C$$

$$\tau = 0'7 \cdot R_B \cdot C + 0'7 \cdot (R_A + R_B) \cdot C$$

$$f = \frac{1}{0'7 \cdot (R_A + 2R_B) \cdot C}$$

MULTIVIBRADOR ASTABLE

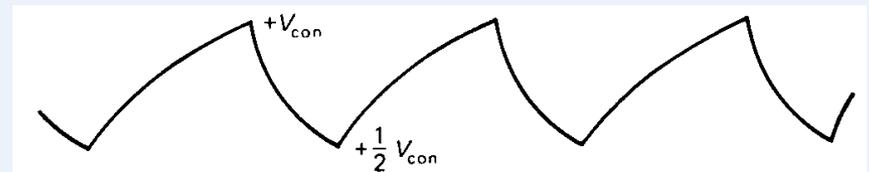
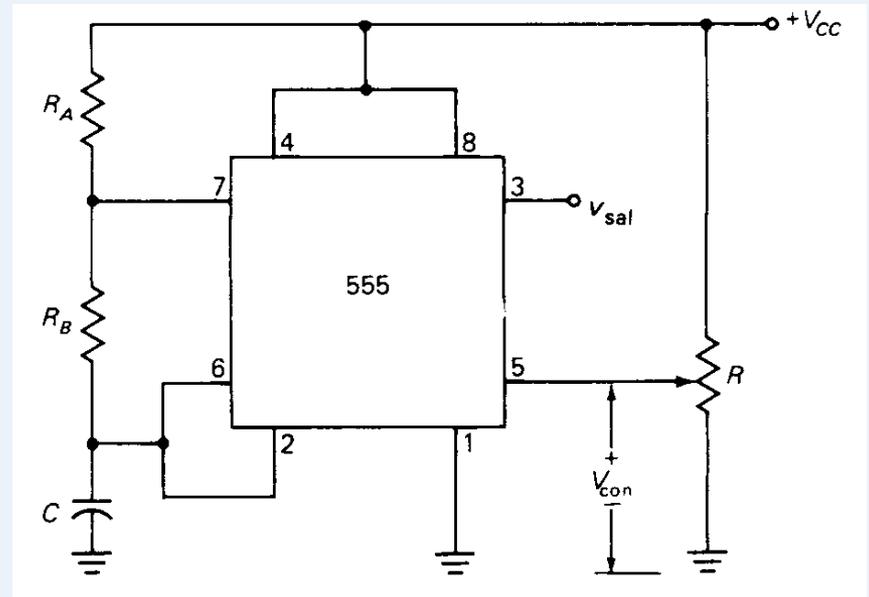


- En esta ocasión la frecuencia solamente queda determinada por el valor de una resistencia y un condensador.
- Cuando la salida está en nivel alto el condensador se carga hasta $2/3$ de V_{cc} , en que la salida pasa a 0.
- Con la salida en 0, el condensador se va descargando hasta $1/3$ de V_{cc} , en que pone la salida a nivel alto, volviendo a repetir el ciclo de forma indefinida.
- Como la carga y descarga del condensador se hace por los mismos componentes, los tiempos de alto y de bajo son iguales.

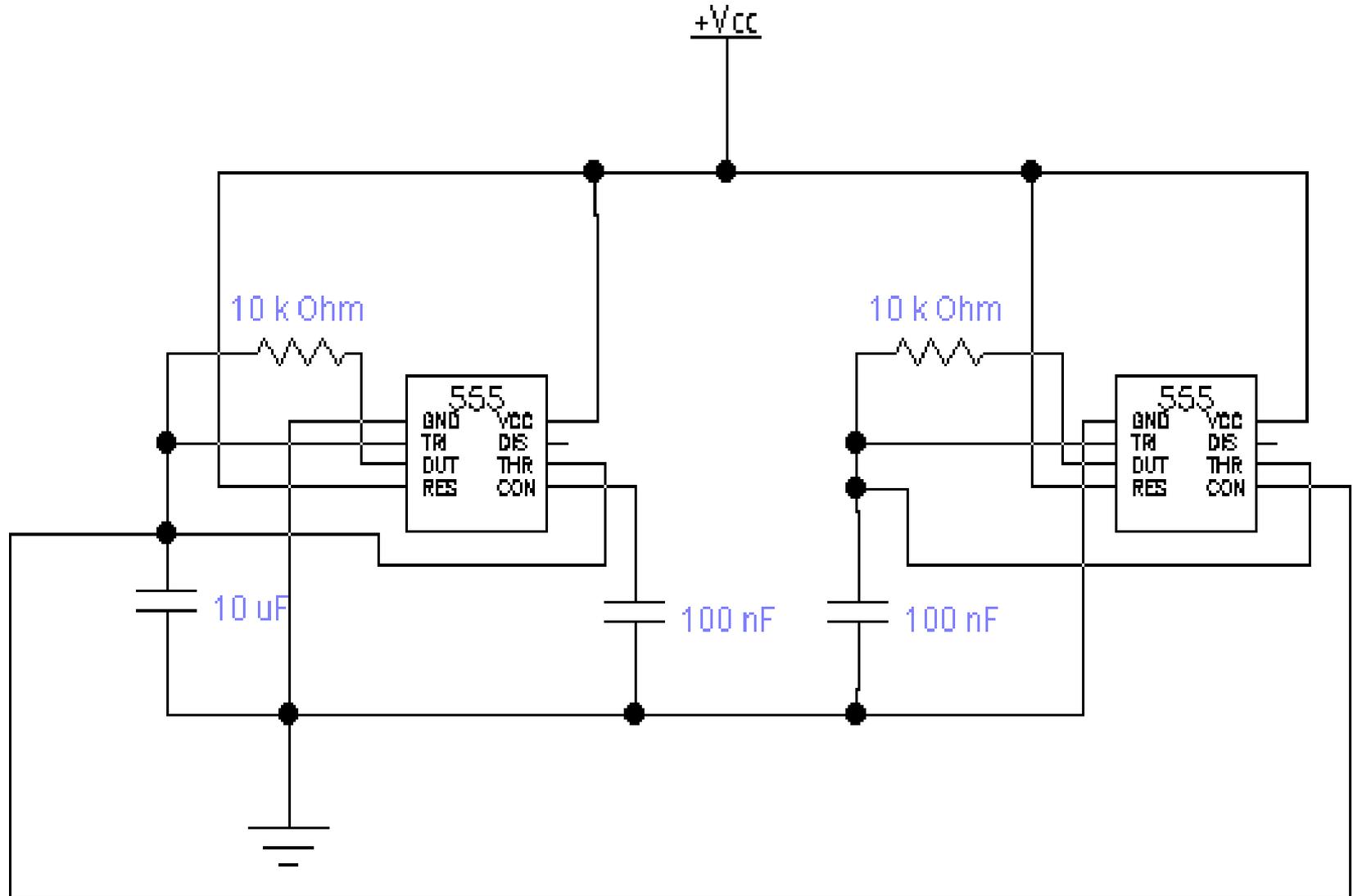
$$f = \frac{1}{1.4 \cdot R \cdot C}$$

OSCILADOR CONTROLADO POR TENSIÓN (VCO)

- Con el potenciómetro R modificamos la tensión de control.
- De esta manera la carga y descarga del condensador no se hace entre $1/3$ y $2/3$ de V_{cc} , sino entre la tensión de control y la mitad de la tensión de control.
- La frecuencia de salida, que es función inversa del tiempo que tarda en cargarse y descargarse el condensador, estará entonces en función de la tensión externa de control.

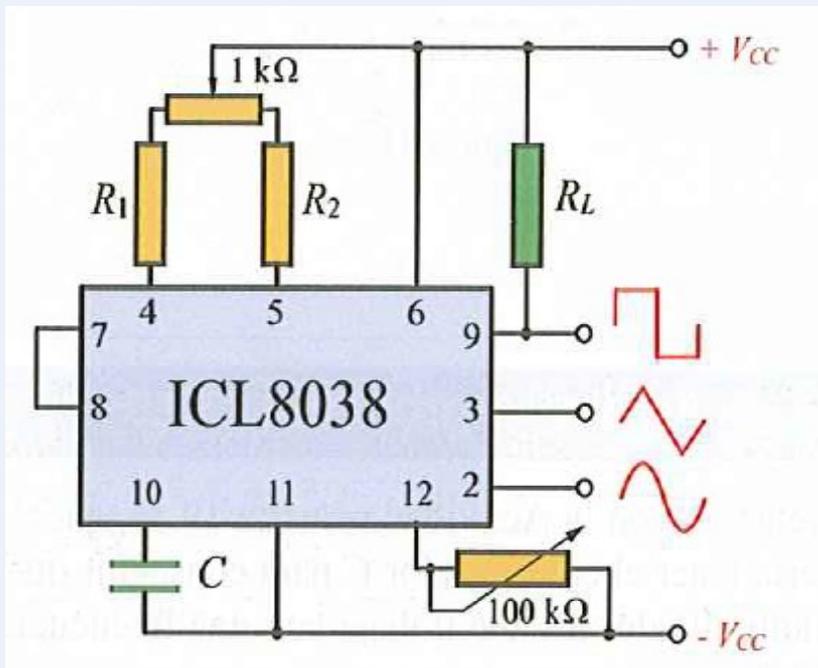


SIRENA ELECTRÓNICA



GENERADOR DE FUNCIONES

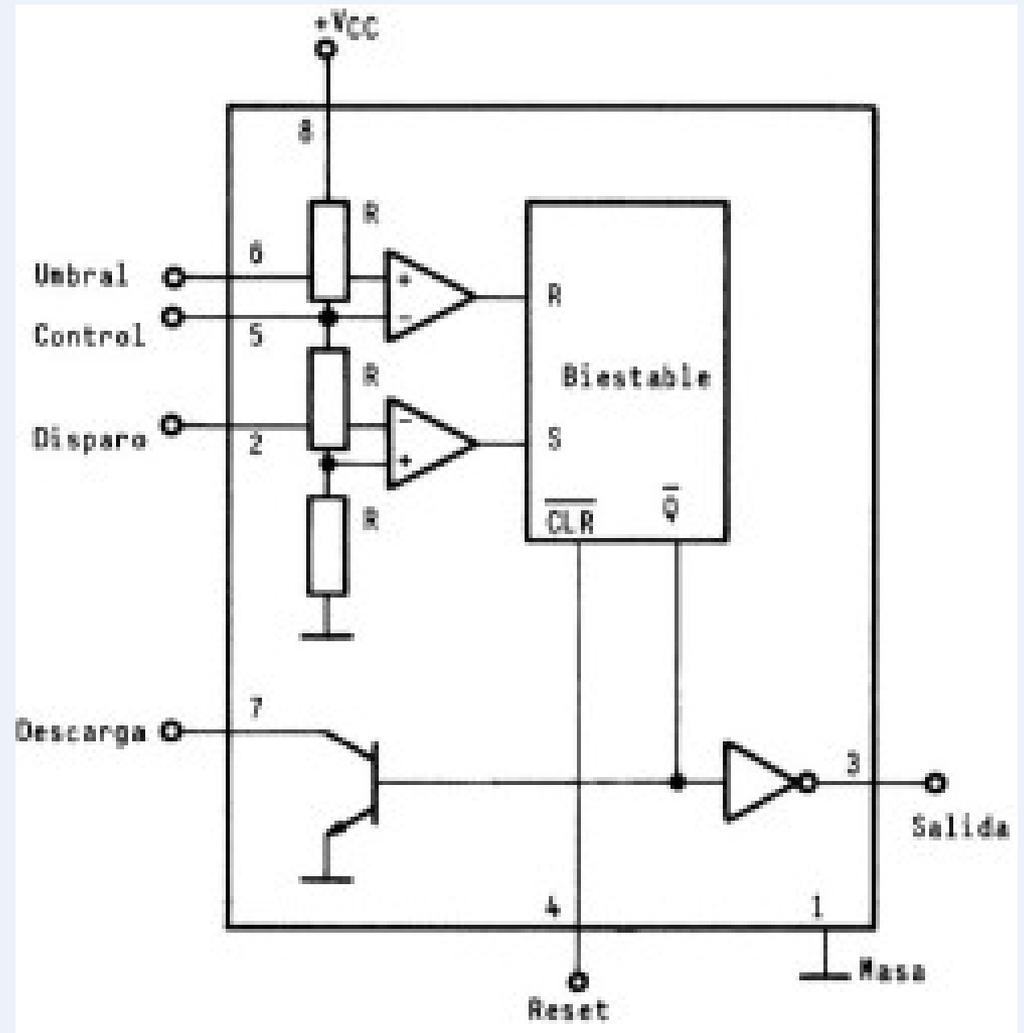
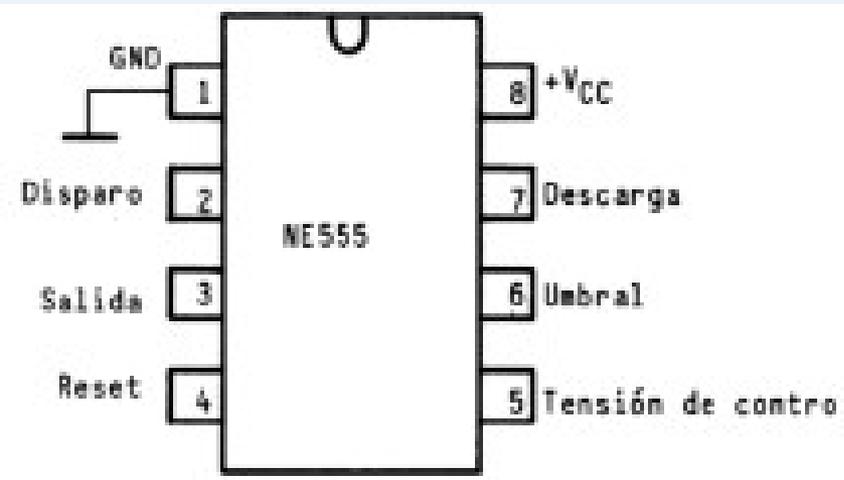
- Por generador de funciones conocemos a un instrumento que produce a su salida señales de frecuencias entre 0,1 y 1 MHz y de formas senoidales, cuadradas y triangulares.
- Esto se puede conseguir ahora con un solo circuito integrado.



$$f = \frac{1}{\frac{5}{3} R_1 C \left(1 + \frac{R_1}{2R_1 - R_2} \right)}$$

Es posible regular la frecuencia de salida si quitamos la unión entre 7 y 8, y regulamos con un potenciómetro la tensión en 8.

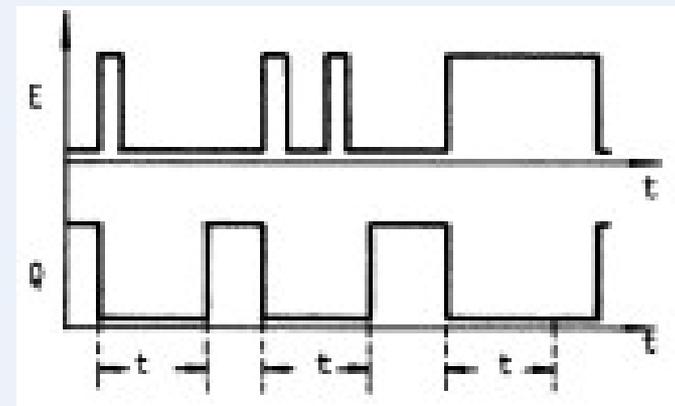
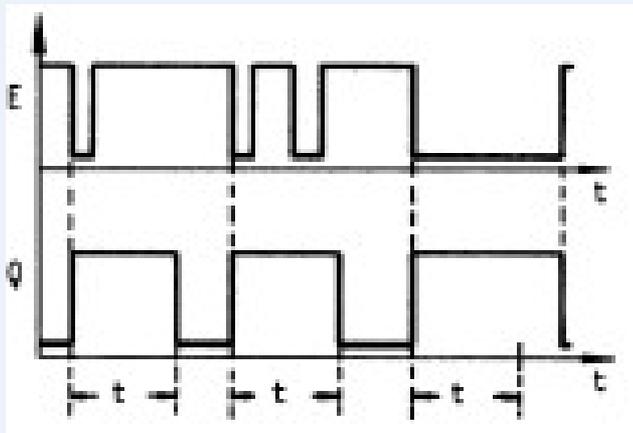
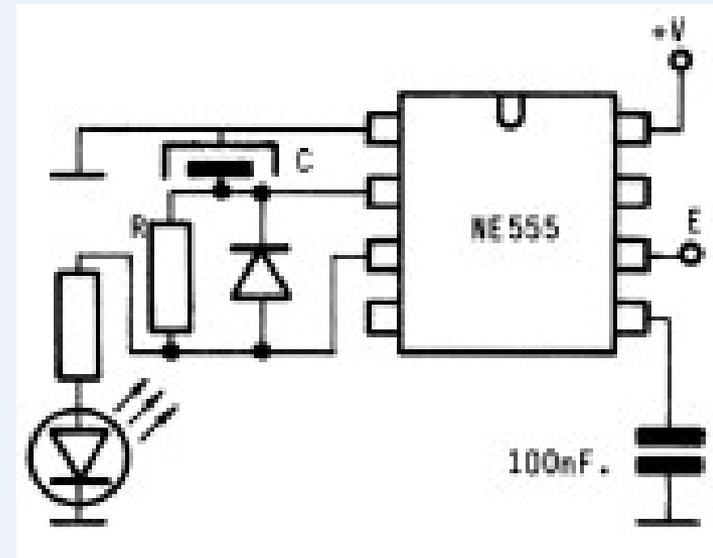
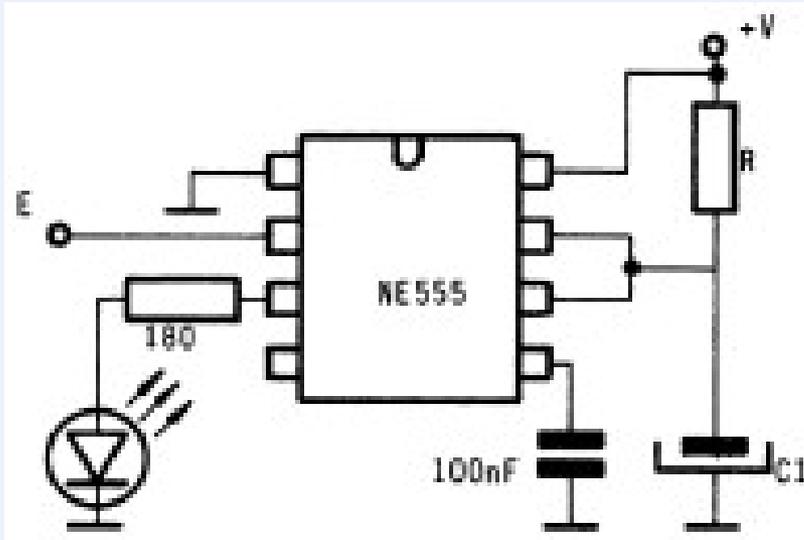
555



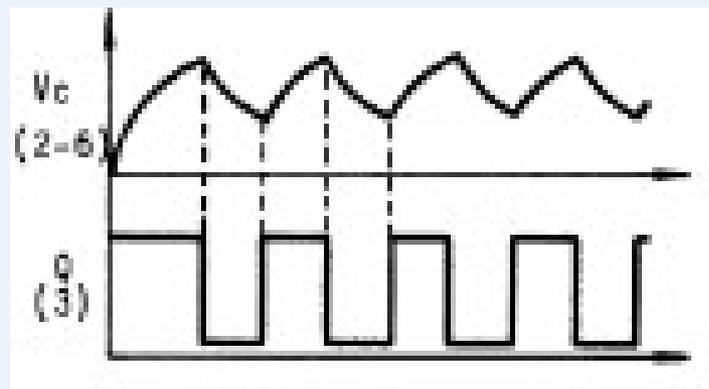
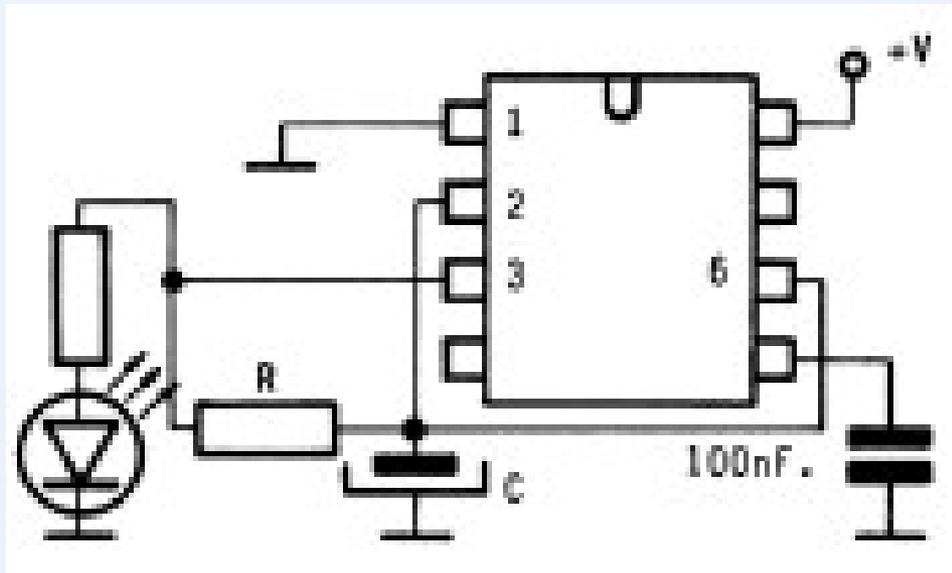
555 COMO MONOESTABLE

Monoestable disparado por bajada de tensión

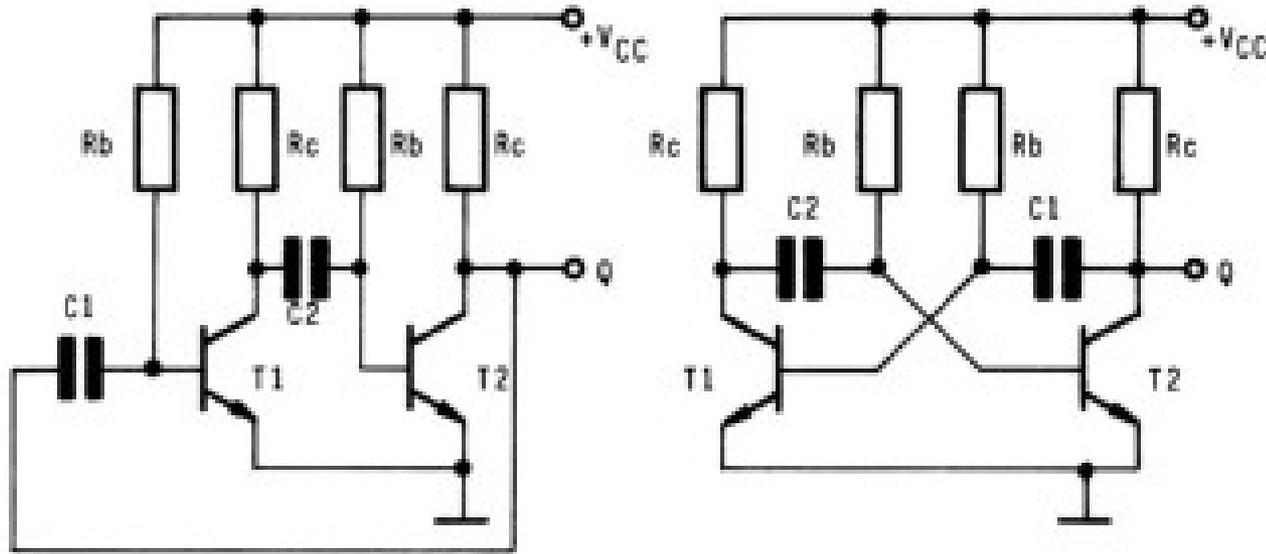
Monoestable accionado por subida (nivel bajo activo)



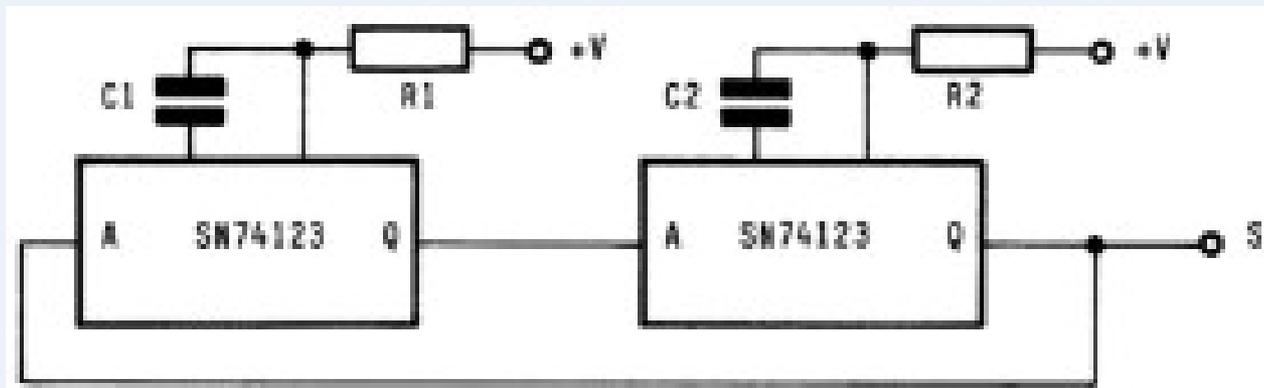
555 COMO ASTABLE



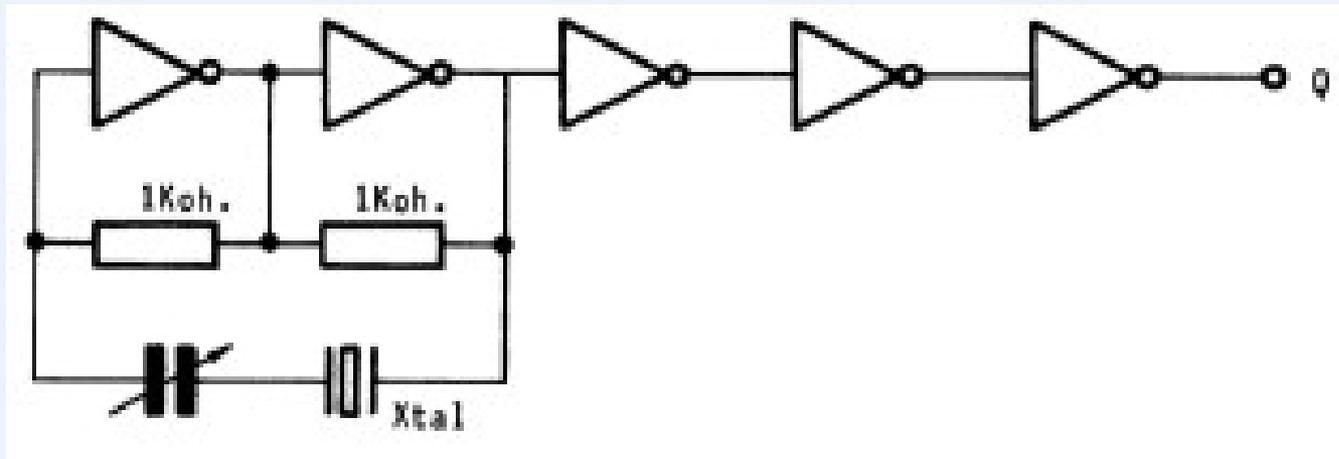
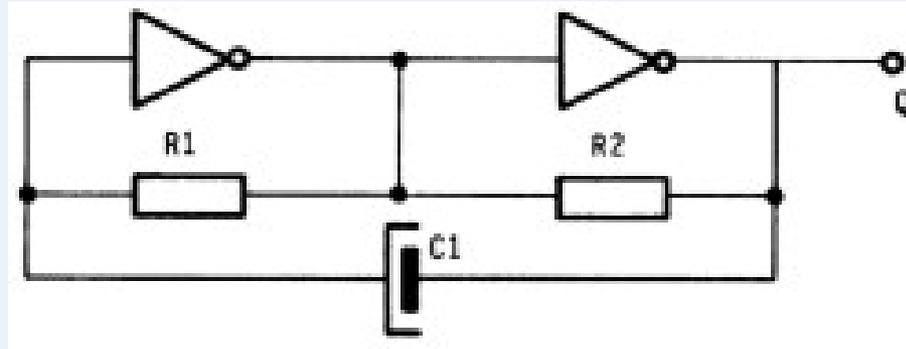
ASTABLES CON MONOESTABLES



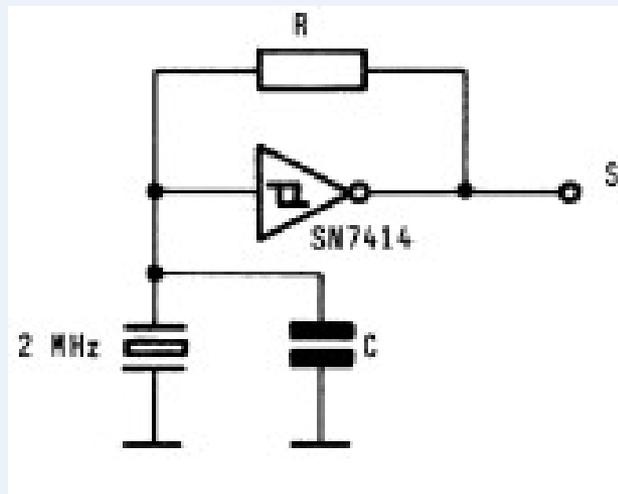
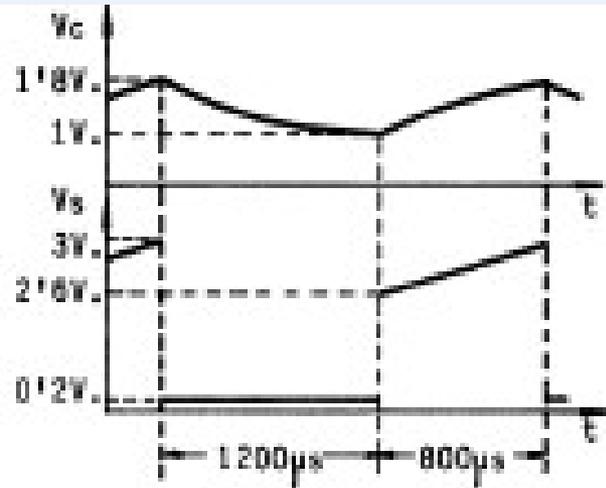
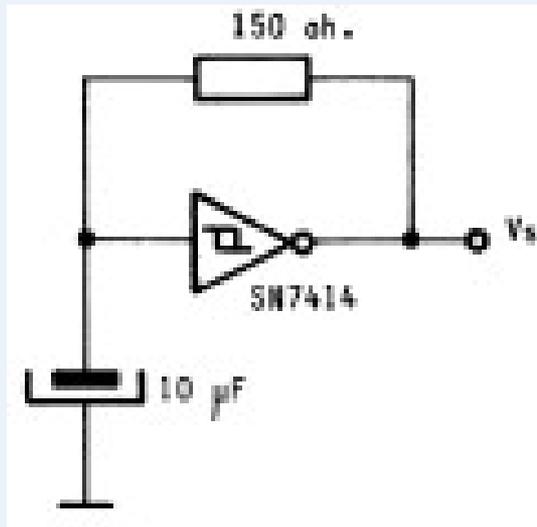
$$f \approx \frac{1}{2 \cdot R_b \cdot C \cdot \ln 2} \approx \frac{1}{1,4 \cdot R_b \cdot C}$$



ASTABLES CON INVERSORES



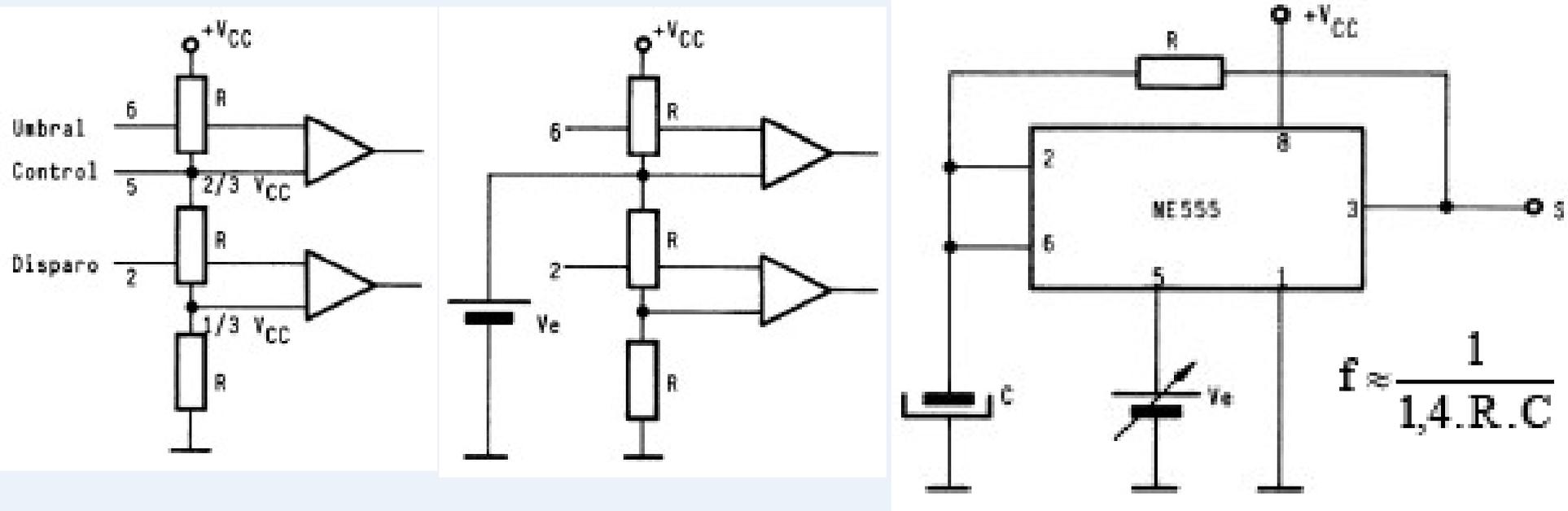
ASTABLES CON INVERSORES SCHMITH



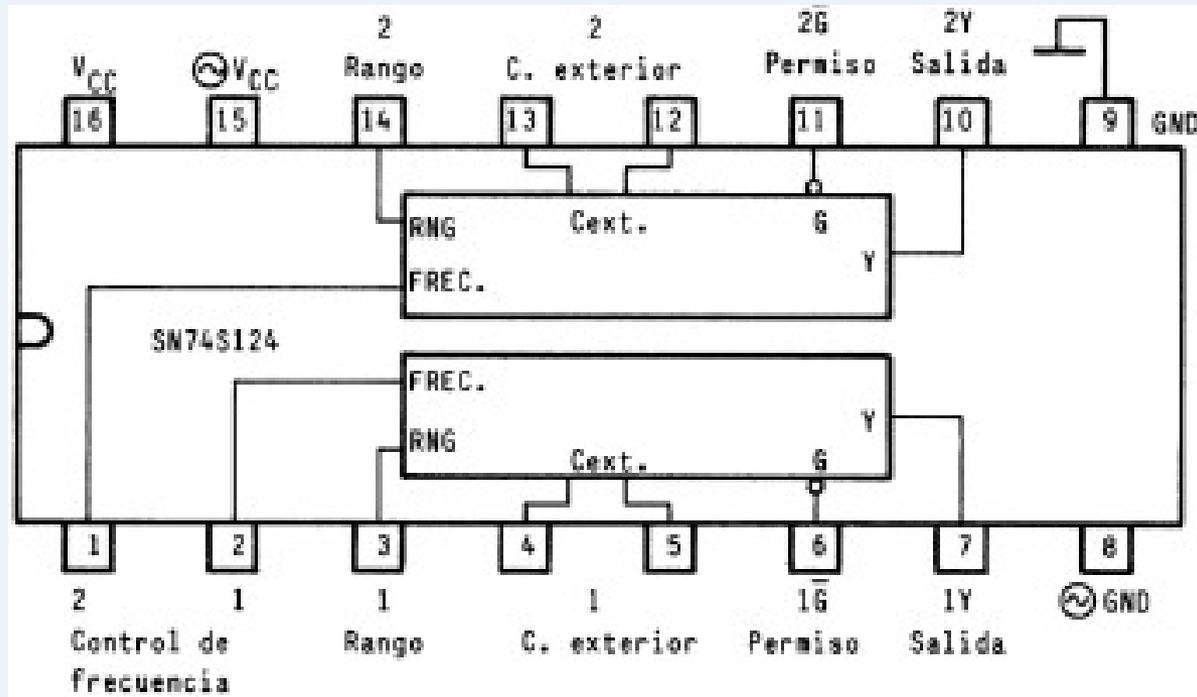
R	C
180	2200 pF
560	680 pF
1000	220 pF

OSCILADORES V.C.O.

- Los osciladores controlados por tensión se llaman también convertidores tensión-frecuencia.
- La frecuencia de salida depende de los valores de R y C y del valor de una tensión de control.



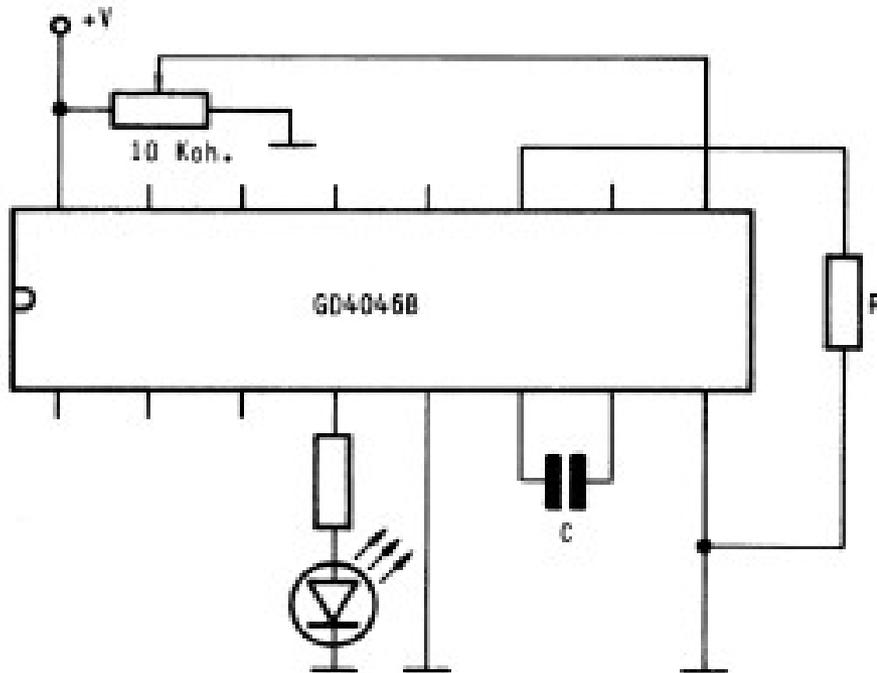
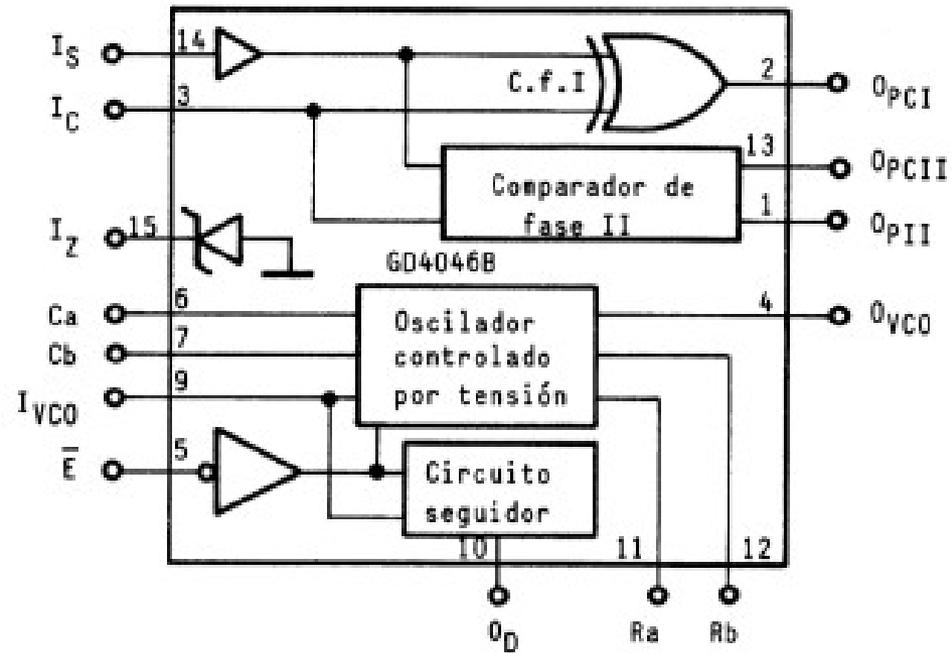
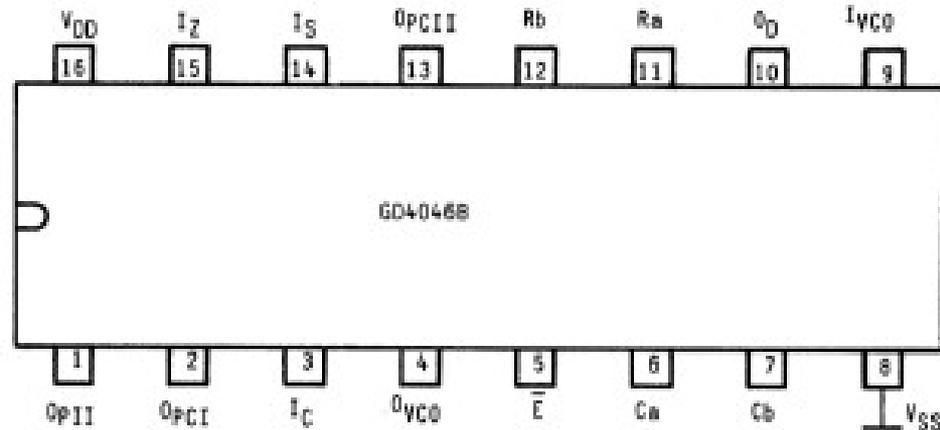
74124



$$C = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{f}$$

- Produce la oscilación con sólo un condensador externo.
- Las entradas de rango y frecuencia son las que mediante una tensión continua exterior pueden hacer cambiar la frecuencia del oscilador. Valor típico, 2 Voltios.

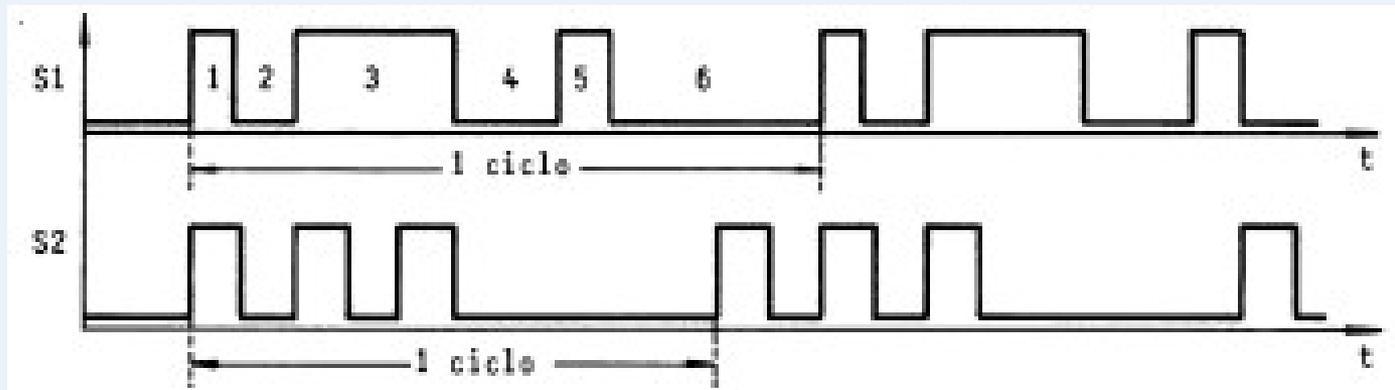
4046



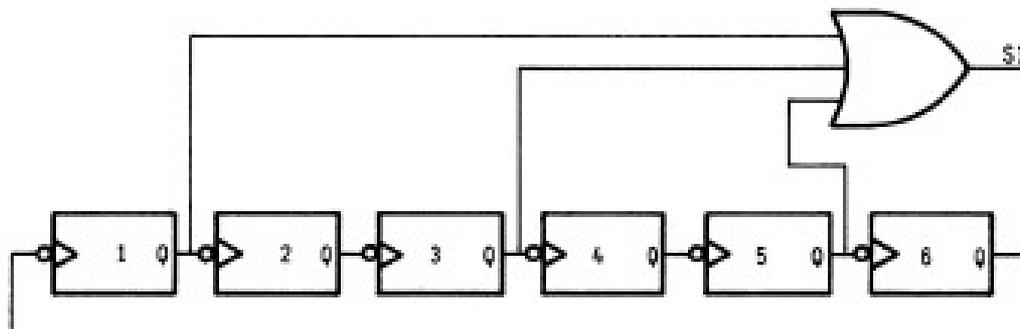
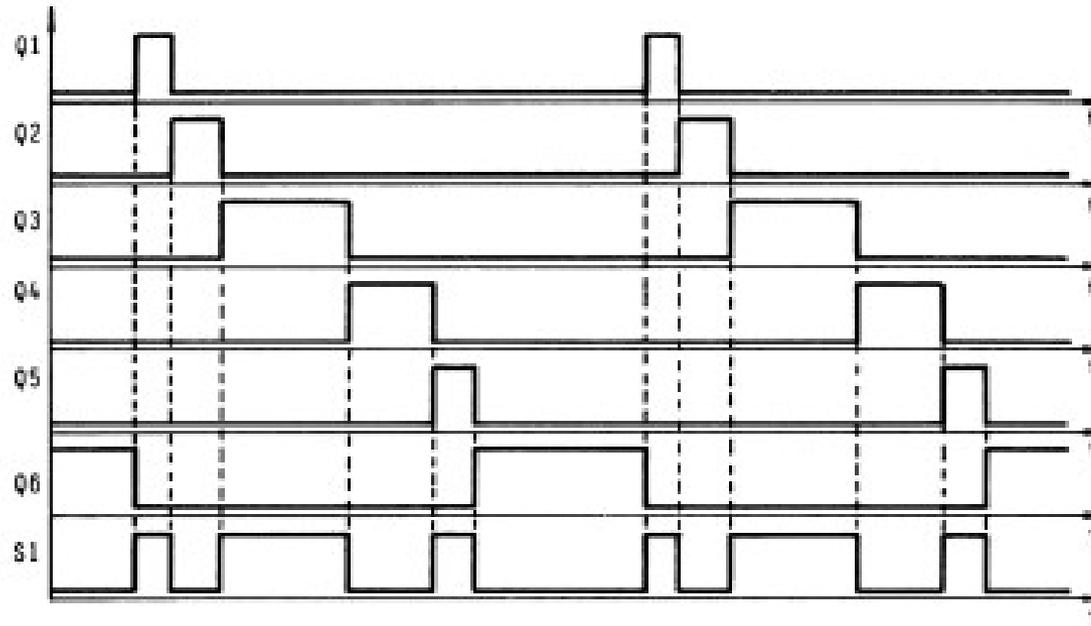
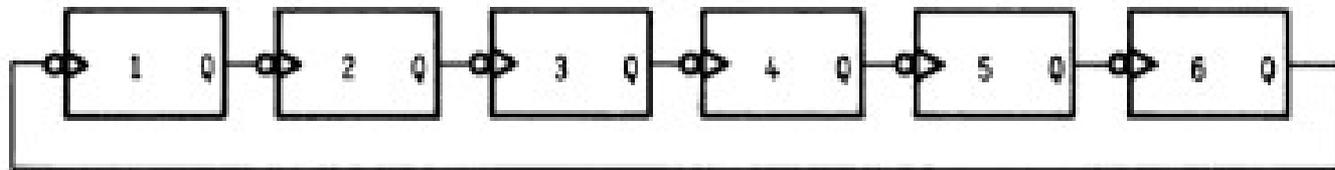
$$f \approx \frac{1}{2 \cdot R \cdot C}$$

GENERADORES DE SECUENCIA

- Conocemos el ciclo como la porción de la señal que se repite, pero esto no tiene porqué coincidir con un espacio de nivel alto y otro de nivel bajo.
- En un tren de pulsos, la parte que se repite puede tener varios pulsos y de distintos tiempos.



GENERADORES DE SECUENCIA



GENERADORES DE SECUENCIA

