

# P-3

## El circuito integrado NE555: Simulación y Diseño

---

### 1. Objetivo de la práctica

El objetivo de esta práctica es introducir al alumno en el uso y configuración del CI NE555. Este dispositivo electrónico es muy versátil ya que permite realizar muchas funciones con sólo cambiar la conexión de elementos externos como transistores, resistencias y condensadores.

En primer lugar, se introducirá el diagrama de bloques del NE555 haciéndose un análisis del funcionamiento interno. Este modelo interno se usará para realizar simulaciones en una determinada configuración del 555.

Una vez conocido el funcionamiento interno, se introducirá la configuración del 555 como "multivibrador monoestable" (o "configuración monoestable" como normalmente se le conoce). Finalmente, se mostrará la aplicación del 555 como modulador de anchura de pulsos. Para llevar a cabo estas implementaciones se hará uso de modelos genéricos disponibles en el paquete básico de MicroCap 9.0 Demo.

Todo este trabajo nos proporcionará los fundamentos necesarios para comprender la configuración del 555 como "multivibrador astable" y ser capaces de diseñar un oscilador controlado por tensión (también VCO o Voltage Controlled Oscillator) empleando el mencionado integrado, objetivo último de la siguiente práctica, a realizar en el laboratorio.

### 2. Introducción teórica

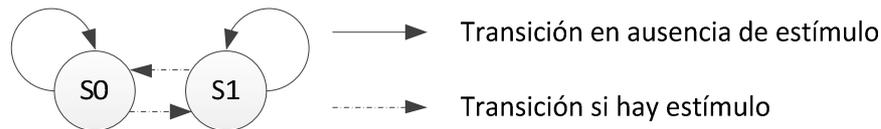
#### 2.1. Modos de funcionamiento

El 555 es un circuito que tiene dos estados. Según lo conectemos, ambos estados serán estables o inestables. Se dice que un estado es estable si, en ausencia de estímulo externo, el circuito se mantiene en el mismo estado. Se dice que el estado es inestable si, en ausencia de estímulo externo, el circuito tiende a evolucionar a otro estado (en este caso, al único otro estado posible).

Según lo expuesto anteriormente, tenemos 2 estados que pueden ser estables o inestables. Atendiendo a cuántos estados son estables y cuántos inestables, en un principio tenemos 3 opciones:

Los dos estados son estables: modo **biestable**. (**Figura 1.1**).

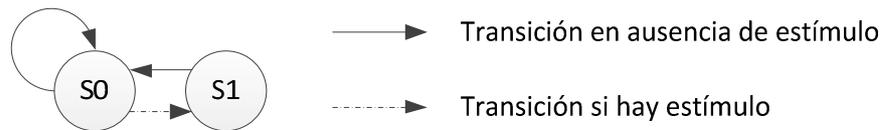
En este modo, el circuito funciona como un elemento de memoria.



**Figura 1.1 Modo biestable**

Un estado es estable y el otro es inestable: modo **monoestable**. (Figura 1.2)

En este modo, el circuito permanece en el estado estable hasta que detecta un estímulo, que le lleva a evolucionar al otro estado. Como éste otro estado es inestable, el circuito vuelve al estado estable por sí sólo. Esta configuración se puede utilizar como detector de pulsos.



**Figura 1.2 Modo monoestable**

Ambos estados son inestables: modo **astable** u oscilador. (Figura 1.3)

En este modo, el circuito está pasando continuamente de un estado a otro, ya que ambos son inestables. Se encuentra, efectivamente, oscilando.



**Figura 1.3 Modo astable u oscilador**

## 2.2. Diagrama de bloques del circuito NE555

El diagrama de bloques interno de este circuito aparece en la **Figura 1.4**. La información de cada uno de los pines del circuito y su función se muestra en la siguiente tabla

Nombre	Descripción
GND	Referencia de tensión
TRIG	Entrada de disparo (trigger)
OUT	Salida
/RESET	Reset del biestable
CTRL	Entrada de control
THR	Entrada de umbral (threshold)
DIS	Salida de descarga
VDD	Tensión de alimentación

El 555 está realizado internamente con componentes como transistores y amplificadores operacionales como los vistos en la teoría de la asignatura. Vemos que en el diagrama aparece un biestable, que es el elemento que nos permite tener dos estados. Se trata de un biestable RS, por lo que al activarse una de sus entradas le hará un RESET (puesta a cero) o un SET (puesta a uno) dependiendo de la entrada. Los comparadores son los encargados de cambiar el estado del circuito (estimulando las entradas R o S del biestable) en función de los valores de las señales CTRL, TRIG y THR. Estos comparadores se implementan normalmente utilizando amplificadores operacionales funcionando en modo saturación. El funcionamiento de cada uno de estos comparadores es el siguiente: cuando la entrada no inversora tiene mayor tensión que la entrada inversora, la tensión de salida del comparador será aproximadamente VDD, es decir, un nivel lógico alto, mientras que cuando la relación se invierte, la salida del comparador será prácticamente cero, es decir, un nivel lógico bajo.

También vemos que las resistencias están formando un divisor de tensión. Dado que las resistencias son del mismo valor, en ausencia de un valor en la entrada CTRL, el divisor de tensión pondrá  $CTRL = 2/3 VDD$ . Vemos además que el valor de TRIG siempre se comparará con  $CTRL / 2$ , debido también al divisor de tensión. Se puede ver además, que hay un transistor dedicado a descargar la capacidad que se conecte a la pata DIS. Este transistor sólo se activará cuando la salida del biestable sea un nivel alto (es decir, sólo en uno de los dos estados).

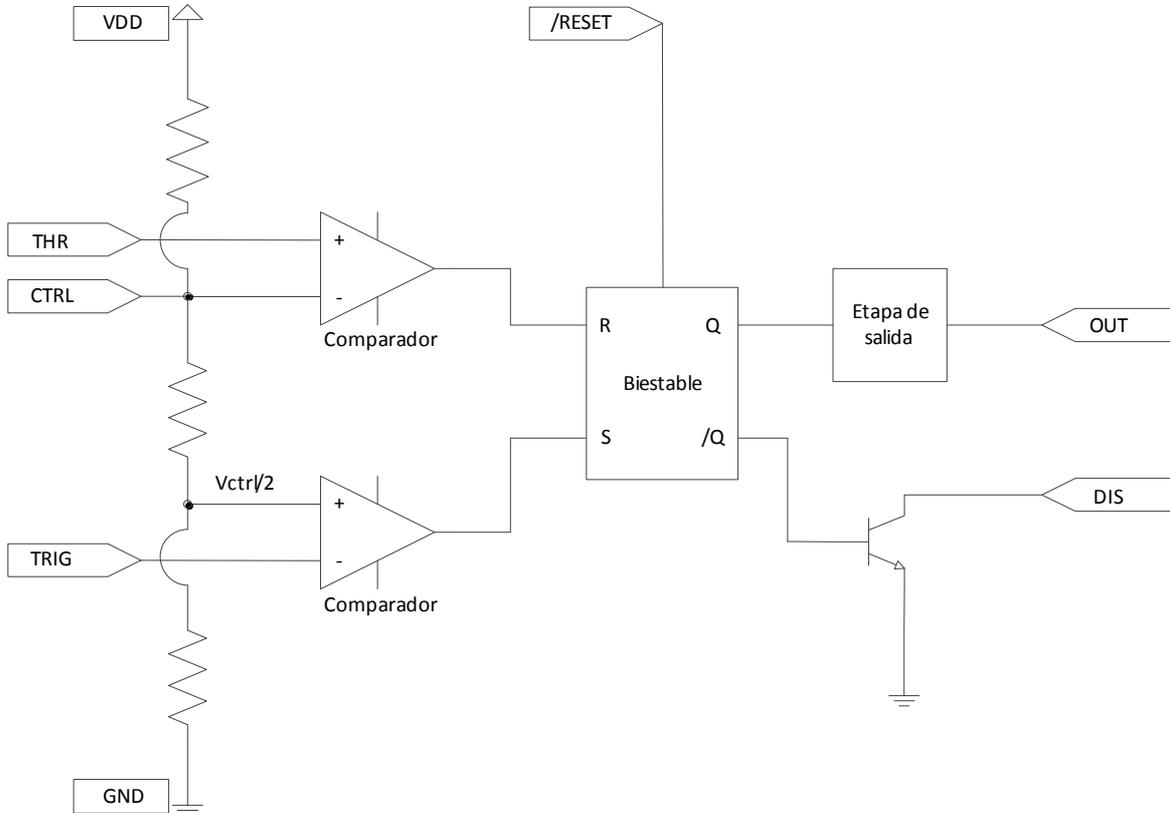


Figura 1.4 Diagrama de bloques interno del NE555

Los comparadores, el biestable y el transistor de descarga tienen el comportamiento de la **Figura 1.5**

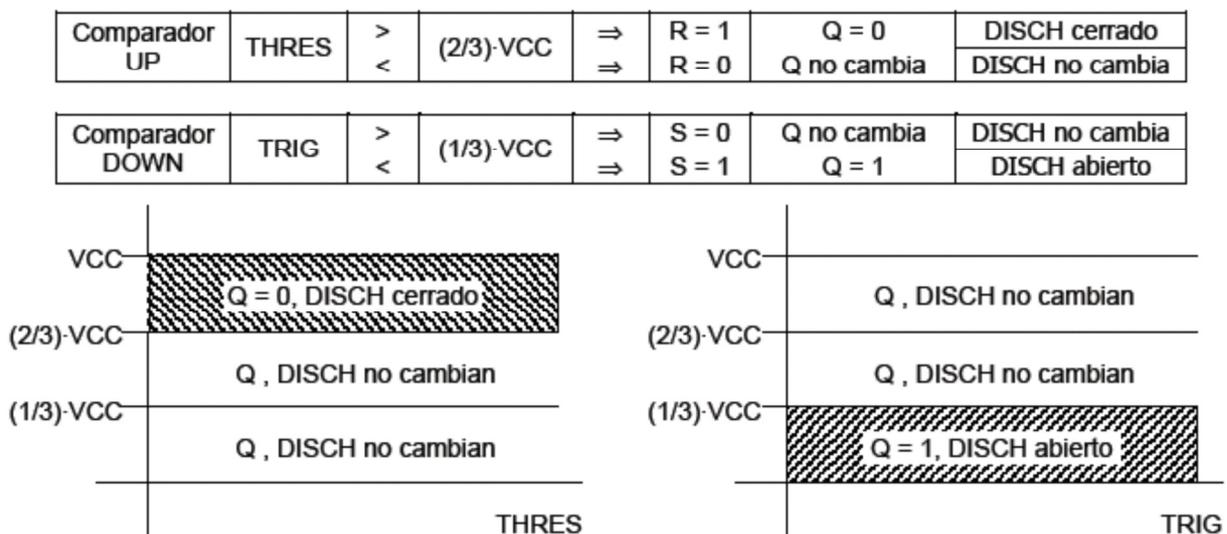


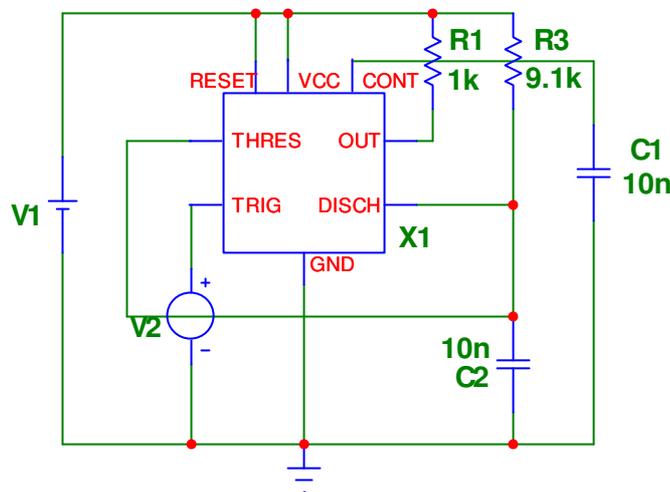
Figura 1.5 Comportamiento de la salida del 555 frente a las entradas

La tabla de verdad del biestable RS se muestra en la siguiente tabla

R	S	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	1
1	0	0
1	1	???

### 2.3. Configuración del CI NE555 como multivibrador monoestable

El circuito 555 en configuración monoestable entrega a su salida un solo pulso de ancho definido por el diseñador, cada vez que la tensión en el terminal TRIG cae por debajo de  $1/3 V_{DD}$ . El conexionado del circuito se detalla en la **Figura 1.6**



**Figura 1.6** Circuito 555 en configuración monoestable

Mientras la salida se encuentra a nivel alto es posible activar la entrada múltiples veces sin que esto afecte el ancho del pulso de salida. La fórmula para calcular el tiempo en el que la salida está en nivel alto es:

$$t = 1.1 \cdot R \cdot C$$

Al aplicar un pulso de nivel bajo de corta duración en el terminal TRIG, la tensión de la capacidad C2 aumenta exponencialmente hasta que alcanza un valor de  $2/3 V_{DD}$ . En ese instante, el comparador resetea el biestable, descarga la capacidad y la salida conmuta a nivel bajo. La evolución del condensador C2 se muestra en la **Figura 1.7**

Cuando el circuito 555 se encuentra en configuración monoestable y el terminal TRIG es conectado a un tren de pulsos continuo, la anchura de pulso de salida puede ser modulada mediante una señal aplicada al terminal CONT.

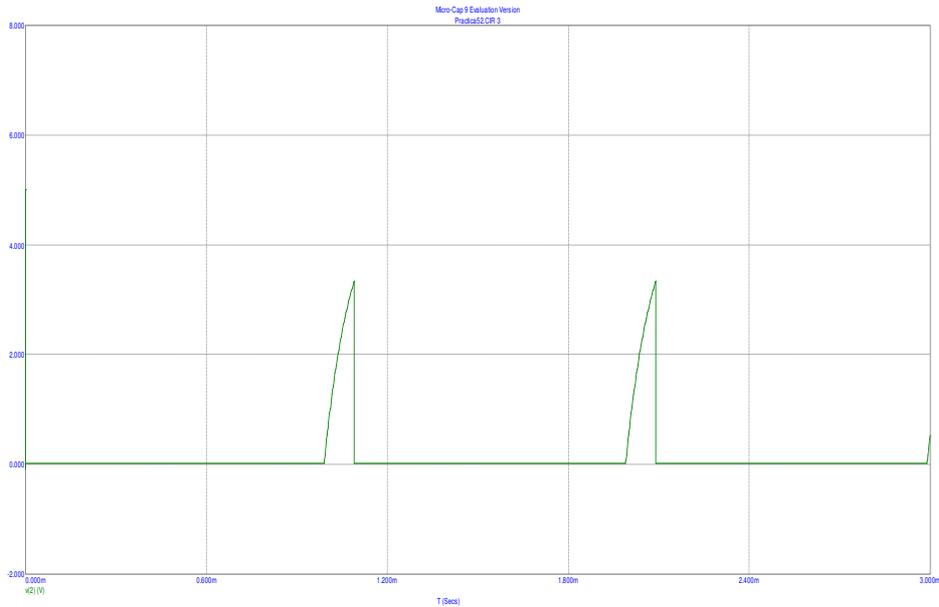


Figura 1.7 Evolución del condensador C2 en la configuración monoestable

#### 2.4. Configuración del CI NE555 como multivibrador astable

Una de las configuraciones más conocidas del 555 es la de multivibrador astable. Se trata de un circuito que genera una señal periódica de frecuencia y ciclo de trabajo configurables. En la **Figura 1.8** se detalla el conexionado del circuito

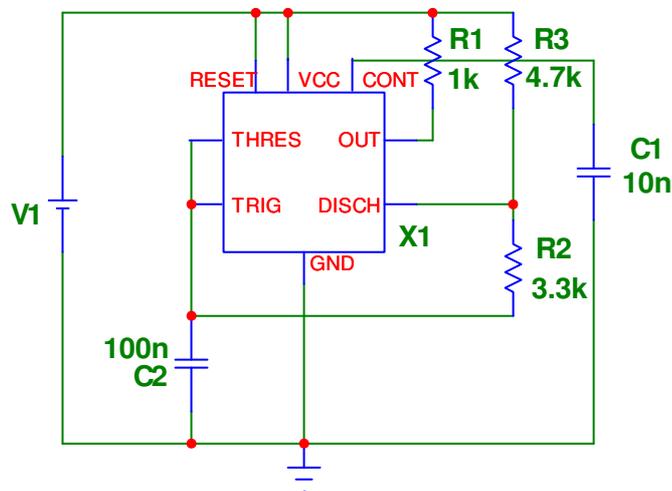
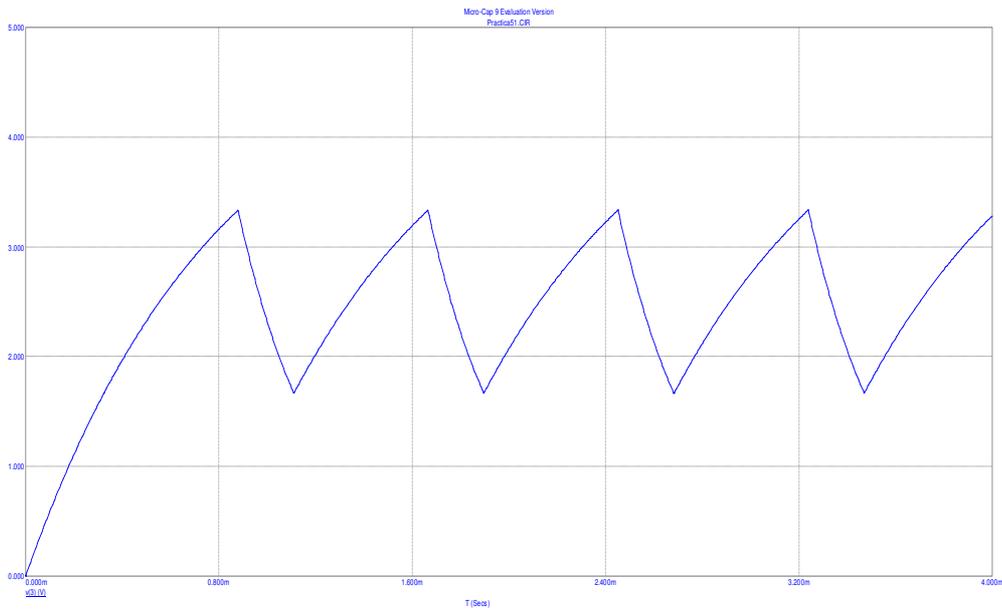


Figura 1.8 Circuito Oscilador basado en el 555

Este oscilador se basa en la carga y descarga del condensador C2. Dicho condensador se carga a través de R2 y R3 y se descarga sólo a través de R2 (esta descarga se realiza mediante el transistor DISCH). Los niveles de tensión entre los que se carga y descarga el condensador se muestran en la **Figura 1.9** y son  $(2/3) V1$  y  $(1/3) V1$  respectivamente.



**Figura 1.9 Evolución de la tensión del condensador C1 en la configuración astable**

En la configuración astable, para entender cómo influyen R2, R3 y C2 en el funcionamiento del circuito, debemos realizar un pequeño análisis.

Supongamos que el condensador C2 está descargado. Entonces, se cumple que  $V_{TRIG} < V_{CONT}/2$ , por lo que OUT valdrá 1. Mientras OUT = 1, la salida DIS está inactiva, por lo que el condensador C se está cargando a través de las resistencias R1 y R2. Por lo tanto, el tiempo que dura OUT a 1 será:

$$t_{alto} = \ln(2) * (R3 + R2) * C2$$

Cuando la tensión del condensador C sea mayor que  $V_{CONT}$ , la salida pasará a valer 0, y se activará la salida DIS. En este momento, es como si hubiéramos conectado la salida DIS a tierra (a través del transistor de descarga), por lo que condensador C se está descargando a través de R2. Por ello, el tiempo que dura OUT a 1 será:

$$t_{bajo} = \ln(2) * R2 * C2$$

C se descargará hasta que  $V_{TRIG} < V_{CTRL}/2$ , y en ese momento volverá a cambiar el estado del biestable, por lo que OUT volverá a valer 1 y se repite el ciclo. De esta forma, el periodo de oscilación del circuito es:

$$T = t_{alto} + t_{bajo} = \ln(2) * (R3 + 2 * R2) * C2$$

Por lo que la frecuencia de oscilación será:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\ln(2) * (R3 + 2 * R2) * C2}$$

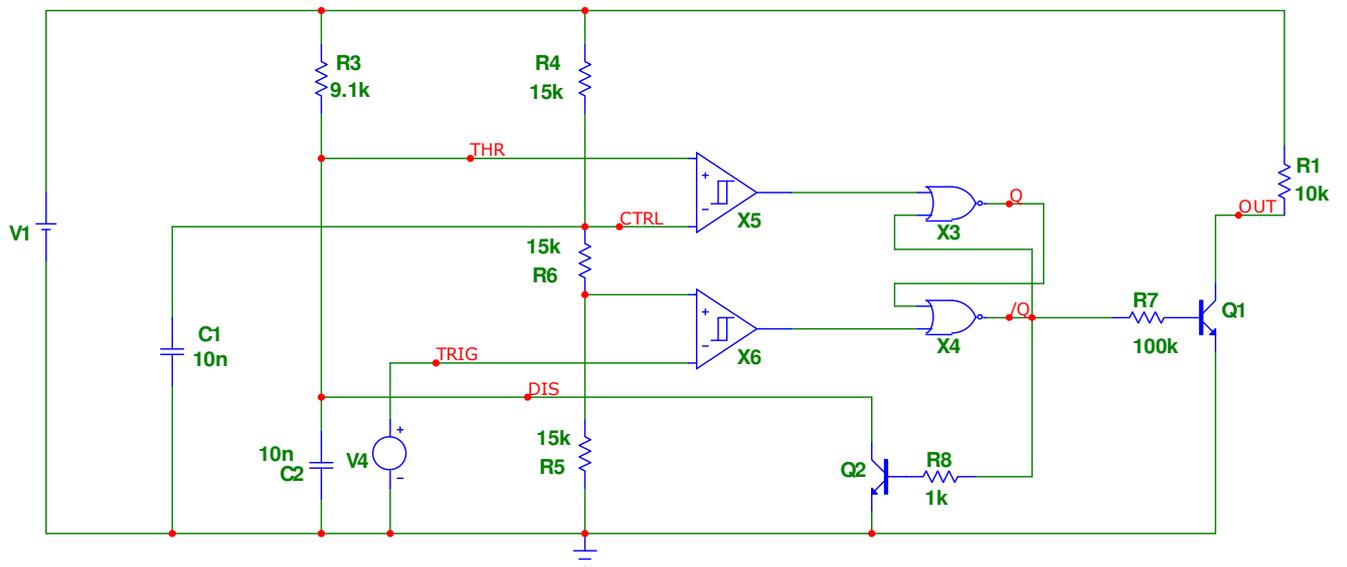
Se define el "ciclo de trabajo" o (duty cycle) de una señal como la relación existente entre el tiempo a nivel alto frente al periodo de dicha señal, expresado en %. Haciendo el cálculo en función de R1 y R2:

$$DutyCycle(\%) = 100 \cdot \frac{t_{alto}}{T} = 100 \cdot \frac{R3 + R2}{R3 + 2 \cdot R2}$$

### 3. Realización de la práctica

INSTRUCCIONES:

CIRCUITO 555 DISCRETO EN CONFIGURACIÓN MONOESTABLE



**Figura 1.10 Circuito 555 discreto en configuración monoestable**

- 1) Montar el circuito de la **Figura 1.10** en el entorno gráfico de Microcap 9.0 versión DEMO
- 2) Definir todos los valores de los parámetros de cada uno de los componentes según la siguiente tabla

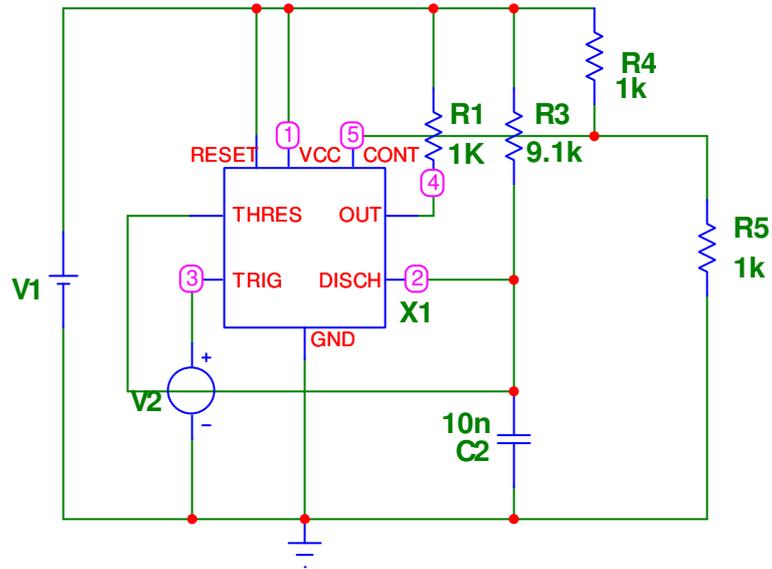
Parámetro	Modelo	Valor
V1	Battery (B)	5V
V4	Voltage Source	Pulse PW 490u PER 500u
R1	Resistor (R)	10k
R3	Resistor (R)	9.1k
R4,R5,R6	Resistor (R)	15k
R7	Resistor (R)	100k
R8	Resistor (R)	1k
C1	Capacitor(C)	10n
C2	Capacitor(C)	10n
Q1,Q2	NPN Transistor (Q)	2N2222
X3,X4	2-Input Nor Gates	7402
X5,X6	Comparator Macro	VIH,VIL=1m

- 3) Configurar un análisis transitorio con los siguientes valores

Parámetro	Valor
Time Range	CINCO PERIODOS
Maximum Time Step	1000 PUNTOS
Auto Scale Ranges	ACTIVO
Y Expression	OUT
Y Expression	TRIG
Y Expression	DIS

- 4) Representar gráficamente la salida del circuito en función del tiempo y el tren de pulsos aplicado como tensión de disparo, así como la evolución de la tensión del condensador C2. Medir con los cursores el valor máximo que alcanza la tensión de dicho condensador.
- 5) Medir con los cursores el tiempo que la señal de salida se mantiene a nivel alto.
- 6) Comparar con los resultados teóricos.

CIRCUITO 555 COMO MODULADOR DE ANCHURA DE PULSOS



**Figura 1.11 Circuito 555 como modulador de anchura de pulsos**

- 1) Montar el circuito de la **Figura 1.11** en el entorno gráfico de Microcap 9.0 versión DEMO
- 2) Definir todos los valores de los parámetros de cada uno de los componentes según la siguiente tabla

Parámetro	Modelo	Valor
V1	Battery (B)	5V
V2	Voltage Source	Pulse PW 490u PER 500u
R1	Resistor (R)	1K
R3	Resistor (R)	9.1K
R4,R5	Resistor (R)	1K
C2	Capacitor(C)	10n

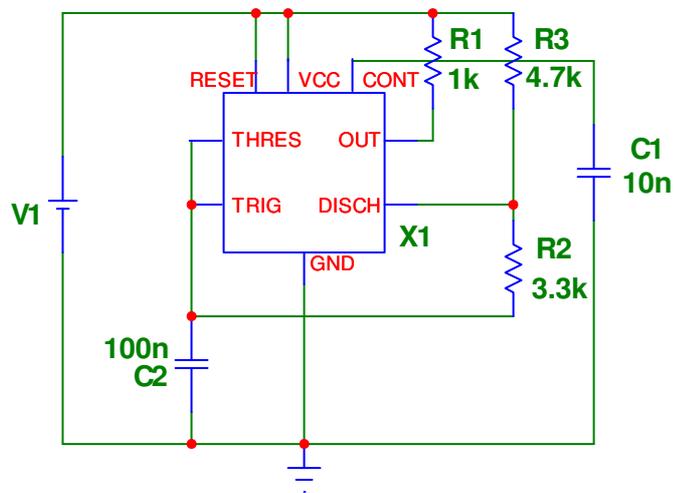
- 3) Configurar un análisis transitorio con los siguientes valores

Parámetro	Valor
Time Range	CINCO PERIODOS
Maximum Time Step	1000 PUNTOS
Auto Scale Ranges	ACTIVO
Y Expression	OUT
Y Expression	DISCH
Y Expression	TRIG

- 4) Representar gráficamente la salida del circuito en función del tiempo y el tren de pulsos aplicado como tensión de disparo, así como la evolución de la tensión del condensador C2. Medir con los cursores el valor máximo que alcanza la tensión de dicho condensador.
- 5) Medir con los cursores el tiempo que la señal de salida se mantiene a nivel alto.
- 6) Repetir las simulaciones cambiando el valor de R4 a 0.5K y 2K.

CIRCUITO 555 EN CONFIGURACIÓN ASTABLE

- 1) Montar el circuito de la **Figura 1.12** en el entorno gráfico de Microcap 9.0 versión DEMO



**Figura 1.12** Circuito 555 en configuración astable

- 2) Definir todos los valores de los parámetros de cada uno de los componentes según la siguiente tabla

Parámetro	Modelo	Valor
V1	Battery (B)	5V
R1	Resistor (R)	1K
R2	Resistor (R)	3.3K
R3	Resistor (R)	4.7K
C1	Capacitor(C)	10n
C2	Capacitor(C)	100n

- 3) Realizar el análisis del circuito. Seleccionar **Transient** y verificar los siguientes parámetros

Parámetro	Valor
Time Range	CINCO PERIODOS
Maximum Time Step	1000 PUNTOS
Auto Scale Ranges	ACTIVO
Y Expression	OUT
Y Expression	THRES,TRIG

- 7) Representar gráficamente la salida del circuito en función del tiempo, así como la evolución de la tensión del condensador C2. Medir con los cursores los valores entre los que oscila la tensión del condensador C2 en régimen permanente.
- 8) Medir en régimen permanente con los cursores el tiempo a nivel alto, el tiempo a nivel bajo y el periodo de la señal de salida.
- 9) Comparar con los resultados teóricos.

<b>Apellidos</b>		<b>Grupo</b>
<b>Nombre</b>		

### 1. Circuito 555 discreto en configuración monoestable

- 1) Anotar el valor máximo de tensión del condensador C2.

C2	Medida
Valor máximo	V

- 2) Medir con los cursores el ancho del pulso de la señal de salida.

Salida	Medida
Ancho de pulso	ms

- 3) Cálculo teórico.

Salida	Expresión de cálculo	Resultado
Ancho de pulso	$t = 1.1 \cdot R \cdot C$	ms

### 2. Circuito 555 como modulador de anchura de pulsos

- 4) Anotar el valor máximo del condensador C2.

R4	C2	Medida
0.5K	Valor máximo	V
1K	Valor máximo	V
2K	Valor máximo	V

- 5) Medir con los cursores el ancho del pulso de la señal de salida.

R4	Salida	Medida
0.5K	Ancho de pulso	ms
1K	Ancho de pulso	ms
2K	Ancho de pulso	ms

### 3. Circuito 555 en configuración astable

- 6) Anotar los valores entre los que oscila la tensión del condensador C2.

C2	Medida
Valor máximo	V
Valor mínimo	V

- 7) Medir con los cursores el tiempo a nivel alto, a nivel bajo y el periodo de la señal de salida.

Salida	Medida
Nivel alto: $t_H$	ms
Nivel bajo: $t_L$	ms
Periodo	ms
Frecuencia	kHz

- 8) Cálculos teóricos.

Salida	Expresión de cálculo	Resultado
Nivel alto: $t_H$	$t_{alto} = \ln(2) \cdot (R3 + R2) \cdot C2$	ms
Nivel bajo: $t_L$	$t_{bajo} = \ln(2) \cdot R2 \cdot C2$	ms
Frecuencia	$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\ln(2) \cdot (R3 + 2 \cdot R2) \cdot C2}$	kHz