

El circuito integrado 555

28.1. INTRODUCCION

Una vez más surge un circuito integrado para cubrir un determinado número de aplicaciones que se venían realizando con componentes discretos (transistores, resistencias, etc.), éste es el NE555 o, generalmente, 555. Desarrollado inicialmente por la firma Signetics y construido después por otros muchos fabricantes, es un circuito integrado monolítico de bajo coste y elevadas prestaciones, encontrando sus principales aplicaciones como multivibrador astable y monoestable, conformador y/o detector de pulsos, etc. Tiene, en cualquiera de los casos, como características principales la necesidad de muy pocos componentes auxiliares y la facilidad de cálculo y diseño de sus circuitos asociados. Por todo ello, encontró rápidamente gran aceptación, y éste es el motivo por el que merece ser estudiado de forma monográfica.

28.2. DESCRIPCION BASICA

El C.I. 555 presenta varios tipos de encapsulado (Fig. 28.1): 8 patillas MINIDIP en plástico, cápsula DIP de 14 patillas y encapsulado metálico TO-99 (estas dos últimas prácticamente en desuso).

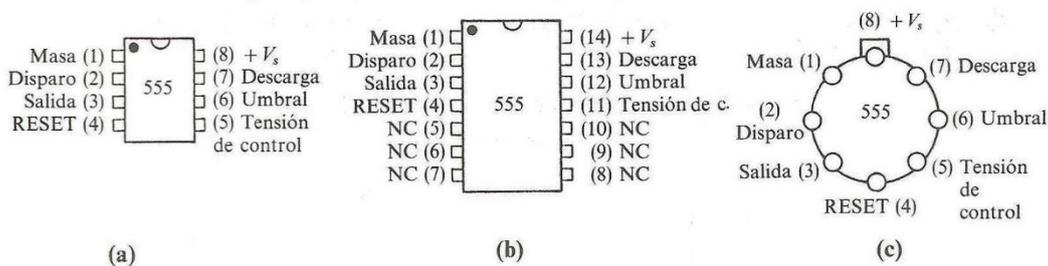


Figura 28.1. Encapsulado del C.I. 555: (a) DIP 8 patillas. (b) DIP 14 patillas. (c) Metálica TO-99 de 8 patillas.

Su estructura interna simplificada se representa en el diagrama de bloques de la Figura 28.2, donde se indican, además, las conexiones externas para acceder a cada uno de ellos.

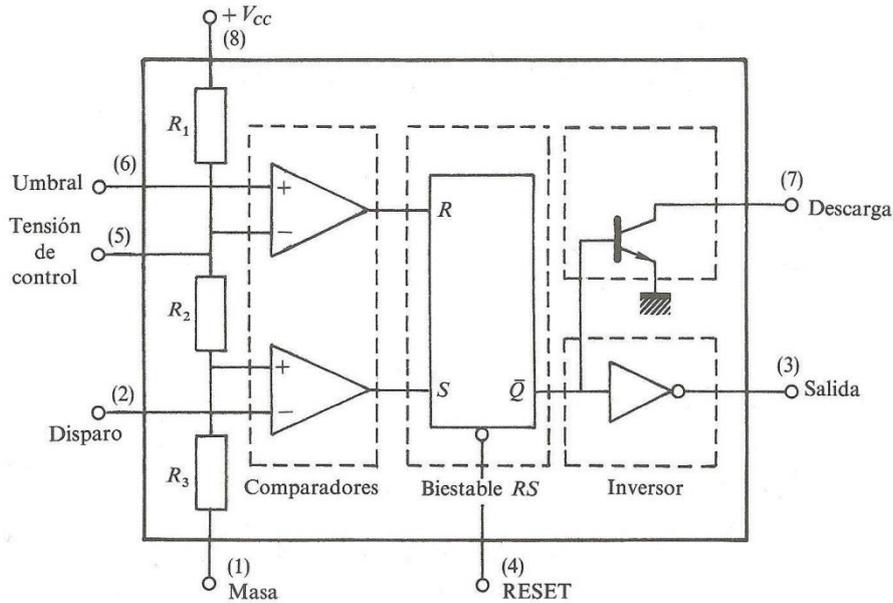


Figura 28.2. Diagrama de bloques del C.I. 555.

La misión de cada bloque es la siguiente:

- **Comparadores:** Ofrecen a su salida dos estados perfectamente diferenciados (alto y bajo) en función de las tensiones aplicadas a sus entradas (+ y -), de tal forma que

si $V(+)$ > $V(-)$, la salida toma un nivel alto

si $V(+)$ < $V(-)$, la salida toma un nivel bajo

No se contempla el caso $V(+)$ = $V(-)$, ya que una muy pequeña variación entre ambas hace que la salida adopte el nivel determinado por el sentido de dicha variación.

- **Biestable RS:** Su funcionamiento responde al de cualquier biestable, ofreciendo dos estados permanentes. En este caso presenta dos entradas de activación: R y S y su salida \bar{Q} obedece a la Tabla 28.1.

Tabla 28.1. Tabla de funcionamiento simplificada del biestable RS

	R	S	Salida \bar{Q}
Nivel	Alto	Bajo	Alto
	Bajo	Alto	Bajo

Posee, además, una entrada adicional denominada **RESET** y conectada a la patilla 4 que pone a nivel alto la salida \bar{Q} , independientemente de los niveles de R y de S , cuando en dicha patilla existe un nivel bajo.

- **Descarga:** Lo constituye un transistor que es gobernado por la salida del biestable y que, como posteriormente veremos, sirve para ofrecer un camino de descarga al condensador que determine la constante RC de temporización.

- **Inversor:** Invierte el nivel de la salida \bar{Q} del biestable (cambia un nivel alto a bajo y viceversa). Su salida se conecta a la patilla 3 y constituye la salida del conjunto.

De forma conjunta, su comportamiento es como sigue:

Las tres resistencias R_1 , R_2 y R_3 conectadas entre $+V_{CC}$ y masa, ofrecen valores exactamente iguales (típicos de $5\text{ k}\Omega$), ya que su proceso de implantación es simultáneo y sometiendo idéntico material a un mismo proceso; ello implica que entre sus puntos de unión y masa existan exactamente $2/3 V_{CC}$ y $1/3 V_{CC}$, respectivamente.

El punto de unión de R_1 y R_2 está conectado a la entrada «-» del comparador superior. Mientras la entrada de *umbral* (patilla 6) esté a un nivel inferior a $2/3 V_{CC}$, la salida de dicho comparador permanecerá a nivel bajo. Cuando dicha tensión sea superada, la salida del comparador pasará a nivel alto, con lo que \bar{Q} adoptará un nivel alto y la salida (patilla 3) pasará a nivel bajo.

Por otra parte, el transistor de descarga se encontrará directamente polarizado y en condiciones de saturarse si el circuito asociado al colector lo polariza adecuadamente.

La entrada «+» del comparador inferior está conectada a un potencial de $1/3 V_{CC}$. Cuando la tensión de *disparo* (patilla 2) cae por debajo de dicho valor, la salida del comparador actúa sobre la entrada S del biestable y su salida pasa a nivel bajo, el transistor de descarga pasa, por tanto, al corte y la salida del circuito a nivel alto.

Independientemente de los niveles de las entradas *umbral* y *disparo*, si la entrada **RESET** (patilla 4) se conecta a un nivel inferior a 1 V , la salida \bar{Q} pasa a nivel alto y la salida (patilla 3) se pone a nivel bajo; el transistor de descarga se satura, manteniéndose en ese estado mientras en dicha entrada permanezca un nivel bajo.

Como características principales del 555 podemos citar:

- Su elevada estabilidad térmica: variación del orden de $0,005$ por $100/^\circ\text{C}$.
- Amplio margen de tensiones de alimentación: entre $4,5$ y 16 voltios (llegando a los 18 V para algunas versiones).
- Corriente de salida: hasta 200 mA , tanto entregada como absorbida, lo que, en muchos casos, hace innecesario el empleo de circuitos exteriores para excitar a la carga, ya que ésta se puede conectar indistintamente entre la salida y masa o entre la salida y $+V_{CC}$, debiendo tener presente únicamente que, en uno y otro caso, los niveles en la carga están invertidos entre sí.
- Temporizaciones u oscilaciones: prácticamente independientes de la tensión de alimentación.

28.3. FUNCIONAMIENTO

Estudiaremos tres circuitos típicos de aplicación del 555: multivibrador astable y monoestables con salida normalmente alta y baja.

■ **Multivibrador astable**

El circuito de la Figura 28.3 muestra la disposición necesaria para conseguir tal modo de funcionamiento.

La entrada de RESET (patilla 4) se conecta a $+V_{CC}$ para evitar puestas a cero accidentales de la salida. Por otra parte, la conexión de C_2 no es estrictamente necesaria, pero mejora el funcionamiento al derivar posibles ruidos inducidos en dicha entrada.

La resistencia equivalente $R_1 + R_2$ determina la constante de carga conjuntamente con C_1 , R_2 y C_1 la de descarga.

Al estar unidas las entradas de disparo y de umbral, están sometidas a la misma tensión, de esta forma, al conectar la alimentación y supuesto C_1 inicialmente descargado, ambos terminales están al potencial de masa; luego la salida (patilla 3) estará a nivel alto y el transistor de descarga en corte. En estas circunstancias C_1 se empezará a cargar a través de $R_1 + R_2$; transcurrido un tiempo determinado, en extremos de C_1 la tensión será igual a $1/3 V_{CC}$, con lo que la entrada S del biestable pasará a nivel bajo, pero su salida no conmutará a nivel alto, mientras la entrada R no pasa a nivel alto, hecho que tendrá lugar cuando la tensión en extremos de C_1 sea igual o superior a $1/3 V_{CC}$. En ese momento, la salida del biestable pasará a nivel alto y las patillas 3 y 7 tomarán un nivel bajo.

Del modo ya conocido (véase Práctica 27) se llega a la conclusión de que el tiempo t_1 (Gráfica 28.1) necesario para que la tensión en extremos de C_1 sea igual a $2/3 V_{CC}$ es

$$t_1 = 0,693(R_1 + R_2)C_1$$

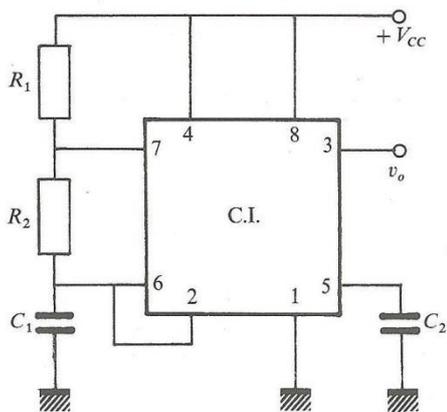
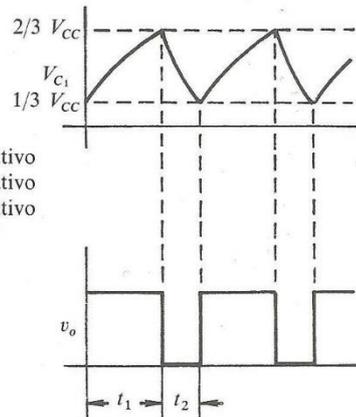


Figura 28.3. Multivibrador astable con C.I. 555.

- $R_1 =$ Ver P operativo
- $R_2 =$ Ver P operativo
- $C_1 =$ Ver P operativo
- $C_2 = 10 \text{ nF}, 60 \text{ V}$
- C.I. = NE555
- $V_{CC} = 12 \text{ V}$



Gráfica 28.1. Formas de onda de salida y en extremos de C_1 .

Transcurrido el tiempo t_1 , la patilla 7 se pone a potencial 0 y C_1 comienza a descargarse a través de R_2 ; inmediatamente la entrada R del biestable pasará a nivel bajo, pero no afectará a su salida, por lo que continuará su descarga hasta que la tensión en sus extremos sea igual a $1/3 V_{CC}$, momento en el que la entrada S pasará a nivel alto y el

biestable basculará, pasando la salida y el terminal de descarga a nivel alto y estando en condiciones de iniciar un nuevo ciclo.

El tiempo t_2 necesario para la descarga de C_1 hasta $1/3 V_{CC}$ será

$$t_2 = 0,693R_2C_1$$

siendo, por tanto, la duración de un ciclo

$$T = t_1 + t_2 = 0,693(R_1 + 2R_2)C_1$$

y la frecuencia de oscilación

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)C_1}$$

De lo expuesto, se puede deducir, que la frecuencia de oscilación es independiente de la tensión de alimentación, dentro de los márgenes admisibles y la facilidad de diseño de un multivibrador para una frecuencia determinada, con el solo hecho de fijar el valor de C_1 .

■ Multivibrador monoestable con salida normalmente baja

De forma parecida al caso anterior, la Figura 28.4 muestra un multivibrador monoestable de dicha característica.

En condiciones de reposo C_1 se encuentra descargado, de esta forma la salida está a nivel bajo, ya que la entrada de disparo se ha de encontrar a un nivel superior a $1/3 V_{CC}$. Cuando la tensión en la patilla 2 (disparo) cae por debajo de dicho nivel, por efecto de un pulso negativo, la salida pasa a nivel alto y el transistor de descarga se sitúa en corte; C_1 se empieza a cargar a través de R , hasta que la tensión en la entrada de umbral sea igual o superior a $2/3 V_{CC}$, momento en el que el biestable cambiará de estado por efecto de su entrada R y permanecerá en él hasta la aparición de un nuevo pulso en v_D .

El tiempo que tarde C_1 en cargarse vendrá determinado por

$$t = 1,1RC_1$$

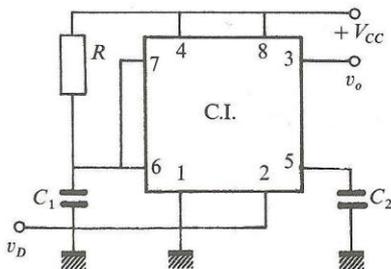
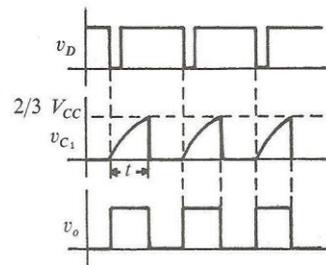


Figura 28.4. Monoestable con C.I. 555 con salida normalmente baja.

$R = \text{Ver } P \text{ operativo}$
 $C_1 = \text{Ver } P \text{ operativo}$
 $C_2 = 10 \text{ nF}, 63 \text{ V}$
 C.I. = NE555
 $V_{CC} = 12 \text{ V}$



Gráfica 28.2. Formas de onda en un monoestable con C.I.

La Gráfica 28.2 muestra la evolución de la tensión de salida (v_o) en función de la tensión de disparo (v_D) y la tensión en extremos del condensador (v_{C_1}).

Cuando se trata de obtener ciclos de larga duración y, por tanto, se obliga a C_1 a tomar valores iguales o superiores a $100 \mu\text{F}$, es conveniente insertar una resistencia del orden de 100Ω en serie con la patilla 7, para proteger al transistor de descarga de la corriente provocada por la descarga de C_1 .

■ Multivibrador monoestable con salida normalmente alta

El circuito de la Figura 28.5 presenta como característica diferenciadora con el de la Figura 28.4 que la salida permanece normalmente a nivel alto, pasando a nivel bajo durante el estado transitorio.

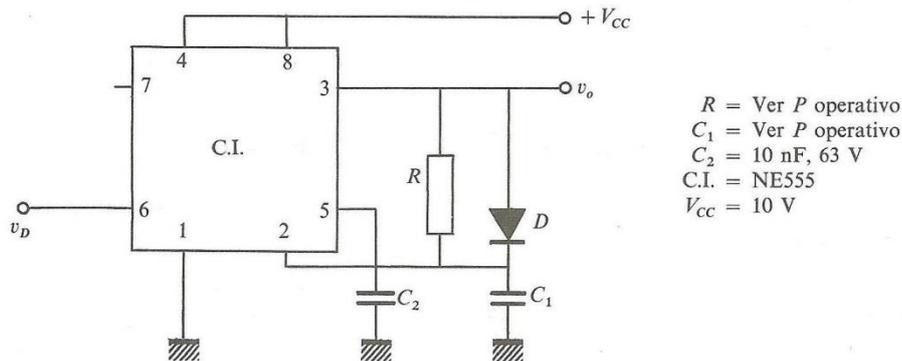


Figura 28.5. Multivibrador monoestable con C.I. 555 con salida normalmente alta.

En reposo, v_D (patilla 6) está a nivel bajo, C_1 cargado a través del diodo D y la patilla 2 a nivel alto, ya que la salida está a nivel alto determinado por el nivel de la entrada de umbral.

Cuando v_D pasa a nivel alto, la entrada R del biestable pasa a nivel alto, su salida igualmente a nivel alto y, por tanto, la salida del circuito a nivel bajo. A partir de ese instante, C_1 se descarga a través de la resistencia R hasta que la tensión en sus extremos sea $1/3 V_{CC}$, momento en el que la entrada S al biestable pasa a nivel alto y su salida también, con lo que C_1 se cargará rápidamente a través de D permaneciendo en dicha situación hasta la llegada de un nuevo pulso positivo a v_D .

En este caso, el tiempo de duración del estado transitorio será

$$t = 1,1RC_1$$

28.4. CONSIDERACIONES GENERALES

- En los catálogos de información se encuentran, entre otros datos, ábacos para la determinación rápida de los valores de la capacidad y de sus resistencias asociadas en

aplicaciones como monoestable y astable, para unas condiciones requeridas de temporización o frecuencia de oscilación respectivamente.

- Cuando se desee obtener un valor exacto de temporización u oscilación y se calculen valores de componentes no normalizados, se ha de recurrir al empleo de potenciómetros y proceder, posteriormente, al ajuste de los mismos para obtener los resultados deseados.
- Cuando se requiera temporizaciones de larga duración o activar circuitos en cascada en los que medie una temporización entre cada activación, es posible conectar C.I., 555 de manera secuencial, de tal forma que la salida de uno active la entrada del siguiente, pudiendo en su caso conseguir temporizaciones de muy larga duración.

Para tal fin, es cómodo utilizar C.I., 556 ya que cada uno de éstos incluyen dos circuitos idénticos al 555.

28.5. PROCESO OPERATIVO

1. Aplicar 10 V de c.c. entre las patillas 8 y 1 de un C.I. 555.
2. Conectar las patillas 2, 4 y 6 de forma adecuada y medir la tensión en las patillas 3 y 7.
3. Razonar los resultados obtenidos.
4. Realizar los cálculos necesarios para obtener una onda cuadrada de 1 kHz, empleando un C.I. 555.
5. Con los valores obtenidos del punto anterior, conectar el circuito de la Figura 28.3. Medir y anotar las formas de onda v_{c_1} y v_o en una tabla. Anotar la frecuencia de oscilación en una tabla y compararla con la obtenida teóricamente.
6. Realizar los cálculos necesarios para obtener un monoestable con salida normalmente baja, para una temporización de 15 segundos.
7. Con los valores obtenidos de resistencia y capacidad, conectar el circuito de la Figura 28.4. Comprobar su funcionamiento y el tiempo real de temporización.
8. Repetir los puntos anteriores para el monoestable con salida normalmente alta de la Figura 28.5 y anotar los datos en una tabla.

Tabla 28.1. Comprobación del funcionamiento del C.I. 555

		Salida	Descarga
RESET (+ V_{CC})	Umbral (+ V_{CC}) Disparo (+ V_{CC})		
	Umbral (masa) Disparo (masa)		
RESET (0 V)	Umbral (masa) Disparo (+ V_{CC})		
	Umbral (+ V_{CC}) Disparo (masa)		

Tabla 28.2. Monoestable con salida normalmente baja

Temporización teórica	Temporización real

Tabla 28.3. Monoestable con salida normalmente alta

Temporización teórica	Temporización real

CUESTIONES

1. ¿Cuál es la utilidad de la patilla 7 de un 555?
2. Razonar el funcionamiento de un 555 cuando la entrada RESET está a nivel bajo.
3. ¿Por qué el funcionamiento del 555 es independiente, dentro de sus límites, de la tensión de alimentación?
4. ¿Cuál es la razón de conectar unidas las patillas 2 y 6 en el modo de funcionamiento como astable?
5. Diseñar un circuito que emita una señal de 1 kHz durante 1 segundo, y permanezca inactivo durante 0,5 segundos. (Emplear dos C.I. 555 o un 556.)

CONCLUSIONES

- El 555 es un circuito integrado que ofrece diversos modos de funcionamiento, mediante la conexión adecuada de muy pocos componentes externos.
- Sus principales aplicaciones son como multivibrador monoestable y astable.
- Se pueden interconectar varios 555 en cascada cuando se desea activar circuitos de forma secuencial u obtener temporizaciones elevadas.

INFORMACION ADICIONAL

Tabla 28.4. C.I. 555

Cápsula (Usual)	Tensión de alimentación (V_S)	Tensión de umbral (Para $V_S=15\text{ V}$)	Tensión de disparo (Para $V_S=15\text{ V}$)	Tensión de RESET	Tensión de salida a nivel alto (V_{OH}) (Para $V_S=15\text{ V}$ * $I_S=100\text{ mA}$)	Tensión de salida a nivel bajo (V_{OL}) (Para $V_S=15\text{ V}$ * $I_S=100\text{ mA}$)
Mini DIP	4,5 ÷ 16 V	11,2 V máx 8,8 V mín	5,6 V máx 4,5 V mín	1 V máx	12,75 V mín	2,5 V máx

* Intensidad absorbida por la salida y determinada por la carga externa.