## Fundamentos de Sistemas Digitales TEMA 7

# TEMPORIZADORES Y RELOJES

UNED
Manuel Fernández Barcell
<a href="http://www.mfbarcell.es/">http://www.mfbarcell.es/</a>
<a href="http://prof.mfbarcell.es">http://prof.mfbarcell.es</a>

## ٧

#### TEMA 7: TEMPORIZADORES Y RELOJES

- Contexto
- Conocimiento Previo Necesario
- · Objetivos del Tema
- Guía de Estudio
- Contenido del Tema
- 7.1. Circuitos de Tiempo
- 7.2. Monoestables
- 7.3. Astables
- 7.4. Circuitos de Tiempo Tipo 555
- 7.5. Temporizadores Programables
- 7.6. Relojes
- 7.7. Problemas
- Preparación de la Evaluación
- Referencias Bibliográficas

## 7.1. Circuitos de Tiempo

- TEMPORIZADORES Y RELOJES
- Circuitos de tiempo
  - □ Temporizador elemental (Monoestable)
    - Marca un intervalo de tiempo de duración predeterminada y con un instante de inicio y fin bien definida
    - 1 estado estable (en baja) y otro inestable.
      - □ Se usa como temporizador.
  - □ Oscilador digital elemental (Astable)
    - Genera una onda cuadrada o un tren de impulsos de frecuencia controlable
    - No tiene estado estable.
      - □ Se usa para generar relojes.
  - □ Biestable ⇒
    - 2 estados estables.
      - □ Se usa como báscula

Formas de onda compuestas

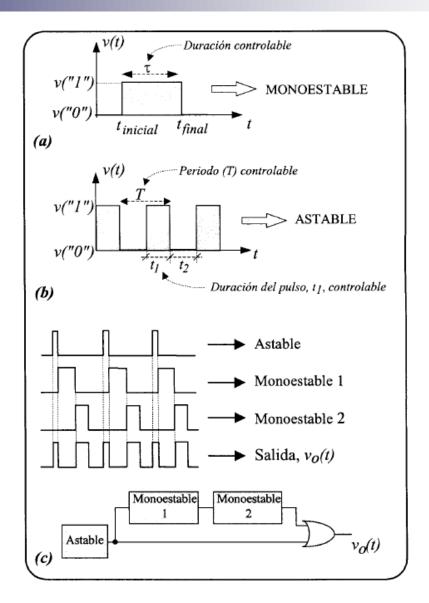


Figura 10.1. Necesidades de circuitos de tiempo. (a) Monoestable (genera un pulso de duración predeterminada). (b) Astable (oscilación). (c) Formas de onda compuestas sintetizables a partir de astables, monoestables y puertas lógicas.

## w

## Relojes monofásico y polifásicos

- Monofásico
  - □ La oscilación es la fija de un cristal
- Polifásico
  - Todos los pulsos que aparecen dentro de un periodo mantengan una relación específica entre ellos

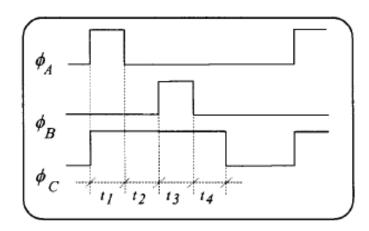
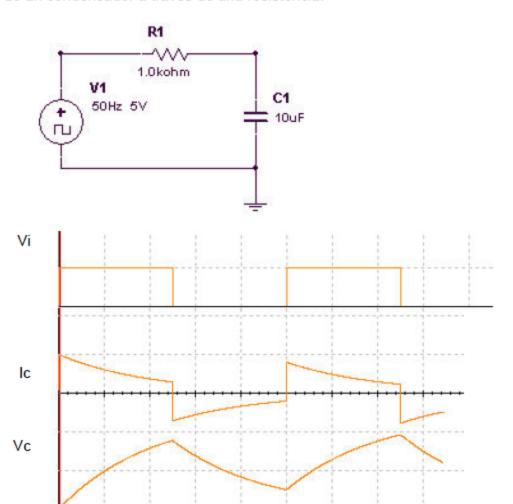


Figura 10.2. Formas de onda típicas de los relojes polifásicos. Las tres señales,  $\Phi_A$ ,  $\Phi_B$  y  $\Phi_C$ , mantienen una relación fija que se repite en cada periodo.

#### 1. Principio de funcionamiento

Se basan principalmente en el funcionamiento en régimen transitorio de las células RC, esto es, en la carga y descarga de un condensador a través de una resistencia.



#### Tensión de carga

$$V_C = V_i (1 - e^{-t/RC})$$

#### Tensión de descarga

$$V_d = V_C \cdot e^{-t/RC}$$

#### Constante de tiempo

$$\tau = RC \cdot \ln \frac{V_{cc} - V_T}{V_{cc}}$$

$$V_{\infty} = Tensi\'on \_ m\'axima$$

$$V_T = Tensi\'on \_de \_disparo$$

Cuando 
$$V_T = 0.63V_{cc} \Rightarrow \tau = RC$$

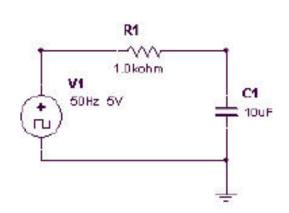
#### Funcionamiento:

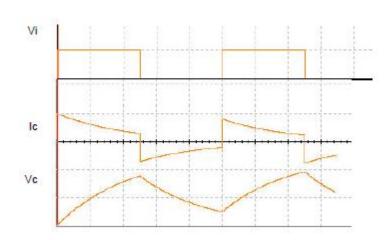
En un primer momento la tensión de entrada es 0V, por lo tanto la corriente que circula por el circuito es 0mA y el condensador está descargado y la tensión en sus extremos es también 0V.

Cuando la tensión Vi pasa a su valor máximo, como el condensador está descargado y la tensión en sus extremos es 0V, toda la Vi se aplica a la resistencia y por ella circula una corriente I<sub>R</sub>=Vi/R. Esta misma corriente circula por el condensador que provoca que éste se empiece a cargar, a aumentar la tensión en sus extremos y por lo tanto a disminuir la caída de tensión en extremos de la resistencia. Esto provoca que la corriente por dicha resistencia disminuya gradualmente y por lo tanto la velocidad de carga del condensador, provocando ello, una disminución de la pendiente de la curva de carga del condensador.

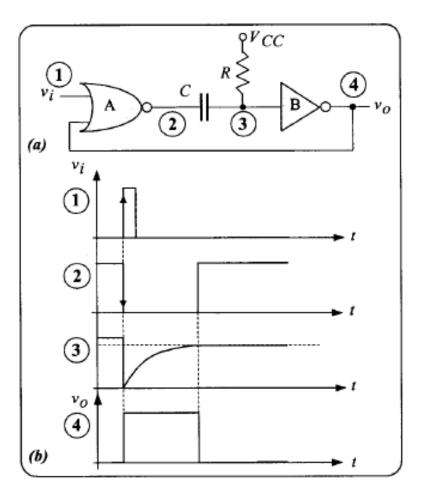
Cuando la Vi de entrada toma el valor 0V, el condensador se encuentra cargado con un determinado valor de tensión, que como la tensión de entrada es 0V, se aplica a la resistencia. Dicha tensión tiene polaridad inversa a la tensión aplicada anteriormente, provocando ello una caída de tensión en sentido inverso y por lo tanto también una corriente inversa respecto al sentido del ciclo positivo de entrada.

Dicha corriente tendrá un valor I=V<sub>C</sub>/R, ello provocará que el condensador se empiece a descargar a través de dicha resistencia. Dicha descarga provocará una disminución de la caída de tensión en sus extremos y por lo tanto, una disminución de corriente por la resistencia. Esta disminución progresiva, provocará una disminución en la velocidad de descarga del condensador, y por lo tanto una disminución de la pendiente de la curva de descarga del condensador y de la corriente que circula por la resistencia.





### 7.2. Monoestables



$$V = V_{CC}(1 - e^{-t/RC})$$

$$\frac{V}{V_{CC}} = 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow e^{-\frac{t}{RC}} = 1 - \frac{V}{V_{CC}}$$

$$-\frac{t}{RC} = \ln(1 - \frac{V}{V_{CC}})$$

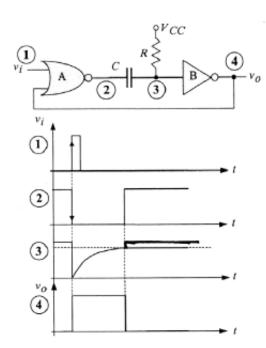
$$t = -RC \cdot \ln(1 - \frac{V}{V_{CC}})$$

La duración del pulso es controlable a través de R y C

Figura 10.3. Diseño de monoestables a partir de inversores CMOS. (a) Circuito básico. (b) Cronograma. ilustrando la evolución temporal de los potenciales en los distintos puntos de interés para comprender el funcionamiento del circuito.



- Inicialmente el condensador está descargado ya que la entrada 1 y la salida 4 están a "0" (como puede apreciarse en los diagramas de tiempos) y en la salida 2 habrá un "1" y como el otro extremo "3" está a Vcc no habrá caída de tensión en extremos del condensador y estará descargado. La tensión en el punto 3 será "1", corroborando esto el nivel "0" de la salida 4.
- Cuando se introduce un pulso "1" por la entrada 1, la salida 2 se pone a "0", provocando que la tensión en el punto 3 sea "0", ya que el condensador todavía está descargado, este nivel provocará que el nivel en el punto 4 sea "1", reforzando esto un nivel "1" en la entrada de "A" aunque se elimine el impulso introducido en la entrada 1.
- Al haber un nivel "0" en el punto 2, habrá una diferencia de potencial en la célula RC, que provocará una corriente por el condensador, una progresiva carga en éste y un aumento progresivo de su caída de tensión y por tanto de la tensión en el punto 3. Mientras esta tensión sea inferior al nivel de tensión VOH (Tensión mínima de entrada para considerar nivel lógico "1"), se tomará como nivel lógico "0" y se mantendrá el estado mencionado.
- Cuando la tensión en el punto 3 sobrepase VOH debido a la carga del condensador, se tomará como nivel lógico "1", en la salida 4 habrá un nivel "0", que junto con el "0" de la entrada 1 provoca que en el punto 2 haya un "1", apareciendo dicho "1" también en el punto 3 y un "0" en el 4, estando de esta manera en el estado inicial (estable) hasta que se vuelva a introducir un nuevo pulso de entrada.
- El tiempo que el monoestable está en el estado estable ("1" de salida) dependerá del valor de la resistencia y condensador de la célula RC.



### 7.3. Astables

Circuito en que ninguno de los dos estados es estable

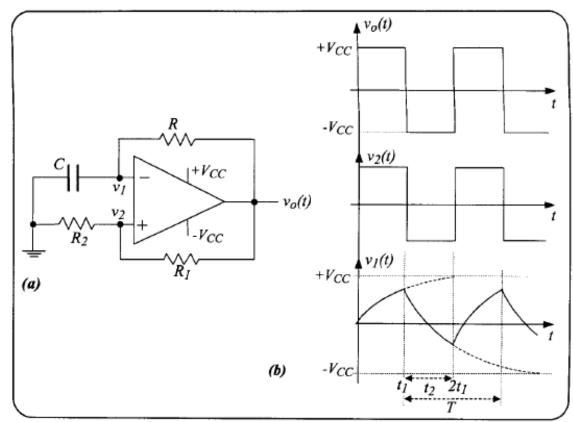


Figura 10.8. Circuito multivibrador o astable. (a) Síntesis mediante un amplificador operacional. (b) Formas de onda en los principales puntos de interés para comprender el funcionamiento del circuito. Obsérvese como la conmutación está asociada al proceso de carga y descarga del condensador C.

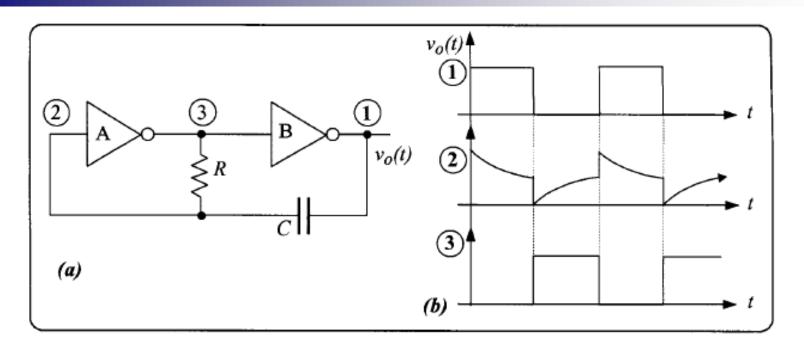


Figura 10.9. Síntesis mediante dos inversores acoplados de un astable. (a) Circuito. (b) Cronograma.

Cuando la señal de salida del inversor B está en alta, su entrada está en baja y el condensador C está cargado positivamente y la entrada al inversor A es alta. Por consiguiente su salida es baja, de forma que el condensador posee una vía de descarga hacia tierra a través de R. La descarga de C (forma de onda 2 de la figura) continúa hasta que la tensión en la entrada de la puerta A pasa por su valor umbral, pasando la salida de A a alta y la de la puerta B a baja. Se inicia así el proceso inverso de carga de C hasta el siguiente paso por la tensión umbral de la puerta A.

## 7.4. Circuitos de Tiempo Tipo 555

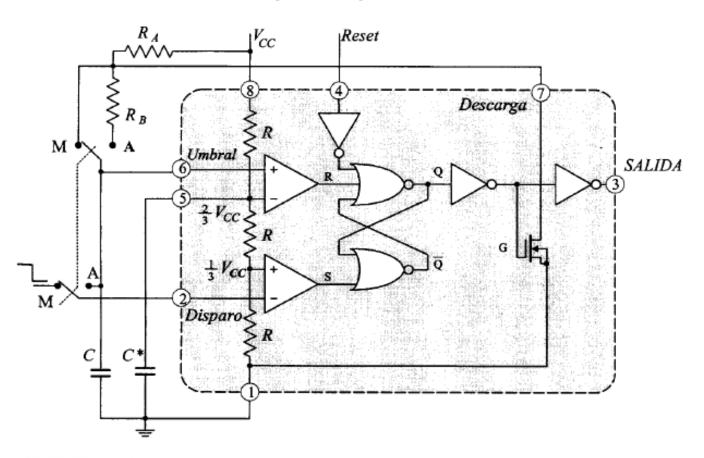
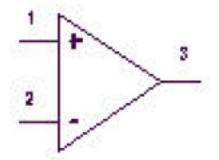


Figura 10.10. Temporizador 555. Circuito interno y esquemas externos de conexión para operación en modo astable (A) y monoestable (M).

## Comparador

### Funcionamiento:

- □ Siempre que la tensión en la entrada "+" sea algún milivoltio superior a la de la entrada "-", en la salida aparecerá una tensión positiva.
- Cuando la tensión en la entrada "+" sea algún milivoltio inferior a la de la entrada "-", en la salida aparecerá una tensión negativa o cero voltios, según la alimentación del comparador.



Patilla	Función
1	Tierra o masa.
8	Vcc, tensión de alimentación.
3	Salida
2	Disparo: Sensible a Vcc/3 de forma que si V< Vcc/3 el punto S será un "1" y por lo tanto la báscula RS se pone a "1" y la salida también. Esto se producirá siempre que la señal R sea "0", ya quepredomina el reset sobre el set.
6	Umbral: Sensible a 2Vcc/3 de forma que si V > 2Vcc/3 el punto R será un "0" y por lo tanto la báscula RS estará a "0" independientemente del valor de S ya que <i>predomina el reset sobre el set</i> .
5	Control: Variando la tensión exteriormente varían los umbrales de los puntos 6 y 7. El umbral alto será el valor de la tensión en el punto 5. El umbral bajo será siempre la mitad de la tensión en el control.
4	Reset: Resetea el 555 exteriormente
7	Descarga: Cuando en la salida aparece un "0" en la entrada del transistor aparece un "1" que puede provocar la descarga del condensador si se realizan las conexiones pertinentes de acuerdo a la utilidad.

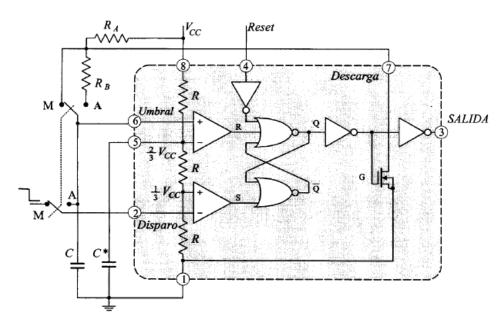


Figura 10.10. Temporizador 555. Circuito interno y esquemas externos de conexión para operación en modo astable (A) y monoestable (M).

Monoestable

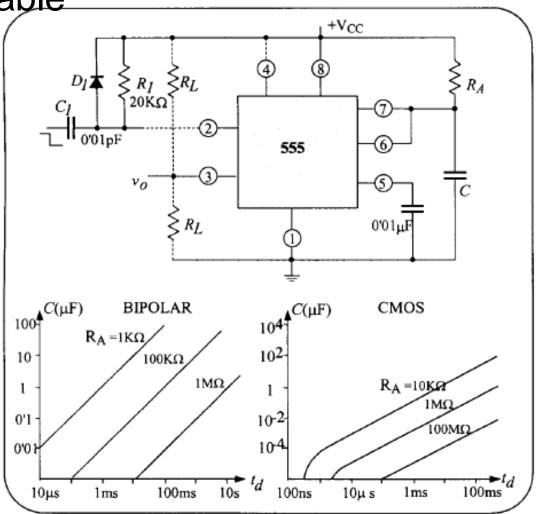


Figura 10.11. Conexión monoestable del temporizador 555 y valor del retardo en las soluciones bipolar y CMOS.

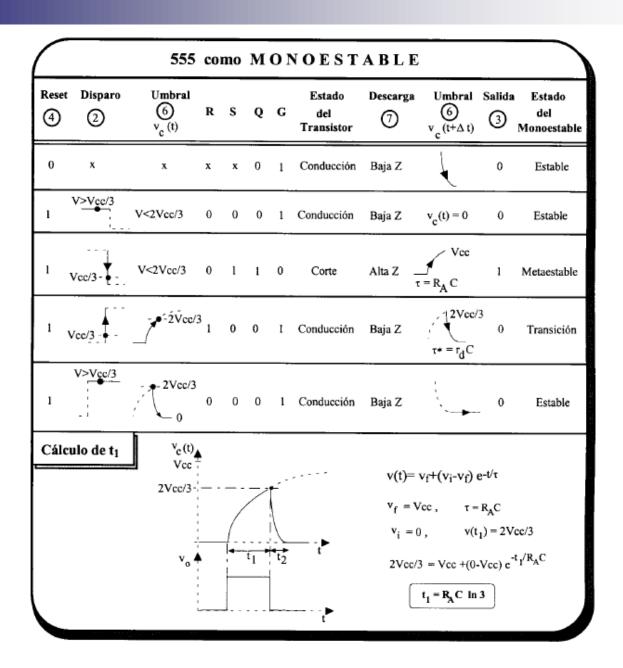


Figura 10.12. Tabla resumen del comportamiento del 555 operando en modo monoestable

## **Astable**

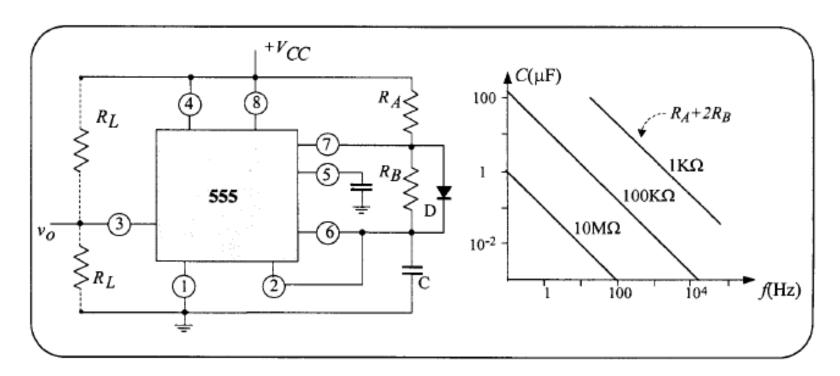


Figura 10.13. Conexión del 555 en modo astable.

$$t_1 = 0.69(R_A + R_B) \cdot C$$
 (salida en alta)  
 $t_2 = 0.69R_B \cdot C$  (salida en baja)  
 $T = t_1 + t_2 = 0.69(R_A + 2R_B) \cdot C$ 

El máximo ciclo de uso es: 
$$\frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{R_B + R_A}{R_A + 2R_B}$$

$$t_1 \approx 0.69R_A \cdot C \quad y \quad t_2 \approx 0.69R_B \cdot C$$

$$T = t_1 + t_2 = 0.69(R_A + R_B) \cdot C,$$

$$\frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{R_A}{R_A + R_B}$$

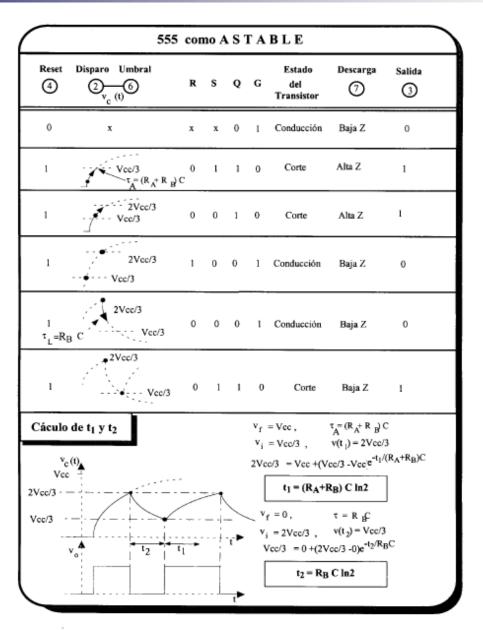


Figura 10.14. Tabla resumen del comportamiento del 555 como astable.

7.5. Temporizadores Programables

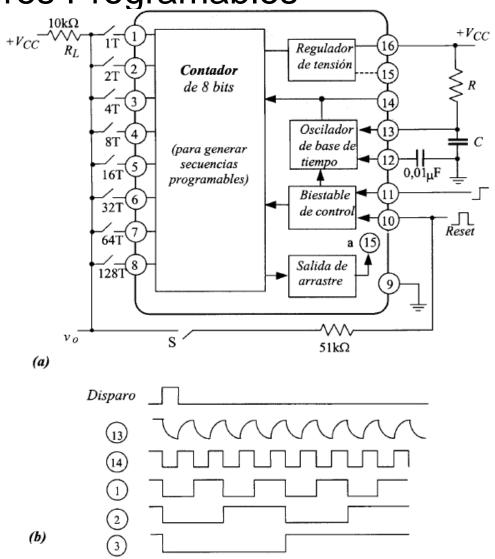


Figura 10.17. Ejemplo de temporizador programable. (a) Esquema del circuito interno. (b) Cronograma mostrando la forma de las señales en algunos puntos.

## 7.6. Relojes

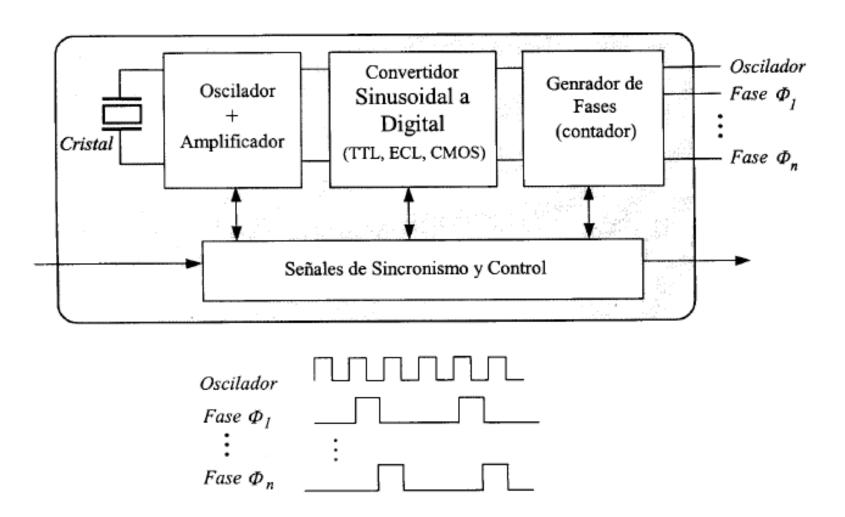
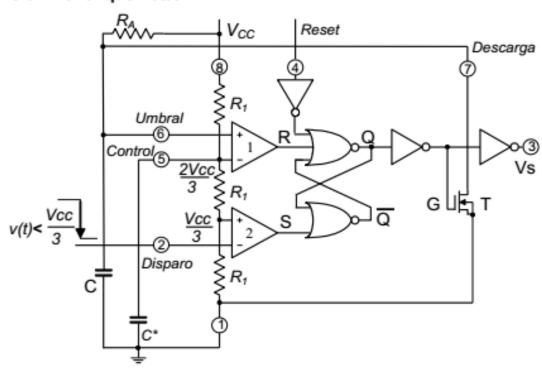


Figura 10.18. Esquema general de un reloj polifásico.

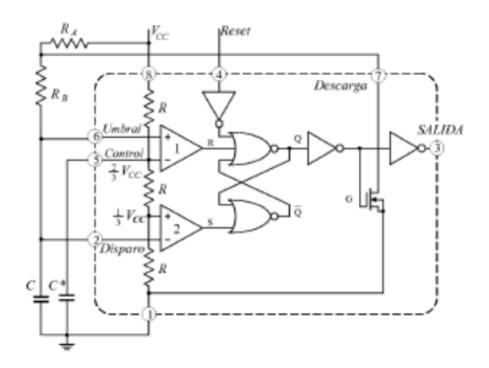
Los relojes son circuitos de tiempo en la línea de las soluciones programables expuestas en el apartado anterior pero de mucha mayor precisión y estabilidad en la frecuencia de oscilación. La clave de su diseño está en usar un cristal de cuarzo para definir la frecuencia de oscilación, en sustitución de la red R-C pasiva. El resto del reloj incluye amplificadores, circuitos conformadores de onda, contadores para dividir la frecuencia y un conjunto de señales de control adicionales para facilitar o inhibir, sincronizar o establecer condiciones iniciales (*reset*). Cuando el reloj genera más de una salida se llama polifásico y la forma de onda en cada una de las fases mantiene una relación precisa con las otras fases, necesaria, por ejemplo, para controlar la inyección, el transporte y la extracción de la carga en memorias dinámicas.

90. (Febrero, 2016) La siguiente figura corresponde al circuito de tiempo 555 en configuración monoestable. ¿Cuál es su funcionamiento cuando el condensador, C, está descargado y en el terminal de disparo se presenta una tensión menor que Vcc/3?

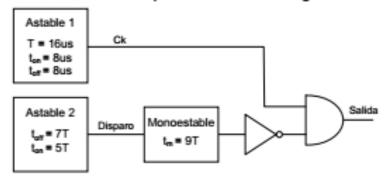


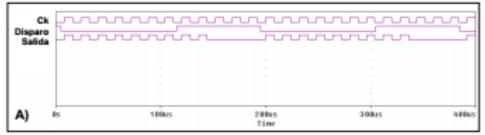
- A) S=0, R=1, Q=0, G=1, Vs=0, el transistor T conduce y el condensador, C, se mantiene descargado.
- B) S=0, R=0, Q=0, G=1, Vs=0, el transistor T no conduce y el condensador, C, se va cargando hacia Vcc a través de R<sub>A</sub>.
- C) S=1, R=0, Q=1, G=0, Vs=1, el transistor T no conduce y el condensador, C, se va cargando hacia Vcc a través de R<sub>A</sub>.
- Ninguna de las anteriores

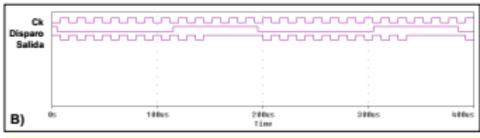
- Diseño del Reloj: Para el diseño de este bloque funcional debe usar un dispositivo del tipo 555 funcionando en modo astable, cuyo esquema se muestra en la figura adjunta.
  - 1.1. Explique brevemente su principio de funcionamiento.
  - 1.2. Calcule los valores de R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub> y C para obtener un tren de pulsos cuyo periodo sea de 1 segundo.

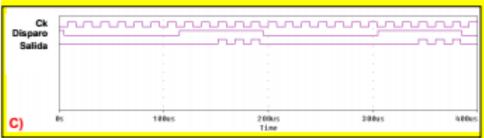


 (Febrero, 2014) ¿Cuál de los cronograma es el que genera el circuito de la figura si el Monoestable se dispara con los flancos negativos del Astable 2?.







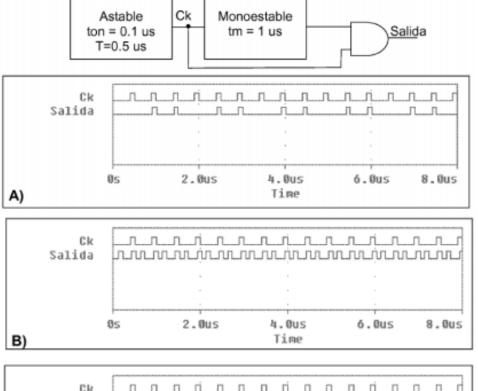


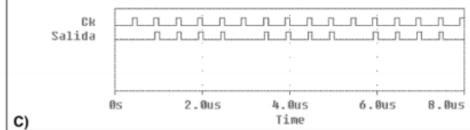
D) Ninguno de los anteriores

3. El circuito de la figura es un generador de formas de ondas formado por un astable y un monostable. ¿Cuál es su cronograma? Considere que el monoestable se dispara con las bajadas del reloj.

2103

A)





D) Ninguna de las anteriores

## Glosario Tema 7

- Reloj central: circuito que produce un tren de impulsos responsable del comportamiento del sistema síncrono. Básicamente es un oscilador no lineal en el que la frecuencia de oscilación la marca un cristal o un circuito multivibrador.
- **Temporización elemental.** Función que marca un intervalo de tiempo de duración predeterminado y con instantes de inicio y fin bien definidos. El circuito que realiza esta función es el monoestable.
- Monoestable: (ver Tema 5).
- Astable: (ver Tema 5).
- Oscilador digital elemental. Circuito que genera una onda cuadrada o un tren de impulsos de frecuencia controlable.
- Reloj polifásico: conjunto de señales de reloj superpuestas de forma que todos los pulsos que aparecen dentro de un periodo mantienen una relación específica entre ellos
- Circuito de tiempo (tipo 555): Bloque funcional de uso muy general capaz de actuar como monoestable y como astable con duración de pulso y frecuencia de oscilación controlables, realizando también funciones de modulación en anchura de impulsos, detección de pulsos omitidos, etc...
- Temporizadores programables (tipo ICL8240): Circuitos de tiempo programables que incluyen un oscilador (base de tiempos), un contador programable, un biestable y circuitos de control que hace que el diseño sea más flexible.



http://lc.fie.umich.mx/~ifranco/UTILERIAS/index.htm