

Unidad Didáctica
Multivibradores

FONDO  FORMACION

Programa de Formación Abierta y Flexible

Obra colectiva de FONDO FORMACION

Coordinación *Servicio de Producción Didáctica de FONDO FORMACION
(Dirección de Recursos)*

Diseño y maquetación *Servicio de Publicaciones de FONDO FORMACION*

© FONDO FORMACION - FPE

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otro método, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Depósito Legal *AS -1953-2001*

Unidad Didáctica Multivibradores

Los circuitos multivibradores, denominados también circuitos de conmutación regenerativos, presentan innumerables aplicaciones como generadores de señales, circuitos de retardo y circuitos de temporización.

En este tipo de circuitos, la salida en un momento determinado no depende solamente de las entradas en ese instante, sino de la historia pasada del circuito; es decir, son elementos de memoria. Este hecho es el que hace que sea importante su conocimiento ya que sirven de base para otros circuitos mucho más complejos.

En esta unidad veremos los siguientes contenidos:

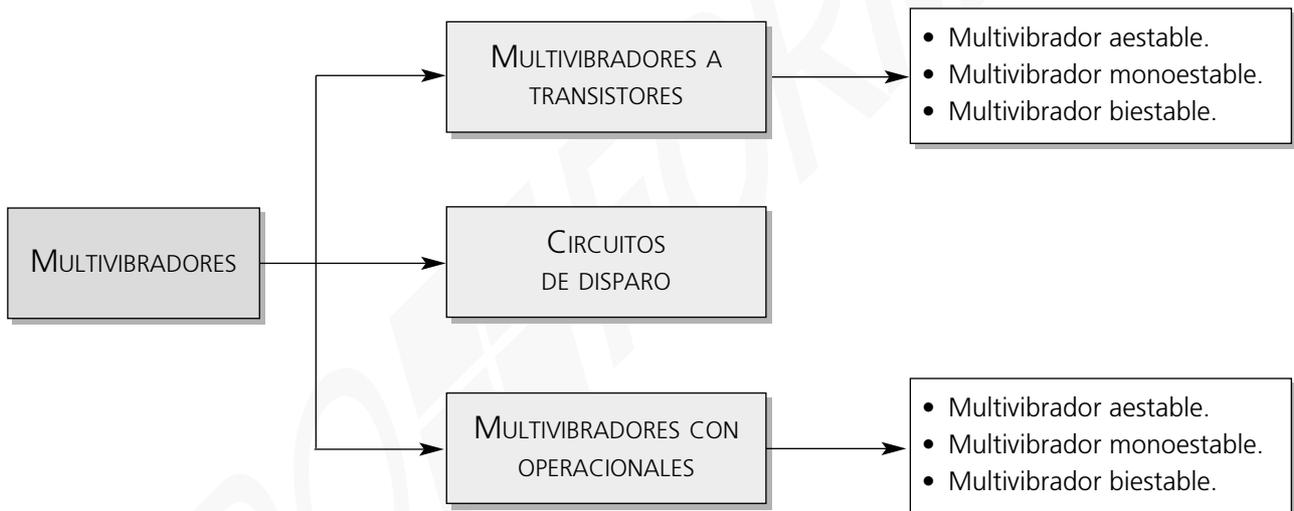
- Multivibradores a transistores.
- Circuitos de disparo.
- Multivibradores con operacionales.

Tus objetivos

Al final de esta unidad serás capaz de:

- Distinguir los tipos de multivibradores.
- Analizar circuitos multivibradores con transistores.
- Calcular el periodo de oscilación de un aestable.
- Realizar con transistores un multivibrador.
- Realizar multivibradores con operacionales.

Esquema de estudio



Multivibradores a transistores

En estos circuitos, los transistores van a trabajar en modo conmutación, es decir, en zona activa y en zona de corte.

1. Multivibrador a estable

Es un circuito generador de onda cuadrada, donde la frecuencia de salida depende de la carga y descarga de los condensadores. Dispone de dos salidas desfasadas 180° , esto es, cuando una salida se encuentre en un **estado* alto** la otra se hallará en un estado bajo. El circuito puedes verlo en la figura 1. No necesita excitación exterior ya que presenta dos estados metaestables*.

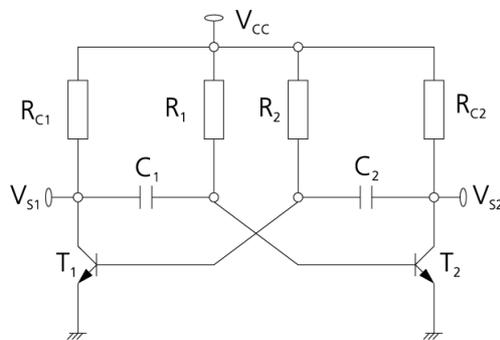


Fig. 1: Multivibrador a estable.

Aunque el circuito fuera simétrico, es imposible que los componentes sean completamente iguales, debido a tolerancias, procesos de fabricación, etcétera. Esto hace que un transistor conduzca antes que otro, lo que va a significar que un transistor va a estar saturado y otro cortado, alternativamente.

Los valores de los componentes han de ser los adecuados para que las constantes de tiempo de los condensadores hagan que el circuito funcione correctamente. Por condiciones de diseño se hace que $R_1 \gg R_{c1}$ y $R_2 \gg R_{c2}$.

Si suponemos que T_1 conduce más rápidamente que T_2 tendremos en principio que T_1 estará saturado y T_2 en corte, y en estas condiciones, el circuito que nos queda es el que ves en la figura 2.

Con el transistor T_1 en saturación, el condensador C_1 se cargará a través de R_1 . A su vez, el condensador C_2 se cargará a través de R_{c2} .

En esta situación la salida V_{s1} **está a nivel bajo** y la salida V_{s2} **a nivel alto**.

Transcurrido un tiempo T_1 , el condensador C_1 se habrá cargado con una tensión que hace que el transistor T_2 empiece a conducir llevándolo a saturación.

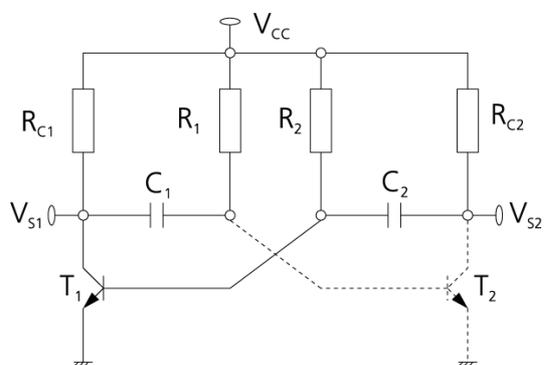


Fig. 2: Circuito con T_1 en ON.

Ese tiempo viene dado por la fórmula:

$$T_1 = 0,69 \cdot R_1 \cdot C_1$$

En ese momento, el transistor T_1 , pasa de saturación a corte, con lo que el circuito que tenemos ahora es el que ves en la figura 3.

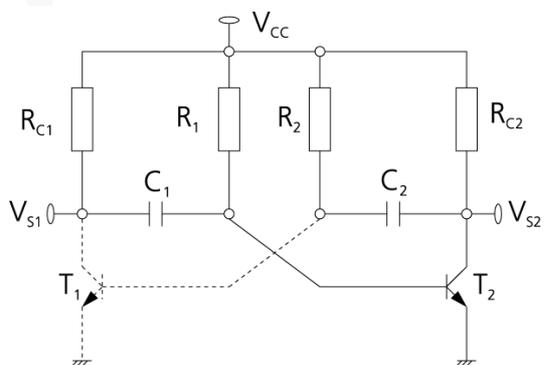


Fig. 3: Circuito con T_2 en ON.

Con el transistor T_2 en saturación, el condensador C_1 se cargará en sentido contrario a través de R_{C1} , y a su vez, el condensador C_2 se cargará a través de R_2 . En esta situación la salida V_{S2} **está a nivel bajo** y la salida V_{S1} **a nivel alto**.

Transcurrido un tiempo T_2 , el condensador C_2 se habrá cargado con una tensión que hace que el transistor T_1 empiece a conducir llevándolo a saturación.

$$T_2 = 0,69 \cdot R_2 \cdot C_2$$

El ciclo se repite ininterrumpidamente y el período T de la señal de salida es:

$$T = 0,69 \cdot R_1 \cdot C_1 + 0,69 \cdot R_2 \cdot C_2$$

2. Multivibrador monoestable

Tiene un estado estable y otro metaestable.

El circuito inicialmente se encuentra en reposo en su estado estable y, al aplicarle una excitación exterior denominada **disparo**, cambia al estado metaestable para, transcurrido un tiempo, volver al estado estable o de reposo. Puedes verlo en la figura 4.

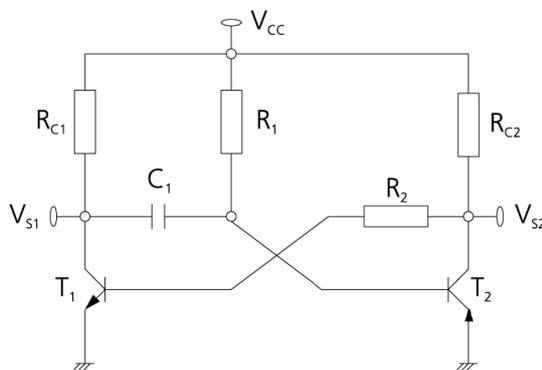


Fig. 4: Circuito monoestable.

El funcionamiento del circuito es el siguiente:

En situación de reposo, es decir, sin aplicar impulso de disparo, el circuito está en el estado estable que corresponde a T_1 cortado y T_2 saturado, como ves en la figura 5.

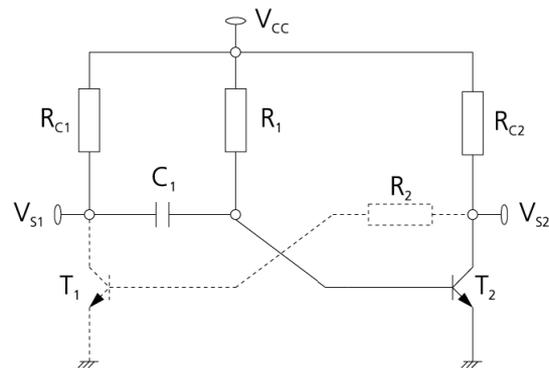


Fig. 5: Estado estable del multivibrador.

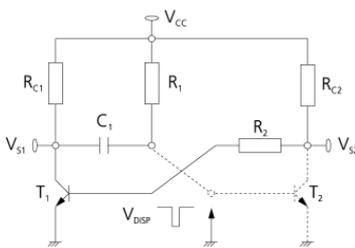


Fig. 6
Estado metaestable del multivibrador.

El condensador C_1 se encuentra cargado y lo ha hecho a través de R_{C1} . De esta forma, tenemos V_{S1} a nivel alto y V_{S2} a nivel bajo. Esta situación permanecerá indefinidamente hasta que apliquemos un impulso de disparo.

Si ahora aplicamos un impulso de disparo de amplitud y duración suficientes, tendremos que el transistor T_2 pasa a corte, lo cual provoca que el transistor T_1 pase a saturación, con lo cual el circuito nos queda como ves en la figura 6.

Ahora, el condensador C_1 se carga en sentido contrario a través de R_1 y, cuando alcance un valor adecuado, hará que el transistor T_2 vuelva a saturarse, con lo que T_1 pasa a corte. Esto ocurrirá transcurrido un tiempo:

$$T_1 = 0,69 \cdot R_1 \cdot C_1$$

A partir de este instante el circuito está preparado para recibir otro impulso de disparo, repitiéndose el ciclo.

3. Multivibrador biestable

Aunque el circuito sea simétrico es imposible que sean completamente iguales. Esto hace que un transistor conduzca antes que otro, por consiguiente, inicialmente, un transistor se va a encontrar en saturación y otro en corte. El circuito permanece indefinidamente en un estado estable, hasta que se aplica un impulso de disparo que provoque el cambio de estado. Entonces permanecerá en este otro estado indefinidamente hasta un nuevo disparo. En la figura 7 puedes ver el circuito de un biestable simple.

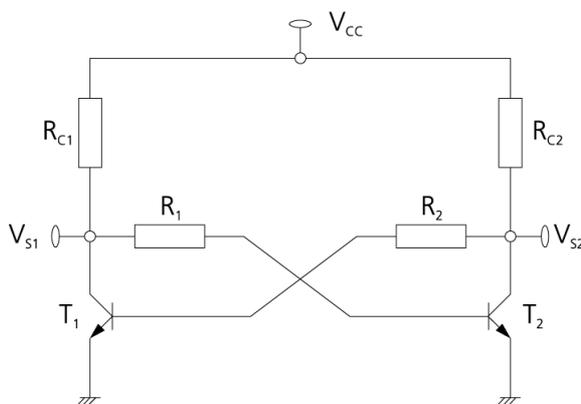


Fig. 7: Multivibrador biestable.

Si inicialmente suponemos T_1 en corte y T_2 en saturación, el circuito resultante puedes verlo en la figura 8.

Los valores de los componentes deben asegurar que, en las condiciones más desfavorables, un transistor esté cortado y otro saturado.

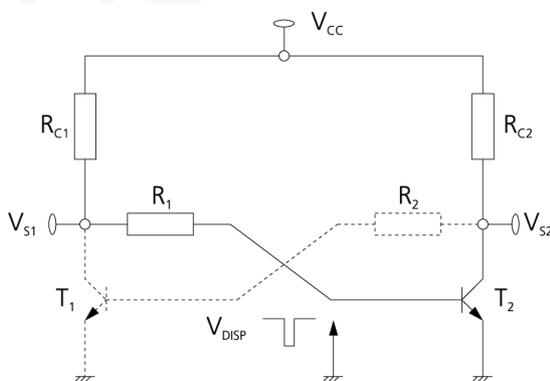


Fig. 8: Estado estable 1.

Si analizamos el circuito tenemos:

$$I_{B2} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_{C1}}$$

$$I_{C2} = \frac{V_{CC} - V_{CESAT}}{R_{C2}} = \frac{V_{CC}}{R_{C2}}$$

Para que T_2 esté saturado:

$$\beta \cdot I_{B2} > I_{CSAT2}$$

$$\frac{\beta}{R_1 + R_{C1}} > \frac{1}{R_{C2}}$$

Condición de diseño:

$$\beta \cdot R_{C2} > R_1 + R_{C1}$$

Las tensiones de salida son:

$$V_{S1} = V_{CC} - \frac{V_{CC} - V_{BESAT}}{R_1 + R_{C1}} \cdot R_{C1} \approx V_{CC}$$

$$V_{S2} > V_{CESAT} \approx 0$$

Si aplicamos un disparo de amplitud y duración adecuados, se realiza la transición y pondremos a T_1 en saturación, y a T_2 en corte.

El análisis del circuito sería similar por simetría del circuito.

Las tensiones de salida serían:

$$V_{S1} \approx 0$$

$$V_{S2} > V_{CC}$$

Circuitos de disparo

El circuito que produce el impulso de disparo sirve para cambiar el estado estable de un multivibrador y se le denomina **circuito de disparo**.

La señal de entrada al circuito de disparo es un impulso o una señal en escalón. El circuito de disparo conforma el impulso de entrada y ataca al transistor adecuado del multivibrador. Los impulsos de disparo se pueden aplicar por base colector y emisor.

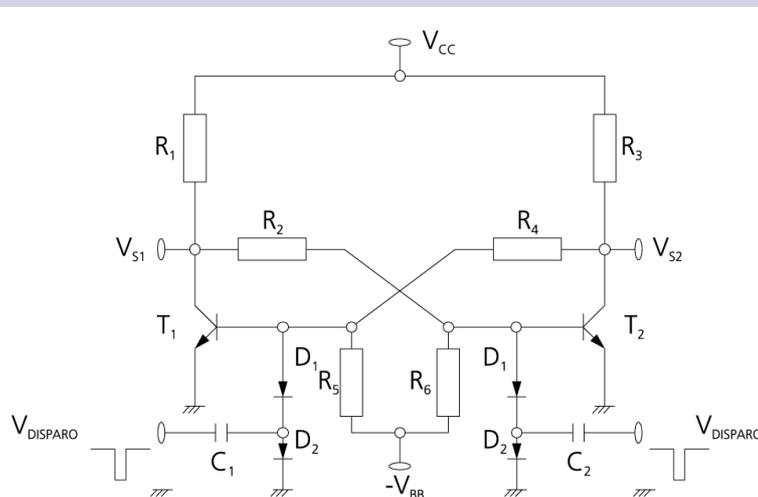
Hay dos tipos básicos de circuitos de disparo: simétrico y asimétrico.

Disparo **simétrico**: el impulso se aplica a los dos transistores e invierte de estado cada vez.

Disparo **asimétrico**: la señal de disparo se aplica a uno de los dos transistores del multivibrador y conmuta en una sola dirección. Para volver al estado estable anterior hay que aplicar otro impulso de disparo desde otro circuito de disparo.

ACTIVIDAD 1

En la siguiente figura di qué tipo de multivibrador es y qué tipo de disparo presenta.



Multivibradores con operacionales

Una vez vistos los multivibradores con componentes discretos, vamos a verlos ahora con operacionales.

El operacional ha de presentar realimentación positiva, con lo cual trabajará en la zona de saturación.

El funcionamiento del operacional en saturación es bien simple:

Cuando la tensión en la patilla inversora sea mayor que la de la patilla no inversora, la salida será $-V_{CC}$. Cuando la tensión en la patilla inversora sea menor que la de la patilla no inversora, la salida será $+V_{CC}$.

$$V^+ > V^- \Rightarrow V_s = +V_{CC}$$

$$V^+ < V^- \Rightarrow V_s = -V_{CC}$$

1. Multivibrador aestado

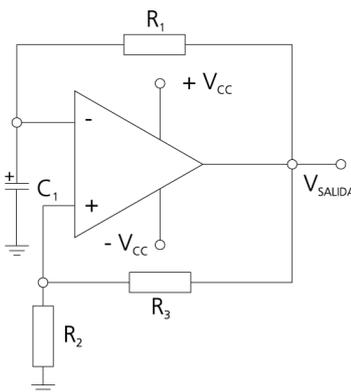


Fig. 9
Multivibrador aestado con
A.O.

En la figura 9 puedes ver el circuito.

Suponemos inicialmente que C_1 está descargado y $V_s = +V_{CC}$

Tenemos que:

$$V^+ > \frac{V_{CC}}{R_2 + R_3} \cdot R_3$$

con lo cual,

$$V^+ > V^-$$

A partir de ahí el condensador C_1 empezará a cargarse a través de R_1 hasta que llega un momento en que se hace mayor, lo que provoca un cambio en la salida. Es un **estado metaestable**.

Ahora la salida vale:

$$V_s = -V_{CC}$$

y además,

$$V^+ < V^-$$

Pero el condensador ahora empieza a cargarse en sentido contrario hasta que se cumple de nuevo $V^+ > V^-$, por consiguiente la salida vuelve a cambiar. El ciclo se repite indefinidamente.

ACTIVIDAD 2

Completa el texto con las palabras siguientes:

estable, monoestable, disparo, aestable, biestable, metaestable, estables

El multivibrador genera una onda cuadrada cuya frecuencia depende de la carga y descarga de los condensadores del circuito y no necesita impulso de disparo. El multivibrador inicialmente se encuentra en reposo en su estado Al aplicarle un impulso de, cambia a un estado transitorio denominado y, después de un tiempo, vuelve al estado estable. El multivibrador presenta los dos estados

2. Multivibrador monoestable

Puedes ver el circuito en la figura 10.

En reposo el valor de V^- es:

$$V^- = V_{D1}$$

Si suponemos que:

$$V_S = +V_{CC}$$

Entonces,

$$V^+ = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$

Por diseño hacemos

$$\frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1 > V_{D1}$$

Por tanto, $V^+ > V^-$ y éste es el **estado estable**.

Si ahora suponemos que:

$$V_S = -V_{CC}$$

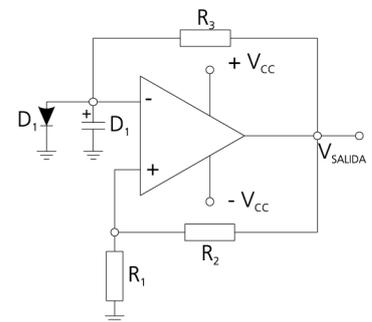


Fig. 10
Multivibrador monoestable
con A.O.

Entonces,

$$V^- = -V_{CC}$$
$$V^+ = \frac{-V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$

Por tanto, $V^+ < V^-$ y éste es el **estado metaestable**.

3. Multivibrador biestable

Tiene dos estados estables y para cambiar de estado necesita una excitación exterior. En la figura 11 puedes ver el circuito.

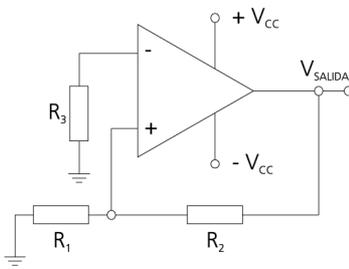


Fig. 11
Multivibrador biestable.

En reposo el valor de V^- es cero. Si suponemos que:

$$V_S = +V_{CC}$$

Entonces,

$$V^+ = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$

Por tanto, $V^+ > V^-$ y éste es el **estado estable**.

Si ahora suponemos que:

$$V_S = -V_{CC}$$

Entonces;

$$V^+ = \frac{-V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1 < 0$$

Por tanto, $V^+ < V^-$ y éste es el **estado estable**.

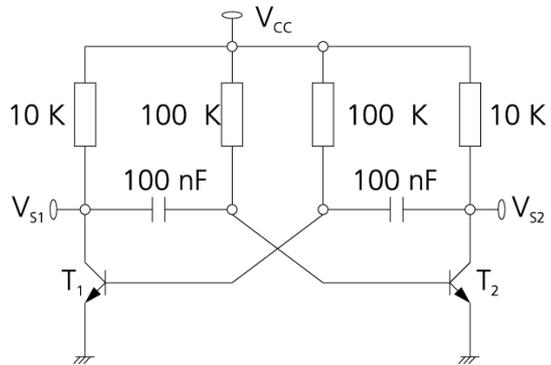
Vemos que los dos estados son estables, por tanto se trata de un **circuito biestable**.

Si consideras que has concluido el estudio de esta unidad, intenta responder a las siguientes cuestiones de autoevaluación.

Cuestiones de autoevaluación

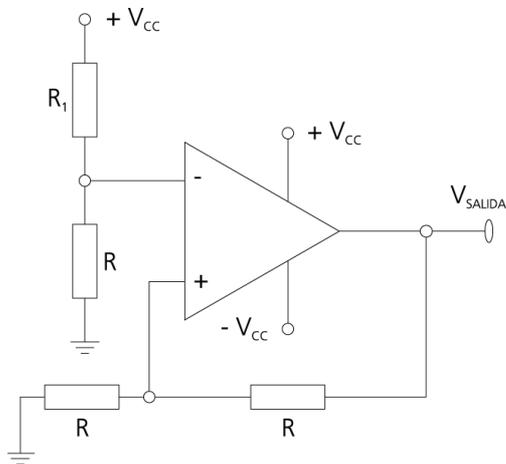
1

En el aestable de la figura, calcula la frecuencia de la señal de salida.



2

El siguiente circuito es un biestable. Demuéstralo. Tenemos como datos $V_{CC} = 10\text{ v}$, $R_1 = 15\text{ K}\Omega$ y $R = 10\text{ K}\Omega$.



R

ACTIVIDAD 1

El circuito es un **multivibrador biestable** con circuito de **disparo asimétrico** por base.

R

ACTIVIDAD 2

El multivibrador **aestable** genera una onda cuadrada cuya frecuencia depende de la carga y descarga de los condensadores del circuito y no necesita impulso de disparo.

El multivibrador **monoestable** inicialmente se encuentra en reposo en su estado **estable**. Al aplicarle un impulso de **disparo**, cambia a un estado transitorio denominado **metaestable** y, después de un tiempo, vuelve al estado estable.

El multivibrador **biestable** presenta los dos estados **estables**.

Respuestas a las cuestiones de autoevaluación

El período de oscilación será:

1

$$T = 0,69 \cdot R_1 \cdot C_1 + 0,69 \cdot R_2 \cdot C_2$$

y sustituyendo valores tenemos:

$$T = 0,69 \cdot 100 \cdot 10^3 + 0,69 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}$$

$$T = 6,9 \cdot 10^3 \text{ segundos.}$$

Por tanto, la frecuencia es:

$$f = \frac{1}{T} = 145 \text{ Hz}$$

Si suponemos que $V_s = +V_{cc}$

2

Entonces,

$$V^+ = \frac{V_{cc}}{2} = 5 \text{ voltios.}$$

$$V^- = \frac{V_{cc}}{R_1 + R} \cdot R = 4 \text{ voltios.}$$

Por tanto, $V^+ > V^-$; en consecuencia $V_s = +V_{cc}$ como habíamos supuesto y éste es un **estado estable**.

Si ahora suponemos que $V_s = -V_{cc}$

Entonces,

$$V^+ = \frac{-V_{cc}}{2} = -5 \text{ voltios.}$$

$$V^- = \frac{-V_{cc}}{R_1 + R} \cdot R = -4 \text{ voltios.}$$

Por tanto, $V^+ < V^-$ y éste es otro **estado estable**.

Resumen de Unidad

- Multivibradores a transistores** En este tipo de circuitos los transistores van a trabajar en modo **conmutación**.
- Aestable** Es un circuito que no necesita excitación exterior para cambiar de estado. Presenta los dos estados inestables por lo que es capaz de generar una onda cuadrada, cuya frecuencia depende de la carga y descarga de los condensadores del circuito.
- Monoestable** El circuito, inicialmente en reposo, está en su estado estable, y al aplicarle un impulso de disparo, cambia momentáneamente al estado metaestable para luego volver a la situación de reposo.
- Biestable** El circuito permanece indefinidamente en un estado estable hasta que se aplica un impulso de disparo de amplitud y duración suficientes para provocar el cambio de estado, permaneciendo en este otro estado indefinidamente hasta un nuevo disparo.
- Circuitos de disparo** Los circuitos que se encargan de provocar el cambio de estado en los multivibradores se llaman **circuitos de disparo**.
- El impulso de disparo puede ser aplicado al multivibrador por base, por colector o por emisor.
- Hay dos tipos básicos de circuitos de disparo: **el simétrico** y **el asimétrico**.
- Multivibradores con operacionales** Con el amplificador operacional se pueden realizar circuitos multivibradores de una manera bastante sencilla, sin más que añadirle una serie de componentes discretos.
- El operacional ha de tener realimentación positiva; es decir, debe trabajar en saturación, presentando así a su salida dos estados bien definidos.

Notas



Vocabulario

Estado: es aquella situación a la que tiende un circuito como consecuencia de una transición. Si la situación a la que tiende el circuito permanece, decimos que el estado es estable.

Metaestable: se denomina así a la situación transitoria en que se encuentra un circuito despues de una transición. Es un estado inestable.



FONDO  FORMACION