

Multivibrador astable

22.1. INTRODUCCION

En prácticas anteriores hemos estudiado circuitos capaces de generar una onda senoidal a partir de un determinado circuito al que bastaba aplicarle una tensión de alimentación adecuada.

En la presente práctica nos ocuparemos de conocer una nueva clase de osciladores, de onda cuadrada, que reciben el nombre genérico de multivibradores.

Dentro de éstos se establecen dos clases:

- De funcionamiento **continuo**, también llamados *libres*, *recurrentes* o *astables*, mucho más conocidos por este último nombre, que generan ondas sin la necesidad de más excitación exterior que la propia fuente de alimentación (los estudiaremos en esta práctica).
- De funcionamiento **excitado**, que requieren una tensión exterior de disparo o de excitación para salir de unas condiciones estáticas o de reposo.

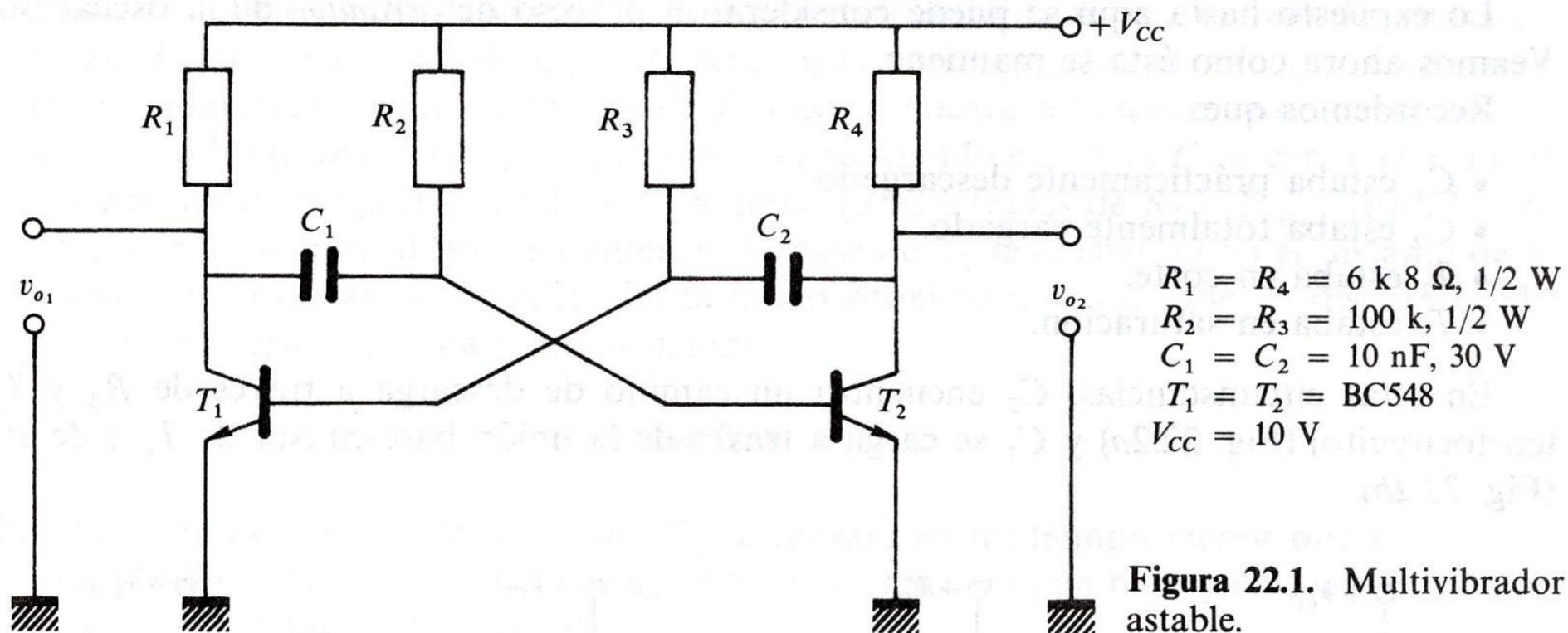
22.2. DESCRIPCION BASICA

Un multivibrador astable es un oscilador de relajación; su frecuencia de salida depende de la carga y descarga de condensadores. Estas cargas y descargas son provocadas por la conmutación de sendos transistores.

La Figura 22.1 ofrece la configuración básica de un multivibrador astable.

Si dividimos el circuito en dos, verticalmente, se puede observar que es un circuito simétrico, desde el punto de vista geométrico. Si hacemos $T_1 = T_2$, $R_1 = R_4$, $R_2 = R_3$ y $C_1 = C_2$, la forma de onda de cualquiera de las salidas será simétrica, es decir, la duración de ambos niveles de tensión de cada ciclo será idéntica.

La frecuencia de salida viene determinada por los valores de C_1 , C_2 , R_2 y R_3 ; si se rompe la igualdad, expuesta anteriormente, entre dichos componentes, la forma de onda de salida será asimétrica.



Las formas de onda de salida v_{o1} y v_{o2} están desfasadas 180° ; mientras una está en su nivel superior la otra está en el inferior. Esto es debido a la situación de T_1 en corte y T_2 en saturación, y viceversa.

22.3. FUNCIONAMIENTO

Supongamos que el circuito de la Figura 22.1 es simétrico. Debido a las tolerancias y a las diferencias de características de T_1 y T_2 , es totalmente imposible que ambas partes del circuito sean exactamente iguales; esto provoca que uno cualquiera de los transistores, por ejemplo, T_2 , conduzca *más rápidamente* que el otro, T_1 , lo cual implica que su tensión de colector v_{o2} sea ligeramente menor que v_{o1} . Si momentáneamente, suponemos que C_1 y C_2 son cortocircuitos, una disminución de v_{o2} lleva implícita una disminución de la polarización de base de T_1 , por lo cual aumenta su tensión de colector, que, a su vez, aumentará la polarización de base de T_2 , acelerando aún más el proceso descrito anteriormente hasta alcanzar la saturación de T_2 y el corte de T_1 .

En este momento debemos hacer ciertas aclaraciones: Hemos considerado C_1 y C_2 como cortocircuitos, esto es posible debido a que el proceso expuesto anteriormente, que llevaba a T_2 a saturación y a T_1 al corte, se produce muy rápidamente, ya que, por diseño, al trabajar los transistores en conmutación, se ha de hacer que $I_B \cdot \beta_{\min} \gg I_C$ (Práctica 11) para asegurar transiciones rápidas de corte a saturación; como la capacidad de dichos condensadores es relativamente elevada, su respuesta a cambios bruscos de tensión en sus extremos es como si de cortocircuitos se tratara.

Una vez alcanzada la situación de T_2 en saturación y T_1 en corte, C_1 se empezará a cargar a través de T_2 (cortocircuito) y R_1 , y, como el punto de unión de C_1 y R_2 está conectado a la base de T_2 , llegará un momento en que la tensión en la base de T_2 es insuficiente para que T_2 permanezca saturado, con lo que al conducir menos la tensión v_{o2} aumentará, iniciando el proceso descrito anteriormente pero en sentido contrario, es decir, llevando a T_1 a saturación y a T_2 al corte.

Mientras C_1 adquiría carga para provocar tal cambio, C_2 se va descargando.

Lo expuesto hasta aquí se puede considerar el proceso de *arranque* de la oscilación. Veamos ahora como ésta se mantiene.

Recordemos que:

- C_1 estaba prácticamente descargado.
- C_2 estaba totalmente cargado.
- T_1 estaba en corte.
- T_2 estaba en saturación.

En estas circunstancias, C_2 encuentra un camino de descarga a través de R_3 y T_2 (cortocircuito) (Fig. 22.2a) y C_1 se carga a través de la unión base-emisor de T_2 y de R_1 (Fig. 22.2b).

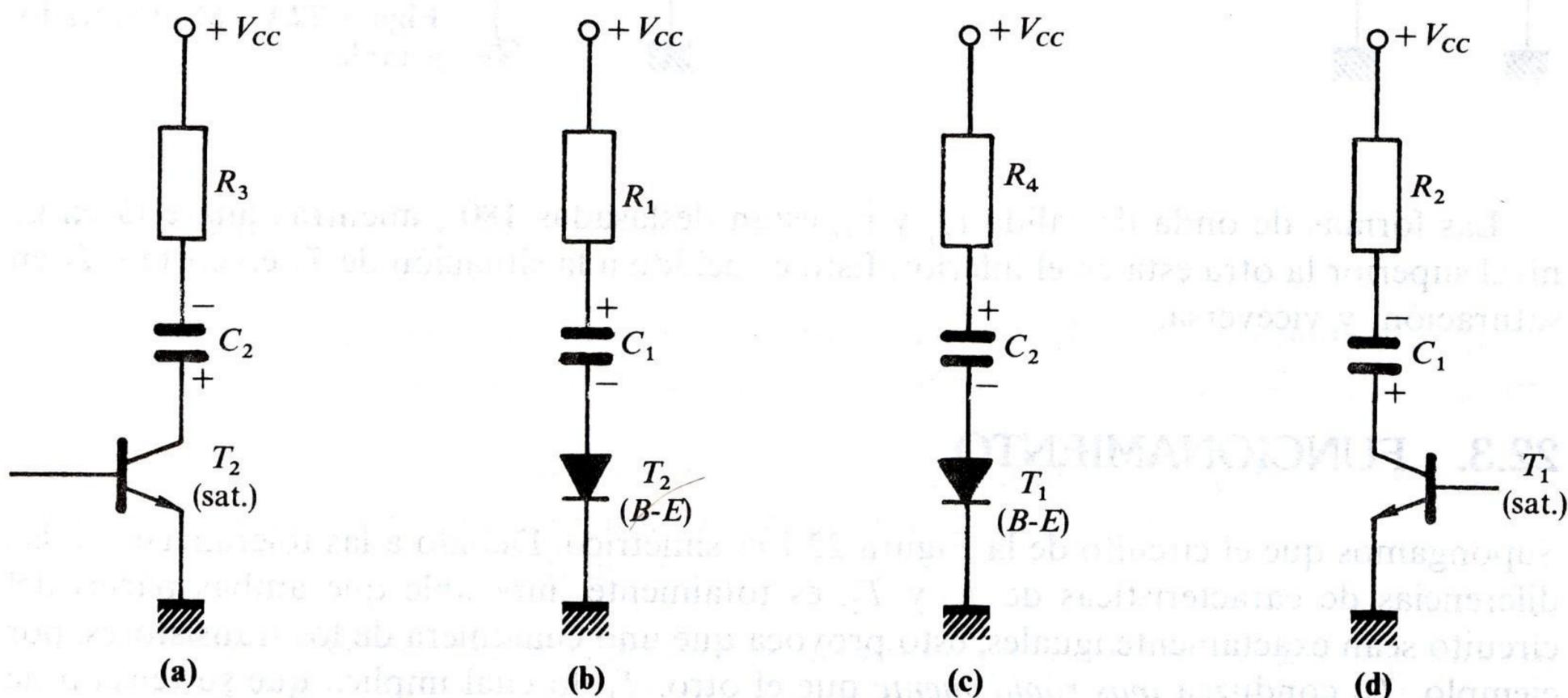


Figura 22.2. (a) Circuito de descarga de C_2 . (b) Circuito de carga de C_1 . (c) Circuito de carga de C_2 . (d) Circuito de descarga de C_1 .

Momentáneamente, la base de T_1 se encuentra sometida a un potencial de $-V_{CC}$, aproximadamente, respecto a masa. Obsérvese la polaridad con que se había cargado C_2 ; al conectar su terminal positivo a masa a través de T_2 , al inicio de la descarga, en la base de T_1 se reflejan $-V_{CC}$ voltios, aproximadamente, que es la carga de C_2 .

A partir del instante en que T_2 pasa a saturación, C_2 se empieza a descargar; tardará un tiempo

$$t_2 = 0,69 \cdot C_2 \cdot R_3 \text{ (en seg si } C \text{ en F (faradios) y } R \text{ en } \Omega)$$

En un tiempo de menor duración se habrá cargado C_1 , ya que

$$C_1 = C_2 \text{ y } R_1 \ll R_3$$

La Gráfica 22.1 muestra la evolución de las tensiones en base y colector de ambos transistores.

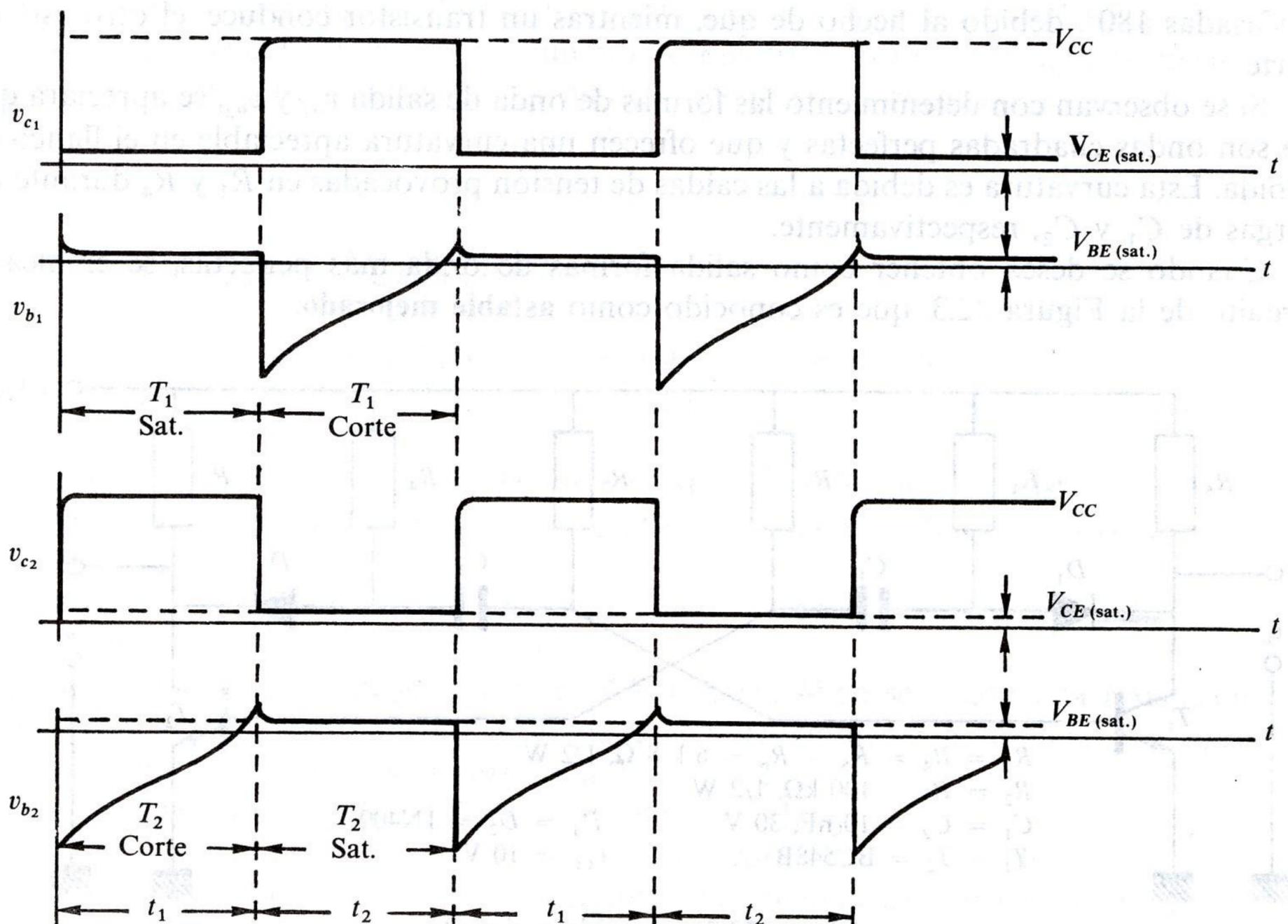
Una vez que C_2 se ha descargado totalmente empezará a cargarse en sentido contrario, esto es, el punto de unión de C_2 y R_3 será ligeramente positivo, por lo que también se aplicará polarización directa a la base de T_1 , que provocará el basculamiento del circuito y que sitúa a T_1 en saturación y a T_2 en corte, comenzando entonces C_2 a cargarse a través de su circuito de carga (Fig. 22.2c) y C_1 a descargarse a través de R_2 y T_1 (sat.) (Fig. 22.2d).

De forma análoga al proceso anterior, la base de T_2 se encuentra en el instante de la conmutación sometida a un potencial negativo próximo a $-V_{CC}$, que va disminuyendo según se descarga C_1 ; lo hará en un tiempo

$$t_1 = 0,69 \cdot R_2 \cdot C_1$$

Por la razón expuesta anteriormente, C_2 se cargará en un tiempo menor que t_1 .

La Gráfica 22.1 muestra las evoluciones de las tensiones en base y colector de ambos transistores durante la descarga de C_1 .



Gráfica 22.1. Formas de onda en un multivibrador astable.

Una vez extinguida la carga de C_1 , éste adquiere una pequeña carga en sentido contrario, que hará de nuevo conmutar al circuito, pasando T_2 a saturación y T_1 a corte, con lo que se inicia un nuevo ciclo.

Por lo expuesto y observando la Gráfica 22.1, se deduce que un ciclo tendrá un período

$$T = t_2 + t_1$$

como $C_1 = C_2$ y $R_2 = R_3$, tendremos que

$$T = 2 \cdot (0,69 \cdot R_2 \cdot C_1) = 1,38 \cdot R_2 \cdot C_1$$

La expresión anterior sólo es válida en el caso de circuitos simétricos; en caso contrario, la duración de un ciclo será

$$T = t_1 + t_2 = 0,69 \cdot R_2 \cdot C_1 + 0,69 \cdot R_3 \cdot C_2$$

por lo que, en cualquiera de los casos, la frecuencia de oscilación es conocida con facilidad.

Nótese que al variar cualquiera de los componentes C_1 , C_2 , R_2 o R_3 , se provoca una variación del período y, por tanto, de la frecuencia, por lo que la sustitución de R_2 o R_3 por un potenciómetro, en el supuesto de que no importe la asimetría de la salida, proporciona una frecuencia de salida variable.

Finalmente y observando la Gráfica 22.1 se comprueba que ambas salidas están desfasadas 180° , debido al hecho de que, mientras un transistor conduce, el otro está en corte.

Si se observan con detenimiento las formas de onda de salida v_{o1} y v_{o2} , se apreciará que no son ondas cuadradas perfectas y que ofrecen una curvatura apreciable en el flanco de subida. Esta curvatura es debida a las caídas de tensión provocadas en R_1 y R_4 durante las cargas de C_1 y C_2 , respectivamente.

Cuando se desea obtener como salida formas de onda más perfectas, se emplea el circuito de la Figura 22.3, que es conocido como **astable mejorado**.

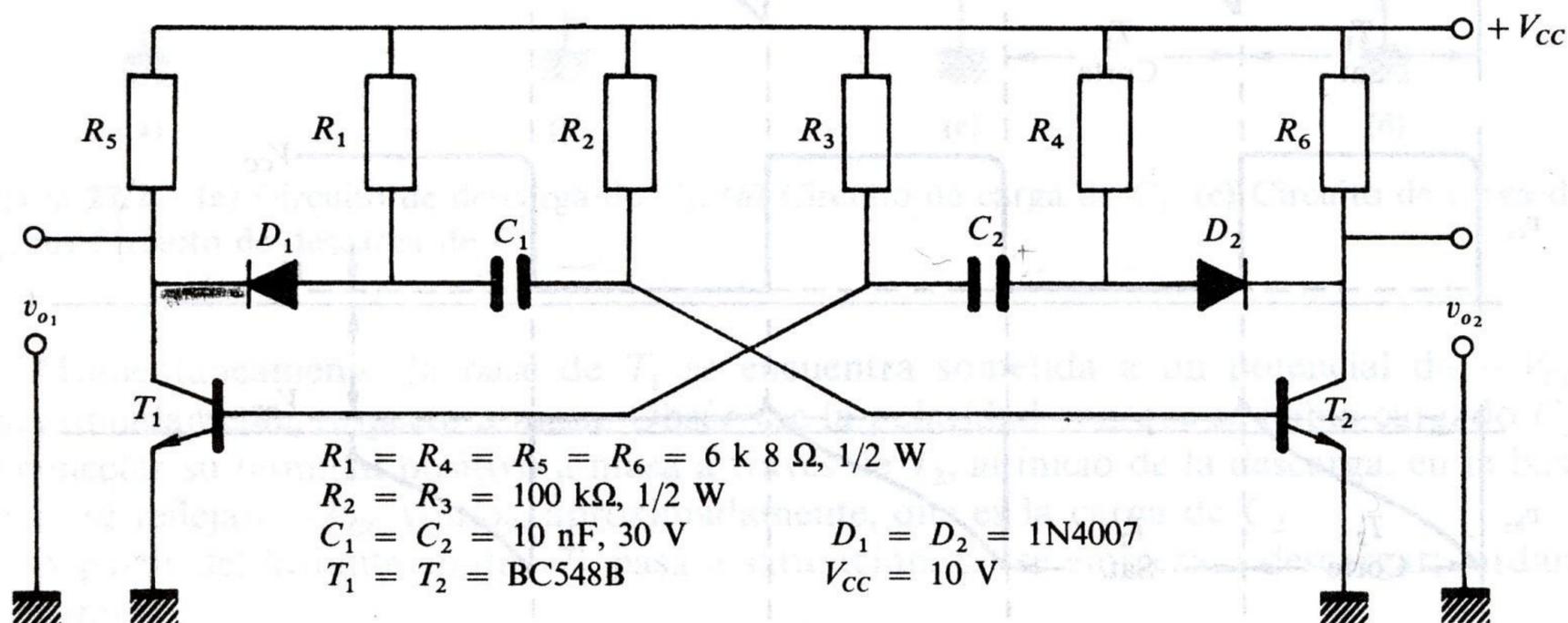


Figura 22.3. Astable mejorado.

La inclusión de D_1 , D_2 , R_5 y R_6 hace que los efectos citados no se manifiesten en las salidas, ya que durante la carga de los condensadores los diodos están bloqueados y los condensadores se han de cargar a través de R_1 y R_4 , respectivamente, y la forma de onda de salida depende exclusivamente de R_5 y T_1 o de R_6 y T_2 , en cada caso; por el contrario, para la descarga siguen encontrando el mismo circuito con la inclusión de un diodo polarizado directamente.

22.4. CONSIDERACIONES GENERALES

- El diseño de circuitos multivibradores se debe abordar desde el punto de vista de que los transistores trabajan en conmutación.

Para ello se procederá calculando los valores de las resistencias de colector y base según lo expuesto en la Práctica 11 y, posteriormente, elegir el valor de los condensadores para la frecuencia deseada.

En el caso de requerir circuitos con salida asimétrica, se elegirá cada condensador para la duración pertinente de cada semiciclo.

- Cuando se desea obtener una frecuencia de salida variable, la solución más factible es la sustitución de una de las resistencias R_2 o R_3 por un potenciómetro conectado en serie con una resistencia que, aun en el caso de cortocircuitar el potenciómetro, limite la corriente de base para garantizar la supervivencia del transistor.
- Si además de frecuencia variable se desea salida simétrica, se procederá de igual forma con R_2 y R_3 y se deberá disponer de un potenciómetro doble para asegurar que en todo momento la resistencia de ambas ramas del circuito sea la misma.

22.5. PROCESO OPERATIVO

1. Conectar el circuito de la Figura 22.1 y aplicarle alimentación.
2. Observar y dibujar los oscilogramas sincronizados en base y colector de cada transistor.
3. Reconocer y razonar el estado de corte y saturación de cada transistor.
4. Calcular la frecuencia teórica y compararla con la medida. Anotarlo todo en la Tabla 22.1.
5. Sustituir C_1 y C_2 por condensadores de 220 nF y repetir los puntos 2 a 4.
6. Reponer los condensadores de 10 nF.
7. Sustituir R_2 por un potenciómetro de 470 k Ω , 1/2 W en serie con una resistencia de 33 k Ω y repetir los puntos 2 a 4, para el potenciómetro a mínima y a máxima resistencia. Anotar los resultados en la Tabla 22.2.
8. Observar la asimetría de las formas de onda de salida.
9. Modificar el circuito de la Figura 22.1, para conseguir el de la Figura 22.3.

Dibujar las formas de onda, observando las diferencias con las obtenidas en los puntos anteriores.

Tabla 22.1.

| | Frecuencia teórica | Frecuencia real |
|----------------------|--------------------|-----------------|
| $C = 10 \text{ nF}$ | | |
| $C = 220 \text{ nF}$ | | |

Tabla 22.2.

| | Frecuencia teórica | Frecuencia real |
|------------|--------------------|-----------------|
| R_{\min} | | |
| R_{\max} | | |

CUESTIONES

1. ¿Por qué se llama de funcionamiento libre a un multivibrador astable?
2. Razonar el proceso de inicio de la oscilación en el multivibrador astable estudiado, en el supuesto de que sea T_1 el que empieza antes a conducir.
3. ¿Se podría elevar cuanto se quisiera la frecuencia de salida de un multivibrador? Razonarlo.
4. Deducir si tiene algún efecto sobre la frecuencia de salida la modificación para conseguir el astable mejorado.
5. Diseñar un multivibrador astable que genere una señal a 1 kHz, si disponemos de una fuente de alimentación de 12 V y transistores BC 548.

CONCLUSIONES

- Un multivibrador astable es un oscilador de onda cuadrada.
- El inicio de la oscilación se consigue gracias a la desigualdad de los componentes de ambas partes del circuito.
- Los transistores empleados en multivibradores trabajan en conmutación.
- En un multivibrador se dispone de dos salidas de igual amplitud, pero desfasadas 180° .
- El multivibrador astable mejorado proporciona formas de onda de salida más perfectas que el astable simple.

23.1. INTRODUCCION

En la clasificación hecha en la Práctica 22 de los multivibradores se establecían dos grupos: los de funcionamiento libre y los de funcionamiento excitado. Pues bien, dentro de estos últimos encontramos a su vez dos tipos:

- **Monoestables**, que permanecen en un estado determinado mientras no se les aplique una señal exterior que les haga cambiar al estado contrario para, posteriormente, regresar de nuevo al de reposo y permanecer en él hasta la presencia de un nuevo impulso de excitación.
- **Biestables**, que pueden permanecer en cualquiera de los dos estados de forma indefinida, si no se les aplica una señal exterior que les haga cambiar al estado contrario.