

OSCILADORES. GENERALIDADES

14.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se estudiarán unos tipos de circuitos fundamentales en electrónica, los osciladores. Los osciladores son circuitos electrónicos capaces de generar una señal alterna a su salida, esto es, son capaces de convertir una corriente continua, con la que normalmente se suelen alimentar, en una señal alterna con unas características tanto de frecuencia como de tensión propias del circuito oscilador que se trate y las características con las que haya sido diseñado.

El oscilador se ha utilizado desde los orígenes de la electrónica, esto es, desde los primeros equipos electrónicos construidos con válvulas hasta los modernos computadores de nuestros días, siendo igualmente utilizados tanto en circuitos analógicos como digitales.

El principio de trabajo de los osciladores se fundamenta, básicamente, en la realimentación positiva que se produce en un amplificador mediante diferentes elementos reactivos, tales como bobinas y condensadores, los cuales conforman los circuitos resonantes estudiados en capítulos anteriores.

La disposición de los elementos reactivos que forman parte del circuito oscilador determinará de qué tipo se trata. En este capítulo se estudiarán los circuitos osciladores más comunes los cuales se han convertido prácticamente en circuitos osciladores clásicos, tales como el oscilado Colppits, Hartley, etc., que en la mayoría de los casos, dichos circuitos osciladores llevan el nombre de su creador.

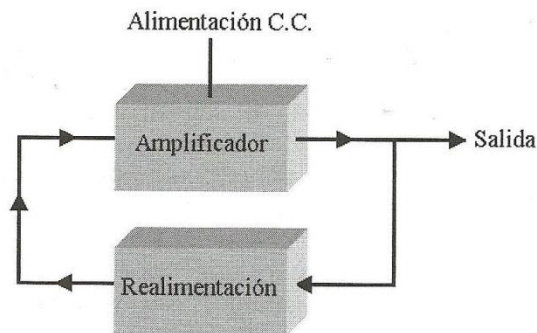
También se estudiará el oscilador de cristal de cuarzo que, como se puede intuir, utiliza un cristal de cuarzo como elemento generador de la oscilación, y se hará mención a los multivibradores, con especial énfasis del multivibrador astable.

14.2. PRINCIPIO DE GENERACIÓN DE LA OSCILACIÓN

En el capítulo anterior se estudió un tipo de realimentación, la cual era de carácter negativo, que aplicada como era el caso a un *AO* era posible crear circuitos amplificadores de características determinadas, en definitiva, una realimentación negativa disminuye la ganancia total del circuito amplificador a cambio, entre otras cosas, de una mejora en la estabilidad de este, un aumento en su ancho de banda, etc., luego una realimentación negativa sacrifica, por decirlo de alguna forma, ciertas características de un amplificador a cambio del beneficio de otras, que en la mayoría de los casos son más deseables.

En el caso de los osciladores, el principio de funcionamiento se basa, fundamentalmente, en la **realimentación positiva**, la cual consiste en tomar parte de la señal de salida y sumarla a la señal de entrada, de forma que, si se anulara la señal de entrada, el circuito podría funcionar sólo con la señal de salida, ya que ésta se estaría realimentando constantemente.

El diagrama de bloques de un oscilador es el siguiente:



La realimentación o **red de realimentación** se encuentra formada por circuitos resonantes similares a los estudiados en el capítulo 8. Como se puede ver, la realimentación es el circuito que une la salida con la entrada del amplificador, esto es, toma parte de la señal de salida del amplificador para inyectarla nuevamente a la entrada de éste.

Los componentes de la red de realimentación, son del tipo reactivo, esto es, se encuentra formada por la asociación de bobinas y/o condensadores que, como es sabido, dichos componentes presentan pérdidas. Para que la oscilación del circuito se mantenga, se hace necesario el uso de un amplificador, cuya función principal es la de restituir o regenerar la energía que se pierde en los componentes electrónicos de la red de realimentación como consecuencia de la pérdida de energía que se produce en éstos.

Resumiendo, un circuito oscilador no es más que un amplificador con realimentación positiva (la señal de salida se suma a la de la entrada), teniendo en cuenta que dicha red de realimentación se encuentra formada por un circuito resonante cuya frecuencia de resonancia determinará la frecuencia de salida del circuito oscilador en cuestión.

En el instante en el que se suministra tensión a un circuito oscilador, este no genera ningún tipo de señal de salida, de forma que, un instante más tarde se genera una pequeña oscilación como consecuencia de ciertos ruidos térmicos producidos en los componentes electrónicos, pudiendo decir que dicho ruido térmico sirve de base para generar el principio de oscilación del oscilador. Un poco más tarde, el circuito oscilador se encuentra trabajando y suministrando a su salida, una señal alterna con la frecuencia para la cual ha sido calculado. Para que un circuito oscilador pueda funcionar, es necesario que se den las siguientes condiciones.

- **Que la señal de realimentación se encuentre en fase con la señal de entrada.** Si esta condición no se cumple, esta falta de fase provocará la pérdida de oscilación progresiva del circuito oscilador hasta la anulación completa de la misma.
- **Que el producto entre la ganancia del amplificador y la red de realimentación sea mayor o igual a 1.** Fundamentalmente, esto hace que se regeneren las pérdidas producidas en los componentes que conforman el circuito resonante de la red de realimentación. Si este producto fuera mucho mayor que 1, la amplificación total sería excesiva, provocando la saturación del amplificador y, por lo tanto, la consecuente distorsión de la señal a la salida del circuito oscilador. Si por el contrario fuera menor que la unidad, la oscilación en el circuito cesaría al cabo de un determinado tiempo.

A esta condición se le llama **criterio de Barkhausen**.

14.3. OSCILADORES SENOIDALES

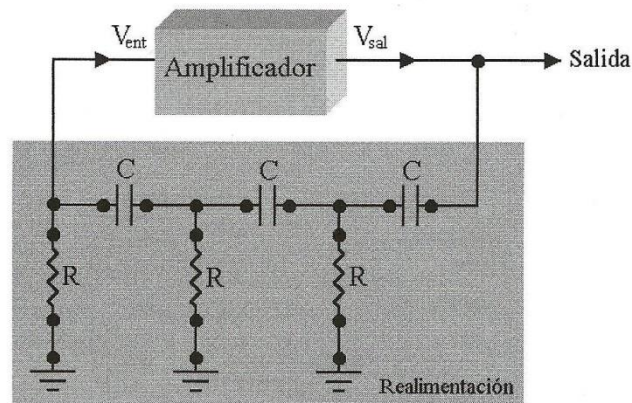
En este apartado se realizará el estudio de aquellos circuitos osciladores cuya señal de salida se caracteriza fundamentalmente por ser un tipo de señal de carácter senoidal.

Una clasificación básica de los **osciladores senoidales** puede hacerse atendiendo a las características de los circuitos resonadores que forman la red de realimentación. Se puede decir que son **osciladores RC**, los circuitos osciladores cuya red de realimentación se encuentra formada solo por resistencias y condensadores y, por el contrario, los citados **osciladores sintonizados** son aquellos cuya red de realimentación se encuentra formada por bobinas, condensadores (LC) y cristales de cuarzo entre otros.

14.3.1. Osciladores RC

14.3.1.1. OSCILADOR RC POR DESPLAZAMIENTO DE FASE

Como se ha citado anteriormente, la red de realimentación de este tipo de oscilador se encuentra formada exclusivamente por resistencias y condensadores, de ahí su nombre. Básicamente, un **oscilador RC** por desplazamiento de fase puede ser el mostrado en la siguiente figura:



La red de realimentación está formada por tres etapas idénticas, estando formada cada etapa por una resistencia R y un condensador C . Dicha red de realimentación tiene por misión desplazar la señal 180° , esto es, cada etapa o conjunto RC desplaza la señal 60° ; como se tienen tres etapas, el desplazamiento total producido por la red de realimentación será de $60^\circ \times 3 = 180^\circ$. La elección adecuada de los componentes que componen la red de realimentación producirá un desfase total de 180° a la frecuencia para la cual ha sido calculada. Luego, para cualquier otra frecuencia distinta a la deseada, se producirá un desplazamiento de fase distinto a 180° , incumpléndose en estas condiciones el **criterio de Barkhausen** citado anteriormente, no dándose las condiciones necesarias para que se pueda producir la oscilación en el circuito.

El elemento amplificador puede estar formado por cualquier dispositivo o componente electrónico capaz de proveer una ganancia o amplificación, como por ejemplo, un AO , un transistor bipolar, transistor $JFET$, etc.

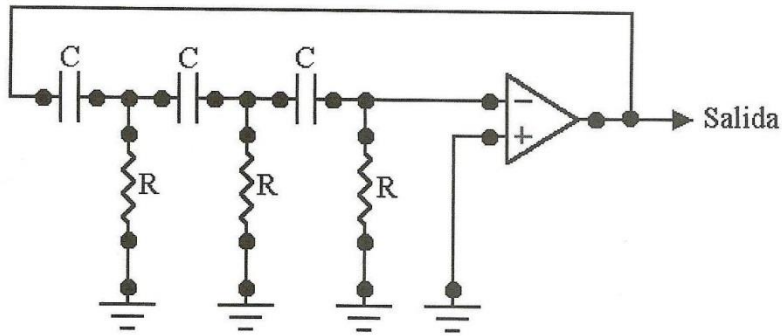
El desfase producido por la red de realimentación, como se ha descrito anteriormente, junto con el desfase producido por el elemento amplificador, deberá de ser el correspondiente a un desfase total de 360° , esto es, 180° de desfase de la red de realimentación más 180° del amplificador (dicho amplificador funciona como inversor), de esta forma la señal de salida de la red de realimentación queda en fase con la de entrada del amplificador.

La frecuencia de resonancia del oscilador en cuestión viene dada por la siguiente expresión:

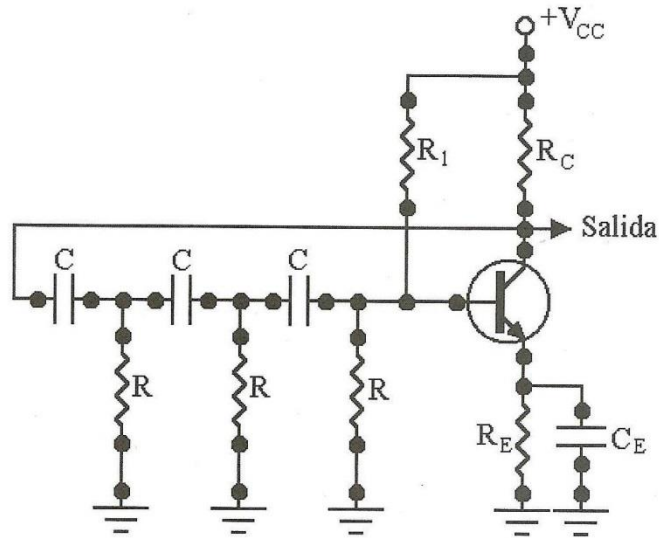
$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C \sqrt{6}}$$

f = Frecuencia de resonancia en (Hz).
 R = Resistencia en Ohmios (Ω).
 C = Capacidad en Faradios (F).

Un circuito oscilador RC por desplazamiento de fase constituido con un AO como elemento amplificador puede ser el mostrado en la siguiente figura:



Si en vez de un AO se utiliza, como elemento amplificador, un transistor bipolar, el circuito puede ser el siguiente:



EJEMPLO 14.1

Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador RC de desplazamiento de fase, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son $R=1K\Omega$ y $C=1nF$.

Aplicando la expresión y sustituyendo los valores de R y C, se tiene lo siguiente:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C \sqrt{6}} = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{6}} = 64.974,7\text{Hz}$$

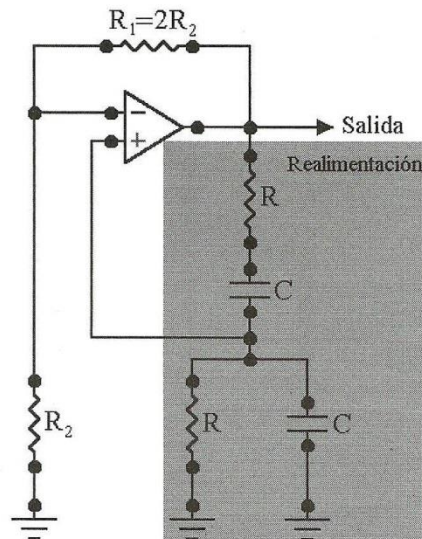
La frecuencia del circuito oscilador será, según los valores indicados, de aproximadamente 65KHz.

Esta frecuencia, calculada rara vez, se corresponderá con la que verdaderamente proporcionará el oscilador cuando sea montado en la práctica. La diferencia radica fundamentalmente en la tolerancia de los componentes utilizados, la cual hará que se produzcan variaciones más o menos significativas en cuanto a la frecuencia de la señal generada.

14.3.1.2. OSCILADOR EN PUENTE DE WIEN

El oscilador en puente de *Wien* entra dentro del grupo de osciladores RC puesto que su red de realimentación, al igual que en el caso anterior, se encuentra compuesta de resistencias y condensadores.

La combinación en serie y en paralelo de resistencias y condensadores conforman la red de realimentación de dicho circuito oscilador. Un ejemplo de un oscilador en puente de *Wien* queda reflejado en la siguiente figura.



La asociación en serie de R y C forma una impedancia que, junto con la impedancia formada por la asociación paralelo de R y C , hace que dicho puente de *Wien* se encuentre equilibrado. Los valores de R y C en el puente de *Wien* determinarán la frecuencia de resonancia a la cual funcionará el circuito. Los valores de R_1 y R_2 determinarán la amplitud de la señal de salida. La frecuencia de salida del circuito viene dada por la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

f = Frecuencia de resonancia en (Hz).
 R = Resistencia en Ohmios (Ω).
 C = Capacidad en Faradios (F).

En la práctica, R_1 suele ser una resistencia variable de forma que la ganancia pueda ajustarse a un valor ligeramente superior a la unidad.

EJEMPLO 14.2

Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador en puente de *Wien*, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son $R=4,7K\Omega$ y $C=1,5nF$.

Aplicando la expresión y sustituyendo los valores de R y C , se tiene lo siguiente:

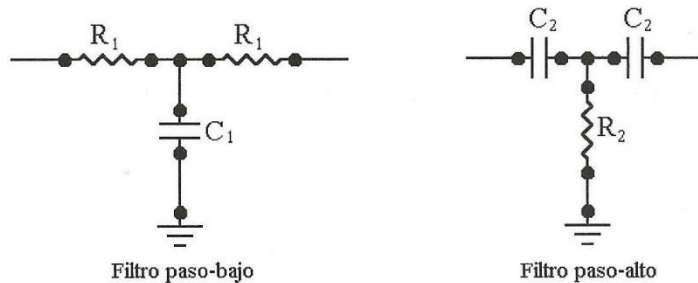
$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 4,7 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-9}} = 22.575,1Hz$$

La frecuencia del circuito oscilador será, según los valores indicados, de aproximadamente 22,5KHz.

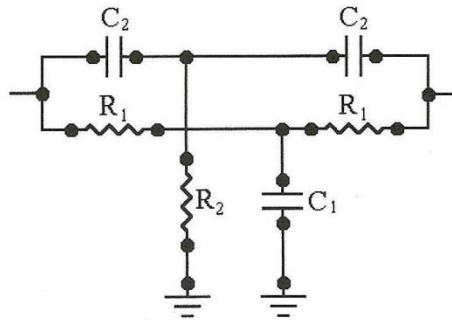
Al igual que ocurría con el circuito oscilador de desplazamiento de fase, la tolerancia de los componentes hará que la frecuencia del oscilador no coincida con el valor calculado.

14.3.1.3. OSCILADOR EN DOBLE T

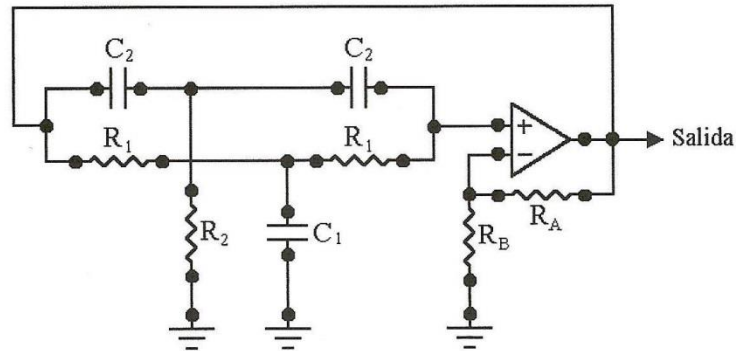
Este tipo de circuito oscilador, su red de realimentación se encuentra formada por un filtro combinado de paso alto y de paso bajo.



La combinación de ambos filtros dará como resultado una red de realimentación en doble T como la mostrada en la siguiente figura:



Ambos filtros, tanto el de paso bajo como el de paso alto, deben de calcularse para una misma frecuencia, de forma que, la frecuencia de corte del filtro paso bajo coincida con la frecuencia de corte del filtro de paso alto, la cual será la frecuencia de salida del circuito oscilador en cuestión. Un ejemplo de un **oscilador en doble T** es el mostrado en la siguiente figura:



La frecuencia de salida de dicho circuito oscilador viene dada por la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_2} = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C_1}$$

f = Frecuencia de resonancia en (Hz).
 R_1, R_2 = Resistencia en Ohmios (Ω).
 C_1, C_2 = Capacidad en Faradios (F).

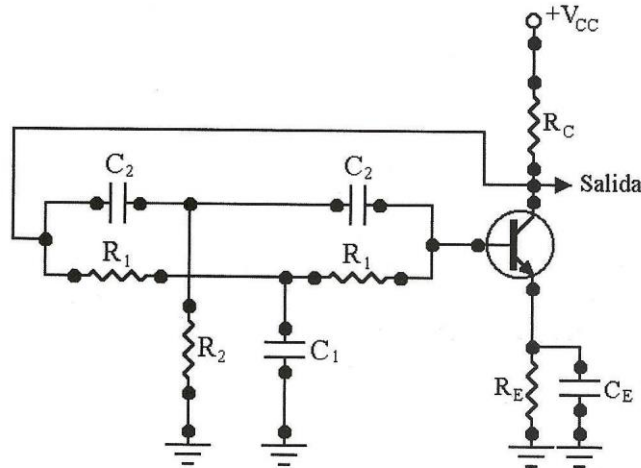
Hay que tener en cuenta que se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$R_2 = \frac{R_1}{2}$$

$$C_1 = C_2 \cdot 2$$

La amplitud de la señal de salida queda fijada mediante los valores de las resistencias R_A y R_B , teniendo en cuenta que el valor de R_B debe de ser muy inferior al valor de R_A , esto es, $R_B \ll R_A$.

Si en vez de un AO se utiliza como elemento amplificador un transistor bipolar, el circuito puede ser el siguiente:



EJEMPLO 14.3

Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador en doble T, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son $R_1 = 10K\Omega$ y $C_2 = 1nF$.

Aplicando la expresión y sustituyendo los valores de R_1 y C_2 , se tiene lo siguiente:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 15.915,5Hz$$

La frecuencia del circuito oscilador será según los valores indicados, de aproximadamente 16KHz.

El resto de valores de la red de realimentación podrán obtenerse de la siguiente forma:

Teniendo en cuenta las condiciones que se deben de cumplir, para R_2 será:

$$R_2 = \frac{R_1}{2} = \frac{10K\Omega}{2} = 5K\Omega$$

y para C_2 ,

$$C_1 = C_2 \cdot 2 = ; \quad C_2 = \frac{C_1}{2} = \frac{1nF}{2} = 0,5nF$$

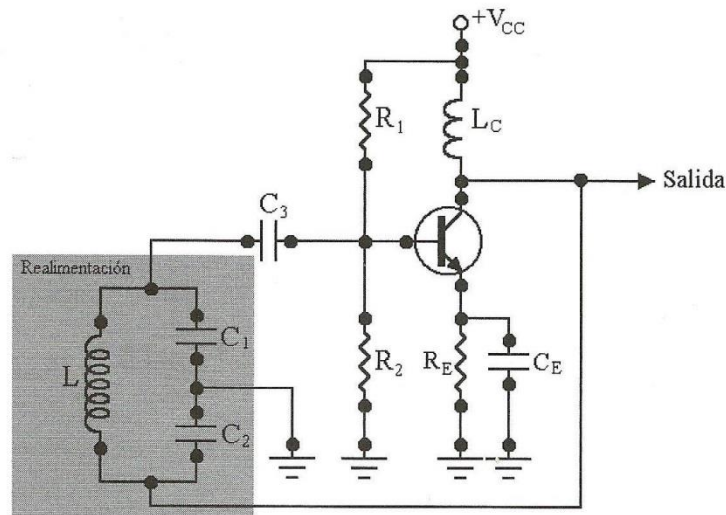
14.3.2. Osciladores LC

Estos tipos de osciladores son utilizados habitualmente para generar señales de frecuencia mucho más elevada que las generadas con los osciladores RC. La red de realimentación de los osciladores en cuestión se encuentra compuesta por bobinas y condensadores, cuya frecuencia de resonancia establecerá la frecuencia de salida del circuito oscilador.

En este apartado se estudiará aquellos circuitos **osciladores LC** más comunes y utilizados.

14.3.2.1. OSCILADOR COLPITTS

Como se ha comentado anteriormente, los osciladores LC son utilizados habitualmente para generar señales de alta frecuencia, por lo tanto, son circuitos muy utilizados en equipos de radio. Uno de los más conocidos es concretamente el **oscilador Colpitts**, el cual lleva el nombre de su creador, pudiendo observar un circuito oscilador de este tipo en la siguiente figura:



Como se puede observar, la red de realimentación se encuentra compuesta por un divisor de tensión capacitivo, formado por C_1 y C_2 , en paralelo con una bobina L . La frecuencia de oscilación puede variarse cambiando el valor de L o el valor de las capacidades de C_1 y C_2 .

El valor de la frecuencia de salida de dicho circuito **oscilador Colpitts** viene dado por la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

f = Frecuencia de resonancia en (Hz).
 L = Inductancia en Henrios (H).
 C = Capacidad en Faradios (F).

El valor de C será el correspondiente a:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

El resto de los componentes existentes en el circuito son los típicos de polarización del transistor bipolar. Se puede hacer mención a la bobina L_C , la cual constituye un choque de radiofrecuencia, utilizado habitualmente para evitar que la alta frecuencia existente en el colector del transistor bipolar pueda inyectarse o propagarse hacia la fuente de alimentación.

Este tipo de oscilador puede trabajar perfectamente en altas frecuencias, teniendo un funcionamiento estable a frecuencias del orden de varios cientos de MHz .

EJEMPLO 14.4

Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador Colpitts, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son $L = 0,1mH$, $C_1 = 100pF$ y $C_2 = 220pF$.

Primeramente, será necesario calcular el valor de C para poder sustituir su valor en la expresión anteriormente dada para el cálculo de la frecuencia de resonancia:

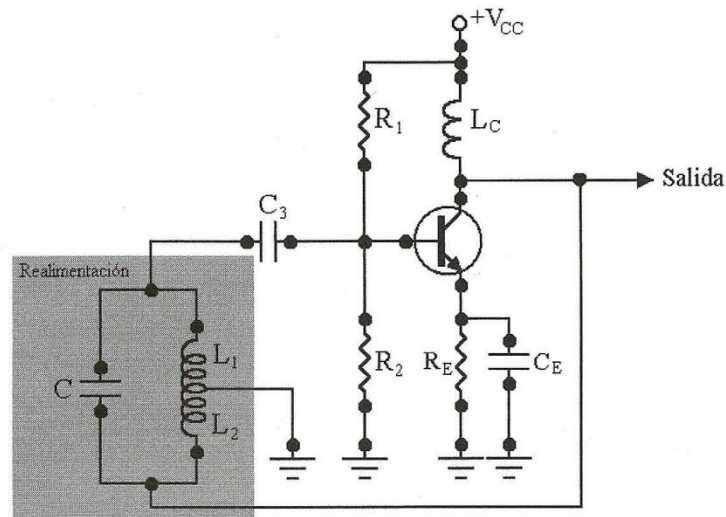
$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100 \cdot 220}{100 + 220} = 68,75pF$$

Sustituyendo los valores, se tiene que:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 68,75 \cdot 10^{-12}}} = 1,919MHz$$

14.3.2.2. OSCILADOR HARTLEY

Este circuito oscilador tiene un funcionamiento idéntico al oscilador *Colpitts*. Fundamentalmente, la diferencia del **oscilador Hartley** con respecto al *Colpitts* radica en que, en su red de realimentación, los condensadores se han sustituido por inductancias y la inductancia L por un condensador. En la siguiente figura se puede ver el esquema de un circuito oscilador *Hartley*.



El conjunto de L_1 y L_2 normalmente suele ser una sola bobina con toma intermedia creando el divisor inductivo análogo al divisor capacitivo en la red de realimentación del **oscilador Colpitts**. El condensador C se encuentra en paralelo con la asociación serie de L_1 y L_2 .

La expresión para determinar la frecuencia de resonancia del circuito oscilador en cuestión es la siguiente:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C \cdot (L_1 + L_2)}}$$

f = Frecuencia de resonancia en (Hz).

L = Inductancia en Henrios (H).

C = Capacidad en Faradios (F).

Al ser el oscilador *Hartley* muy similar al oscilador *Colpitts*, salvo en las diferencias vistas en sus redes de realimentación, las características de ambos osciladores son idénticas, pudiendo ser utilizado uno u otro según convenga en base a la implementación de su red de realimentación.

EJEMPLO 14.5

Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador Hartley, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son $C = 100\text{pF}$, $L_1 = 100\mu\text{H}$ y $L_2 = 10\mu\text{H}$.

Sustituyendo los valores, se tiene que:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C \cdot (L_1 + L_2)}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{100 \cdot 10^{-12} \cdot (10 + 100) \cdot 10^{-6}}} = 1,517\text{MHz}$$

14.3.3. Osciladores de cristal de cuarzo

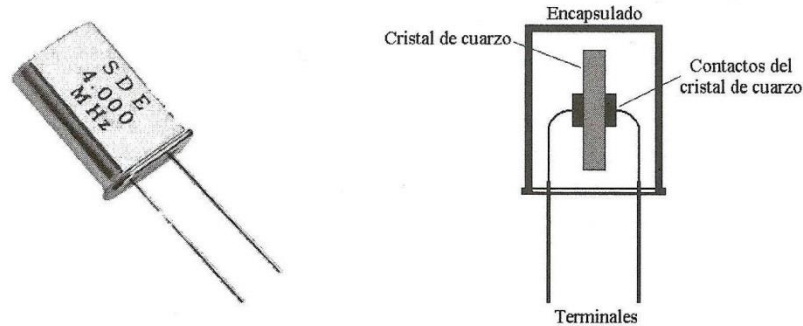
De entre todos los osciladores vistos hasta ahora, los **osciladores de cristal** son aquellos que presentan una mayor estabilidad de la frecuencia que ofrecen a su salida. Los osciladores de cristal se encuentran compuestos por un **cristal piezoeléctrico** donde las características de oscilación se encuentran determinadas por sus características constructivas.

Los osciladores de cristal son utilizados para la generación de altas frecuencias pudiendo decir que, entre otras características tales como la estabilidad de la frecuencia generada y la sencillez de sus circuitos, los hacen ser muy adecuados en una gran mayoría de equipos y dispositivos.

El principio de generación de la oscilación en un cristal de cuarzo se fundamenta en el hecho de que, al aplicar a dicho cristal una tensión alterna, se producirá una vibración en él, que será proporcional a la tensión aplicada. Dicha resonancia mecánica producirá (teniendo en cuenta el tamaño y forma del cristal) una resonancia eléctrica, pudiéndose alcanzar frecuencias desde *KHz* a bastantes *MHz*.

La propiedad por la cual en un componente de este tipo se produce una vibración mecánica al serle aplicada una tensión eléctrica (y, al contrario, al someterlo a una deformación o vibración mecánica generará una tensión eléctrica) se conoce como **piezoelectricidad**, y son algunos materiales tales como el cuarzo y algunos materiales cerámicos los que presentan esta propiedad.

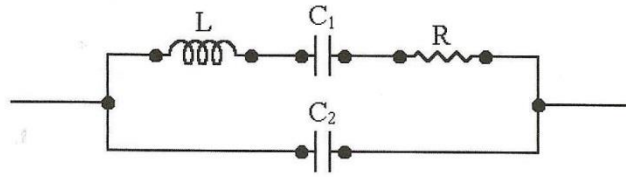
En la siguiente figura puede observarse la forma típica de un cristal de cuarzo con su correspondiente encapsulado.



El símbolo característico con el que suele representarse un cristal de cuarzo en un esquema electrónico es el siguiente:



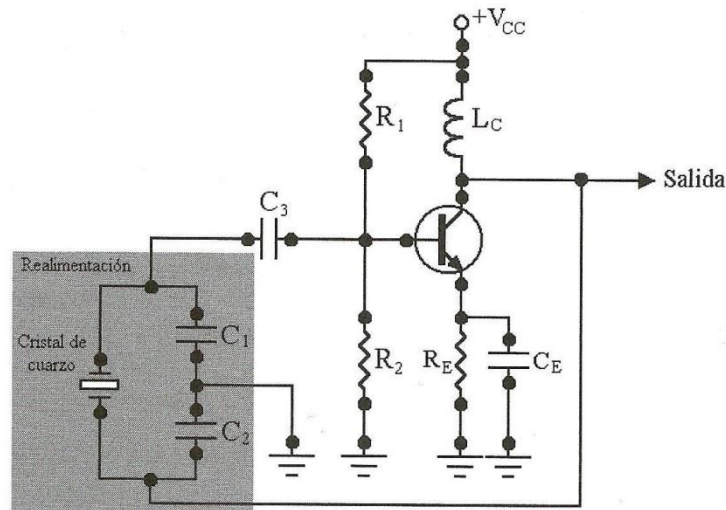
El circuito eléctrico equivalente de un cristal de cuarzo es el siguiente:



Dependiendo de las características constructivas del cristal de cuarzo, variarán los correspondientes valores de L , R , C_1 y C_2 . La frecuencia de salida del circuito oscilador dependerá de la frecuencia de resonancia del cristal de cuarzo utilizado, teniendo en cuenta que, en un cristal de cuarzo, habrá de considerarse dos tipos de frecuencias de resonancia, esto es, la frecuencia de resonancia serie y la frecuencia de resonancia paralelo, encontrándose ambas frecuencias muy próximas entre sí.

En la práctica, se pueden construir circuitos cuya frecuencia de salida sea un submúltiplo de la frecuencia de resonancia del cristal de cuarzo, esto es por ejemplo, teniendo un cristal de cuarzo cuya frecuencia de resonancia sea de 5MHz , la frecuencia de salida del circuito oscilador donde se encuentre dicho cristal podrá ser un múltiplo superior a 5MHz , a esto se le suele denominar **sobretono**.

Un circuito oscilador típico donde se utiliza un cristal de cuarzo es el mostrado en la siguiente figura:



Como se puede ver, este circuito es muy similar al **oscilador Colpitts** visto en apartados anteriores, la diferencia se encuentra en la red de realimentación en la que se ha sustituido la bobina L por un cristal de cuarzo, ahora la frecuencia de salida viene dada por dicho cristal. El principio de funcionamiento de este circuito es el mismo que

el de un oscilador *Colpitts*, pero con la ventaja de la gran estabilidad de la frecuencia de salida como consecuencia del uso del cristal de cuarzo en cuestión.

14.4. OSCILADORES NO SENOIDALES

Al contrario que en el apartado anterior, la señal de salida de los circuitos **osciladores no senoidales** se caracteriza por tener una forma que precisamente no es senoidal. Dichos osciladores no senoidales son también denominados **osciladores de relajación**.

En este apartado se hará una clasificación básica de los osciladores no senoidales concretamente los denominados **multivibradores** cuya principal característica es la de obtener una señal a su salida de carácter rectangular o cuanto menos no senoidal.

Los multivibradores se clasifican en:

- Multivibradores monoestables.
- Multivibradores biestables.
- Multivibradores estables.

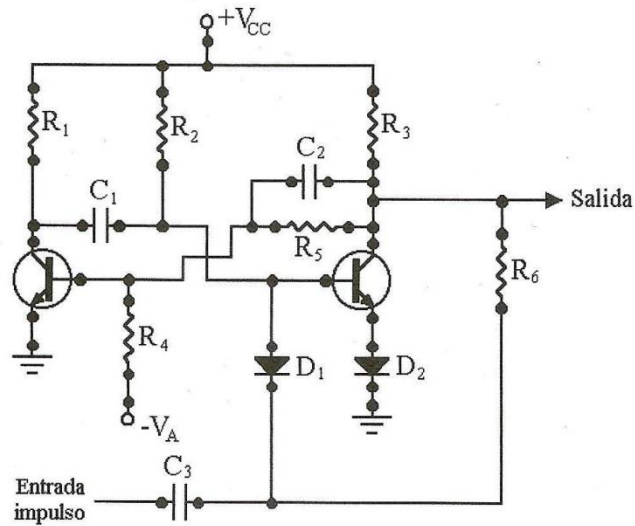
14.4.1. Multivibrador monoestable

Fundamentalmente, este circuito se caracteriza por poseer un estado estable y un estado casi-estable.

Aunque no puede decirse exactamente que dicho circuito sea un oscilador que genere a su salida una señal oscilante (puesto que necesita de un impulso externo para que reaccione), si puede englobarse dentro de los multivibradores que son considerados como se ha indicado anteriormente, osciladores de relajación y, por lo tanto, obteniendo a su salida un tipo de señal que será función del tiempo.

La funcionalidad del circuito en cuestión es tal que éste tendrá un estado estable hasta que, por la entrada correspondiente, le sea aplicado el impulso que le haga cambiar al estado casi-estable, permaneciendo en éste estado un tiempo determinado, el cual viene dado por el valor de ciertos componentes que integran el circuito, una vez transcurrido dicho tiempo el circuito volverá nuevamente a su estado estable (o estado inicial).

Un ejemplo de un circuito **multivibrador monoestable** es el mostrado en la siguiente figura:

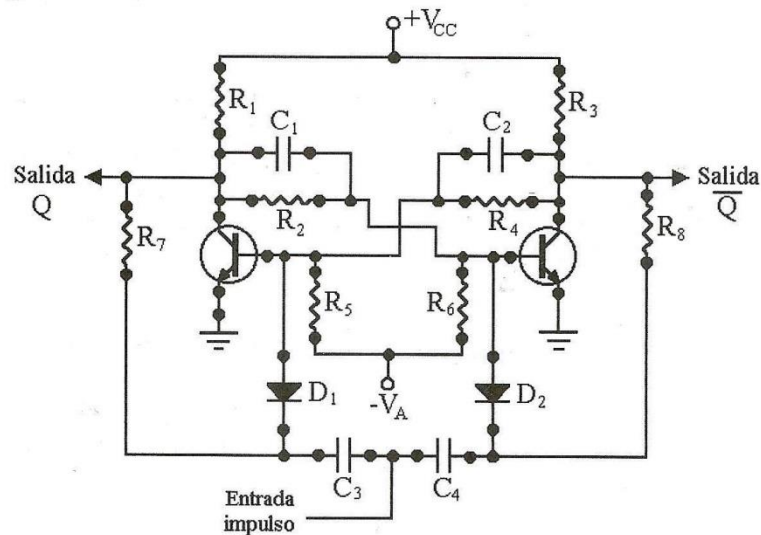


Como se puede observar, dicho circuito posee una entrada por la que se introducirá el impulso adecuado que hará cambiar el nivel de salida.

14.4.2. Multivibrador biestable

Este circuito se caracteriza por poseer dos estados estables. Habitualmente, dicho circuito posee dos salidas complementarias u opuestas, permaneciendo éstas en cualquiera de los dos estados estables. El paso de un estado a otro se realiza mediante la inserción de un pulso externo el cual hará que ambas salidas pasen de uno a otro estado.

Un ejemplo de un circuito **multivibrador biestable** es el mostrado en la siguiente figura:

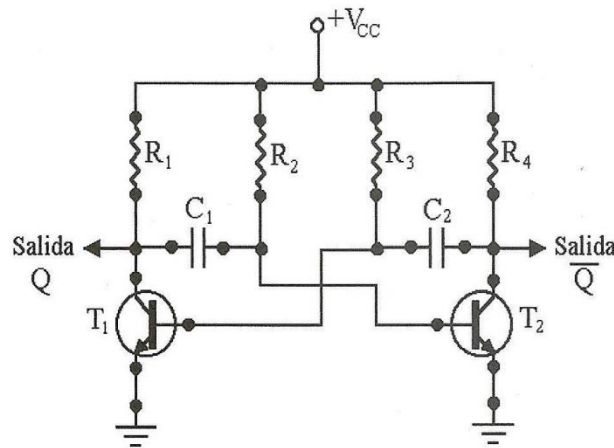


14.4.3. Multivibrador astable

De entre los multivibradores vistos es el astable el que guarda más similitud con respecto a los osciladores, objeto de este capítulo. Un multivibrador astable es un circuito que no posee ningún estado estable, alternativamente su salida va tomando valores alternos pasando de un estado alto a un estado bajo, obteniendo en su salida una señal de tipo cuadrada. Al igual que en el caso del biestable, habitualmente un multivibrador astable suele tener dos salidas complementarias u opuestas adquiriendo éstas alternativamente cualquiera de los dos estados posibles.

Para el funcionamiento de este tipo de multivibrador no se requiere ningún tipo de impulso externo como sucedía en el caso de los dos anteriores multivibradores, siendo su funcionamiento originado inmediatamente al serle aplicada la tensión de alimentación.

Un ejemplo de un circuito **multivibrador astable** es el mostrado en la siguiente figura:



El principio de funcionamiento de un multivibrador astable se fundamenta en el retardo producido por la carga y descarga de un condensador a través de una resistencia. Como se puede ver en el circuito anterior, la salida de T_1 alimenta la entrada de T_2 y, viceversa, la salida de T_2 alimenta la entrada de T_1 . En este circuito, un transistor conduce cuando el otro se encuentra en corte, estableciéndose un funcionamiento alternativo entre corte y conducción en los transistores, generando de esta forma una salida en forma de onda cuadrada desfasada 180° de una salida con respecto a la otra.

El tiempo que cada transistor se mantiene en corte se halla calculando la constante de tiempo dada por el conjunto de resistencia y condensador de base en cada transistor. Por ejemplo, si se tiene en cuenta que para $R_2=R_3=R$ y $C_1=C_2=C$ la duración del periodo de la señal de salida vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T = 2RC \ln 2$$

T = Periodo de la señal de salida en segundos.

R = Resistencia en Ohmios (Ω).

C = Capacidad en Faradios (F).

El tiempo que cada transistor permanece en saturación o en corte será lógicamente:

$$t = RC \ln 2$$

Con todo esto, se puede decir que la señal de salida tendrá una frecuencia igual a la obtenida mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{2RC \ln 2}$$

F = Frecuencia en Hertzios.

EJEMPLO 14.6

Calcular el periodo y la frecuencia de un multivibrador astable como el de la figura anterior sabiendo que $R_2=R_3=10K\Omega$ y $C_1=C_2=10nF$.

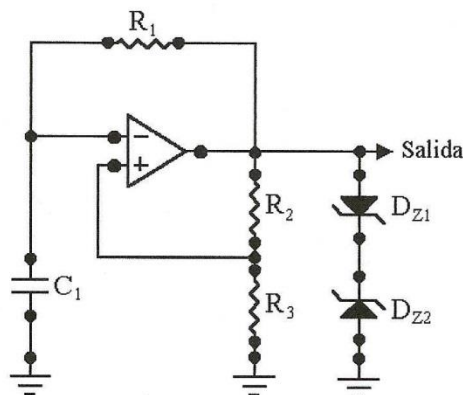
El período de la señal de salida viene dado por la expresión anteriormente indicada, sustituyendo se tiene que:

$$T = 2RC \ln 2 = 2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot \ln 2 = 1,386 \cdot 10^{-4} \text{ segundos}$$

Luego la frecuencia de la señal de salida será:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,386 \cdot 10^{-4}} = 7.215 \text{ Hz}$$

Un circuito **multivibrador astable** construido mediante un *AO* es el mostrado en la siguiente figura:



El período de la señal de salida de este circuito viene dado por la siguiente expresión:

$$T = 2R_1 C_1 \ln \left(1 + \frac{2R_2}{R_3} \right)$$

T = Período de la señal de salida en segundos.

R_1 , R_2 y R_3 = Resistencias en Ohmios (Ω).

C_1 = Capacidad en Faradios (F).

La misión de los diodos zener D_{Z1} y D_{Z2} es la de determinar la simetría de la señal de salida. En cuanto a la frecuencia de dicha señal de salida, ésta se encontrará limitada por la máxima permitida por el AO.

EJEMPLO 14.7

Calcular el período y la frecuencia de un multivibrador astable construido con AO como el mostrado en la figura anterior sabiendo que $R_1 = 10K\Omega$, $R_2 = 1K\Omega$ y $R_3 = 1K\Omega$ y que $C_1 = 1\mu F$.

El período de la señal de salida viene dado por la expresión anteriormente indicada, sustituyendo se tiene que:

$$\begin{aligned} T &= 2R_1 C_1 \ln \left(1 + \frac{2R_2}{R_3} \right) = 2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3} \right) = \\ &= 2,19 \cdot 10^{-2} \text{ segundos} \end{aligned}$$

Luego la frecuencia de la señal de salida será:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,19 \cdot 10^{-2}} = 45,6 \text{ Hz}$$

14.5. ACTIVIDADES

- 14.1. Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador RC de desplazamiento de fase, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son, $R = 10K\Omega$ y $C = 2,7nF$.
- 14.2. Calcular el valor de las resistencias de un oscilador RC de desplazamiento de fase, sabiendo que el valor de los condensadores es de $1nF$, si se tiene en cuenta que la frecuencia de salida de dicho oscilador debe de ser de $10KHz$.

- 14.3. Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador en puente de *Wien*, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son, $R=4,7K\Omega$ y $C=10nF$.
- 14.4. Calcular el valor de la capacidad de los condensadores de un puente de *Wien* para que la frecuencia de salida sea de $10KHz$ si se sabe que las resistencias de dicho puente tienen un valor de $2,7K\Omega$.
- 14.5. Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador en doble *T*, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son, $R_1=47K\Omega$ y $C_2=100nF$.
- 14.6. En un oscilador *Colpitts* el valor de la autoinducción de la red de realimentación es de $30\mu H$. ¿Qué valor deberá tener C_1 si C_2 tiene una capacidad de $4,7nF$ y la frecuencia de salida del circuito es de $1MHz$?
- 14.7. Calcular la frecuencia de resonancia de un oscilador *Hartley*, sabiendo que el valor de los componentes de su red de realimentación son $C=10pF$, $L_1=20\mu H$ y $L_2=30\mu H$.
- 14.8. Calcular el valor de la capacidad del condensador de la red de realimentación de un oscilador *Hartley* sabiendo que la frecuencia de salida de dicho oscilador es de $100KHz$ y los valores de L_1 y L_2 son, respectivamente, de $10\mu H$ y de $15\mu H$.
- 14.9. Calcular la frecuencia de un multivibrador astable construido con transistores, según el circuito visto en este capítulo, sabiendo que $R_2=R_3=47K\Omega$ y $C_1=C_2=150nF$.
- 14.10. Calcular el valor de la capacidad C_1 de un multivibrador astable construido con un *AO*, como el visto en este capítulo, si se sabe que $R_1=15K\Omega$, $R_2=4,7K\Omega$ y $R_3=4,7K\Omega$, teniendo en cuenta que la frecuencia de salida es de $100Hz$.