



**ELECTRONICA
INDUSTRIAL**

ELECTRONICA INDUSTRIAL

OSCILADORES

Con circuitos electrónicos pueden generarse señales alternas de una gran variedad de formas de onda en un amplio intervalo de frecuencias. De hecho los osciladores de transistores constituyen una forma eficaz de generar tensiones a frecuencias elevadas.

Se emplean mucho en emisoras de radio y TV, calentamiento dieléctrico y por inducción, y en instrumentos electrónicos destinados a fines de medida de tiempo y comprobaciones.

Un oscilador convierte la potencia suministrada por las fuentes de alimentación de tensión continua en potencia de una corriente alterna que tenga las características deseadas.

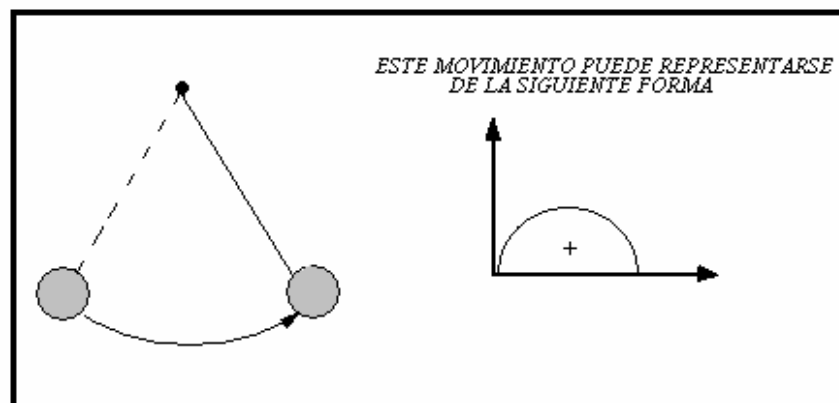
La oscilación puede lograrse mediante una realimentación positiva, la cual origina una señal de salida sin que exista señal de entrada.

En el caso de oscilaciones sinusoidales se diseña la red de realimentación de manera que se cumpla el criterio de **BARKHAUSEN**, para una sola frecuencia. El criterio de **BARKHAUSEN** exige que la rotación de fase total de la señal realimentada sea de 360 grados y este será el factor fundamental en la determinación de la frecuencia de oscilación. Además la ganancia del amplificador ha de ser suficientemente grande para asegurar que la salida sea igual a la unidad a fin que se mantengan las oscilaciones.

Para iniciar las oscilaciones no es preciso suministrar señal de entrada. Las tensiones de ruido aleatorio o los transientes que acompañan la aplicación de las tensiones de alimentación son suficientes para iniciar el proceso de realimentación.

Si enfocamos la oscilación desde otro punto de vista, preguntándonos primero que son las oscilaciones, diremos que está oscilando cualquier cosa que se balancee hacia atrás y delante de manera uniforme. Un columpio moviéndose atrás y adelante “**oscila**”. El péndulo que se balancea en el reloj “**oscila**”.

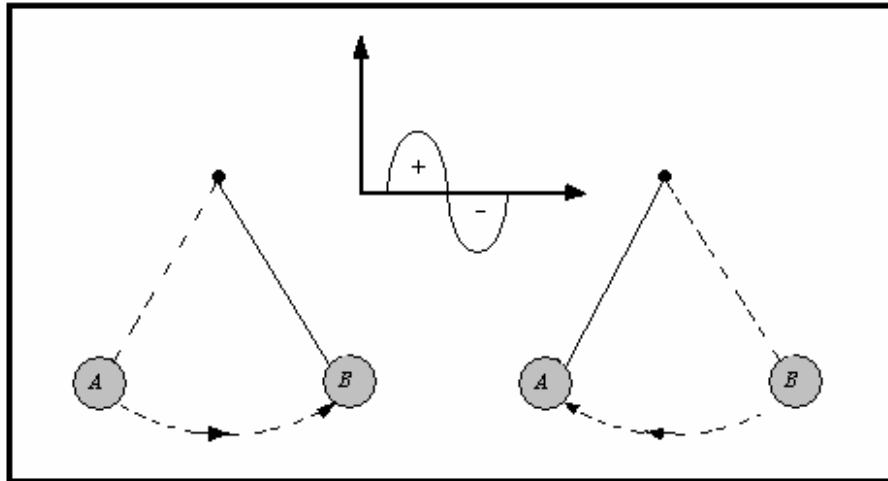
ALGUNOS OSCILADORES COMUNES



Si nos fijamos en el péndulo, cuando en su balanceo alcanza el extremo de la izquierda, se detiene momentáneamente y toda su energía queda acumulada en forma de energía potencial. A medio camino de su balanceo, se mueve con su velocidad máxima y toda su energía se ha convertido en energía cinética. Cuando cumple su balanceo alcanzando el

extremo de la derecha, vuelve a detenerse momentáneamente y toda su energía pasa de nuevo a la forma potencial. Podemos representar gráficamente este movimiento mediante la mitad de una onda senoidal, cada uno de los cuyos puntos representa la velocidad en un instante dado.

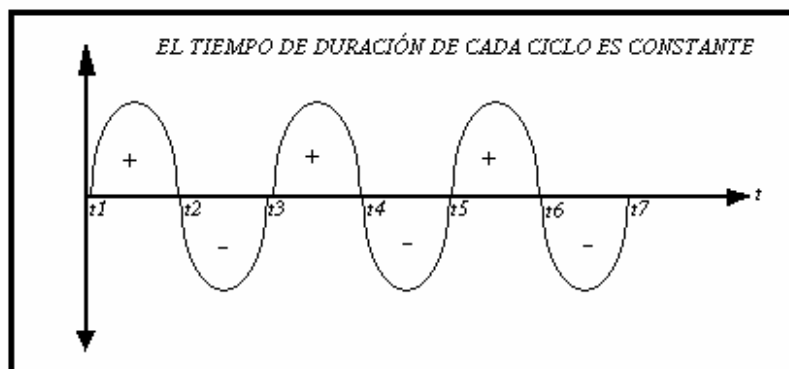
Se consideran positivas las velocidades hacia la derecha.



Como que el balanceo de retorno de derecha a izquierda es la inversión del sentido de movimiento, la segunda mitad de la curva senoidal se representa por debajo de la línea. Por lo tanto, un ciclo completo de la oscilación del péndulo puede representarse por un ciclo completo de la onda senoidal.

Se fija usted alguna vez que en un recorrido completo dura el mismo tiempo que otro recorrido cualquiera. Usted puede representar gráficamente tres ciclos del balanceo de la siguiente manera: el tiempo T1 y T3 es el mismo que entre T3 y T5 y T7, como se ve más abajo en la figura siguiente.

También es igual el tiempo en los diferentes semiciclos (T1 a T2, T2 a T3, etc.).



Los relojes de péndulo y los relojes de volante señalan la hora con precisión porque el tiempo que dura cada oscilación del péndulo o del volante es igual entre un ciclo y otro. Esto es verdad tanto para la séptima oscilación como para la primera. Ahora ya comprende

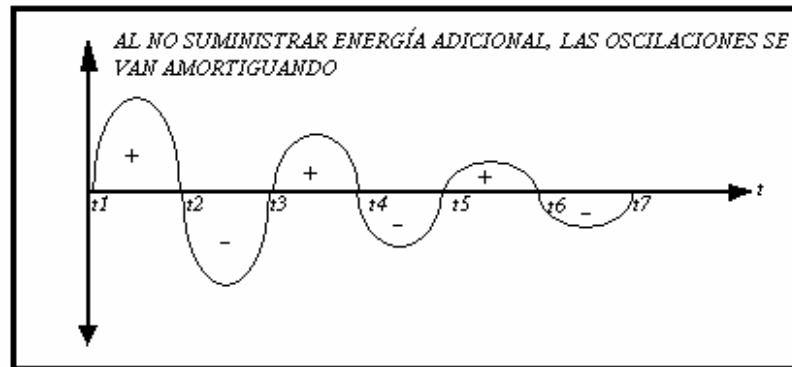
qué se quería decir al referirse que un oscilador se mueve atrás y adelante de manera uniforme. Dos condiciones son necesarias para que algo oscile:

- 1) **Debe haber movimiento atrás y adelante (vibración).**
- 2) **El período de tiempo para cada movimiento atrás y adelante debe ser el mismo (uniforme).**

INTRODUCCIÓN A LOS OSCILADORES

Usted sabe que el columpio acabará por detenerse si no se le balancea. También sabe que esta pérdida de energía se debe a rozamiento y para compensar dicha pérdida hay que suministrar energía externa de manera uniforme.

Esta curva de la figura siguiente representa lo que ocurre cuando no se suministra energía externa.

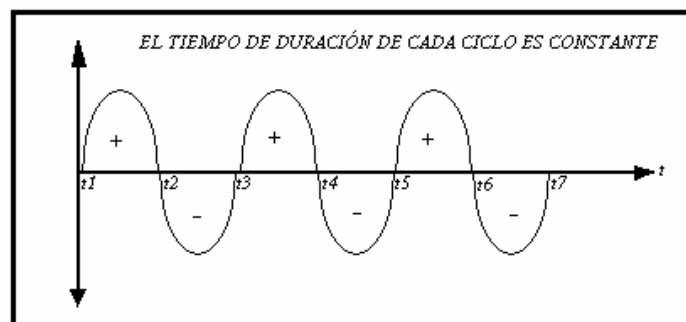


Esta oscilación recibe el nombre de “onda amortiguada”.

Es como una onda senoidal, pero la altura (amplitud) de los ciclos sucesivos va disminuyendo gradualmente. Los intervalos de tiempo se mantienen iguales.

Como suministraría la energía necesaria para impedir la amortiguación.

Al empujar al niño en un columpio, no daría el empujón siguiente hasta que el columpio hubiera completado su arco, y estuviera a punto de invertir el sentido de movimiento. Esta aplicación de energía en el punto preciso o en el instante preciso, está en fase con el movimiento primitivo. Para proporcionar al oscilador la energía necesaria para mantenerse en su período natural de oscilación, la fuente exterior de energía debe estar en fase con el período natural de oscilación.



Usted debe saber ahora que para mantener la estabilidad en un oscilador, se necesitan dos condiciones:

- 1) **Se debe suministrar energía para compensar la pérdida de energía en el oscilador.**
- 2) **La fuente externa que suministra energía, debe hacerlo en fase con el período natural del oscilador.**

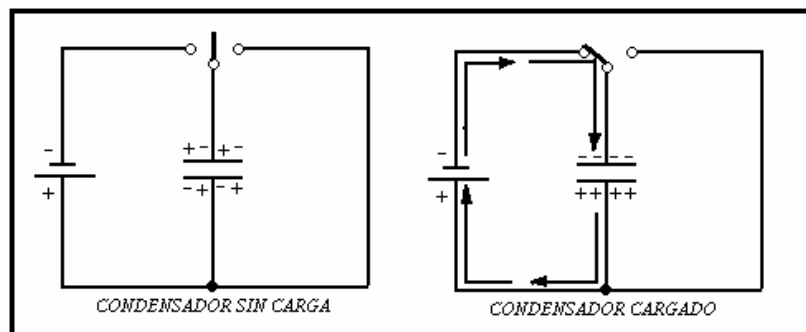
EL OSCILADOR ELECTRÓNICO (L – C)

Un oscilador electrónico es un circuito sencillo, consta de un condensador y una bobina conectados en paralelo. Para comprender como puede hacerse oscilar a un circuito así, examine lo que ocurre al cargar y descargar un condensador.

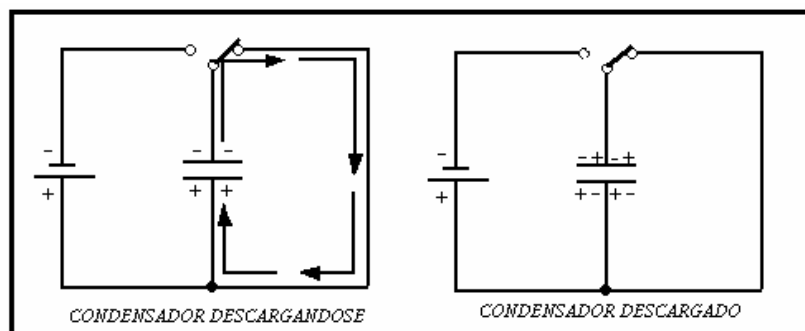
Un condensador descargado tiene igual cantidad de cargas positivas y negativas en cada una de sus placas.

Cuando se conecta este condensador a un fuente de tensión CC, una de la placas se cargará negativamente y la otra se cargará positivamente.

Lo que ha ocurrido es que ahora hay más electrones que antes en la placa negativa y menos electrones que antes en la placa positiva. Además el exceso de electrones en la placa negativa es exactamente igual a la falta de electrones en la placa positiva.



Poniendo en cortocircuito el condensador cargado, el exceso de electrones es atraído a través del conductor hacia la placa positiva. Cada placa tiene de nuevo igual cantidad de cargas negativas y positivas y el condensador está descargado.



Usted ha visto lo que ocurriría al ponerse en cortocircuito un condensador cargado.

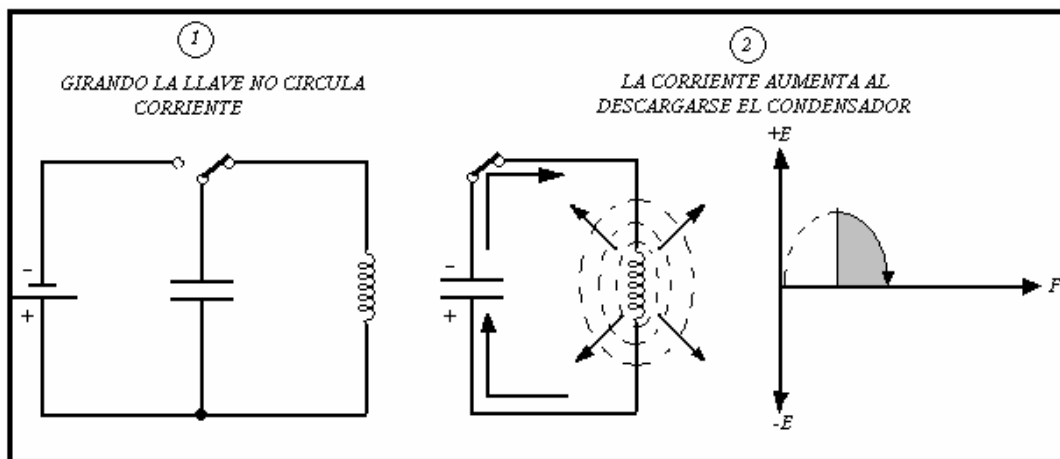
Conectando una inductancia a través del condensador cargado, los resultados son muy diferentes.

Usted recordará por su estudio de electricidad básica que una inductancia tiene una propiedad eléctrica particular, que es la de poner resistencia a cualquier variación de corriente electrónica a su través. Usted recordará que cuando circula corriente a través de una bobina, se genera alrededor de ella un campo magnético. Cualquier variación de la corriente hace que el campo magnético aumente o disminuya.

Este aumento o disminución del campo magnético hace que las líneas de fuerza del campo magnético corten las espiras de la bobina, dando lugar a la inducción de una tensión que se opone a la variación de la corriente.

Cuando se conecta el condensador cargado a los extremos de la bobina (ver figura siguiente), los electrones almacenados en la placa negativa no pueden precipitarse hacia la placa positiva del condensador atravesando la bobina y la tensión en el circuito es máxima. Tan pronto como algunos electrones atraviesan la bobina, empieza a crearse un campo magnético. Al ir aumentando este campo magnético, induce una tensión a través de la bobina que se opone al flujo de electrones de la placa negativa. El condensador y la bobina se comportan como dos pilas conectadas en serie, pero en oposición, es decir, positivo con positivo y negativo con negativo. En consecuencia el condensador cargado no puede descargarse de inmediato a través de la bobina. Cuanto mayor sea la bobina, más tarda el condensador para descargarse. Al descargarse el condensador, el campo magnético de la bobina va siendo cada vez más intenso y la tensión continúa decreciendo (caso 2 de la figura siguiente).

El campo magnético aumenta al disminuir la carga del condensador.

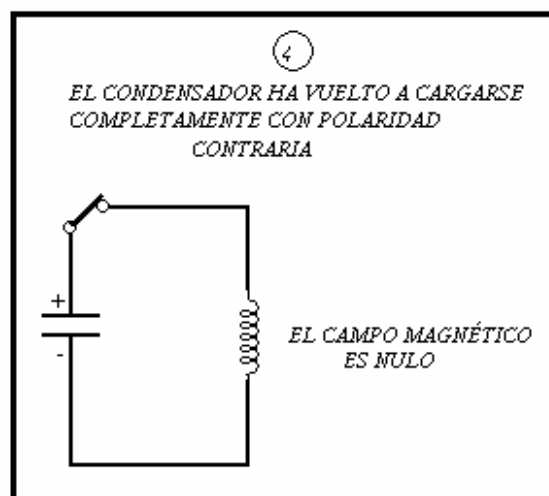
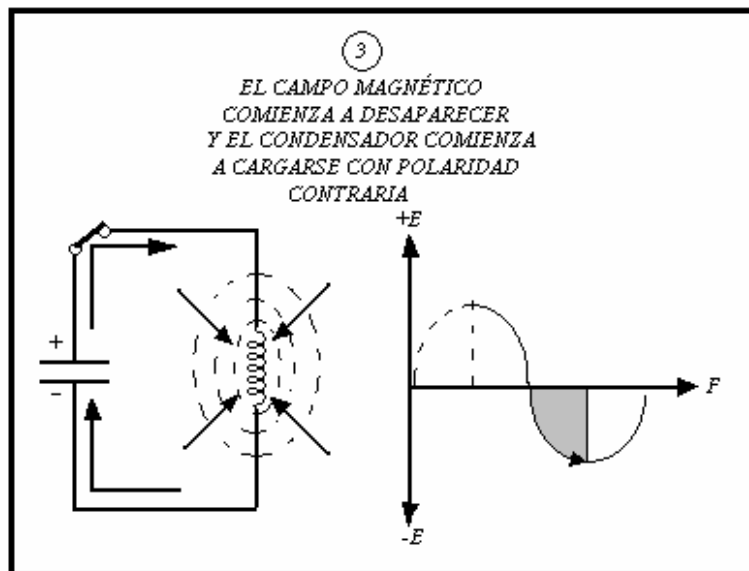


Cuando el condensador se ha descargado completamente, toda su energía eléctrica está alrededor de la bobina. Tan pronto como empieza a disminuir la corriente a través de la bobina, el campo magnético alrededor de la bobina va disminuyendo (figura siguiente – esquema 3). Las líneas magnéticas del campo decreciente cortan las espiras de la bobina e inducen una tensión a través de ella. Esta tensión inducida se opone a la disminución de la

corriente que atraviesa la bobina, y tiene polaridad contraria a la primitiva del condensador. Ahora el condensador y la resistencia se comportan como dos pilas en serie, sumando tensiones, negativo con positivo. A causa de esta tensión inducida los electrones circulan a través de la bobina en el mismo sentido.

Los electrones son desalojados de la placa superior del condensador y obligados a trasladarse a la placa inferior, a través de la bobina.

Toda la energía del campo magnético que desaparece, hace aumentar la carga negativa de la placa inferior del condensador. Cuando el campo magnético se ha anulado por completo, toda la energía magnética ha sido devuelta al condensador en forma de carga eléctrica y la tensión entre los extremos del condensador en forma de carga eléctrica, tiene precisamente polaridad opuesta a la de la carga primitiva (figura siguiente – esquema 4)



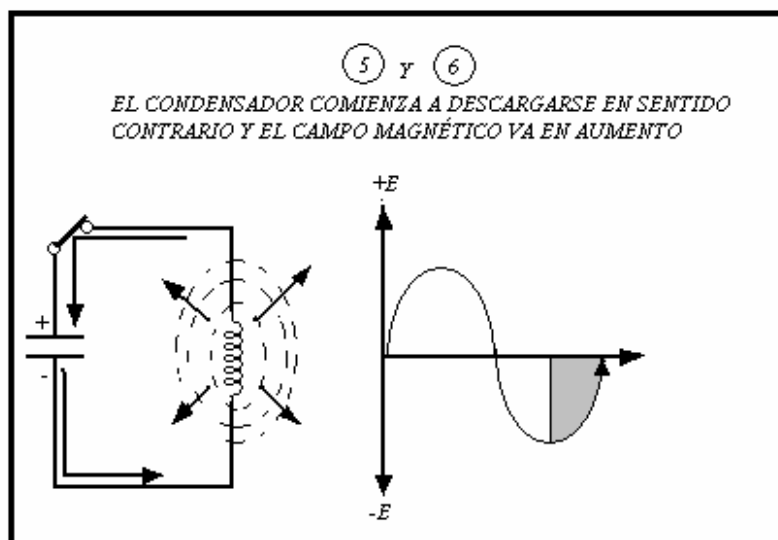
Cuando cesa la carga del condensador la bobina vuelve a cargar al condensador.

Ahora que todos los electrones se han acumulado en la placa inferior del condensador, su carga es precisamente contraria a como lo era primitivamente. Los electrones son atraídos ahora por la placa superior positiva a través de la bobina (figura siguiente – esquema 5). La anulación de este campo magnético obliga a otros electrones de la placa inferior a dirigirse hacia la placa superior. Cuando el campo magnético se ha anulado completamente (figura siguiente – esquema 6), todos los electrones vuelven a estar en la placa superior y la situación es exactamente la misma que cuando el condensador fue cargado por primera vez, el ciclo completo se repite por entero una y otra vez.

La energía eléctrica se almacena alternativamente en forma de carga del condensador y en forma de campo magnético alrededor de la bobina.

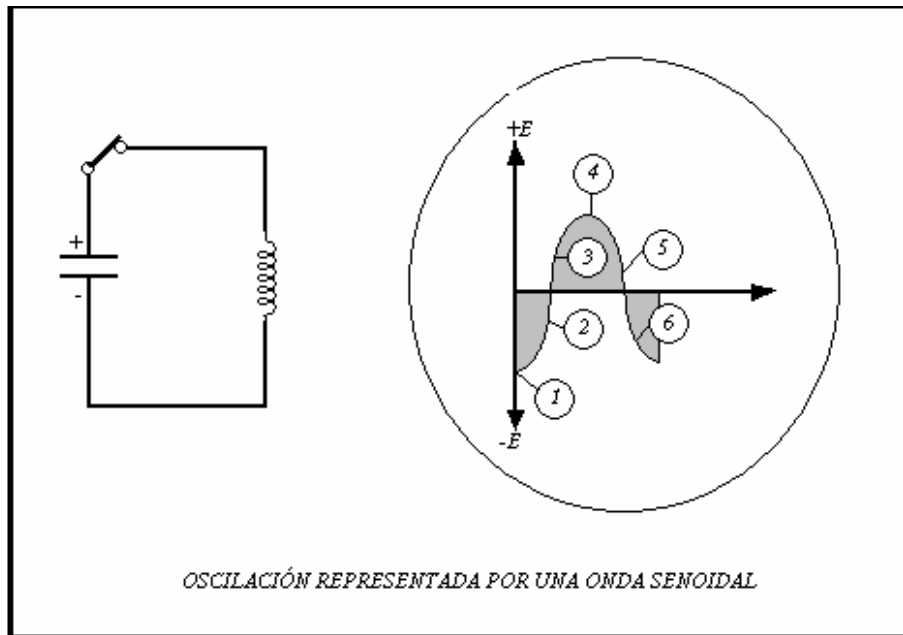
Esto es lo que significa oscilación electrónica.

El condensador vuelve a cargarse reproduciendo su estado original.



Si se conectara un osciloscopio en paralelo con la bobina y el condensador, las elevaciones y caídas de tensión aparecerían como senoidales de no existir resistencia en ninguna parte del circuito. Si el circuito no tuviera resistencia, las oscilaciones continuarían indefinidamente.

Sin embargo, la resistencia no puede eliminarse por completo de ningún circuito y cierta parte de la energía de oscilación es disipada por la resistencia en forma de calor. Debido a esta pérdida de energía eléctrica, la tensión va disminuyendo a cada oscilación, hasta que finalmente ésta desaparece.

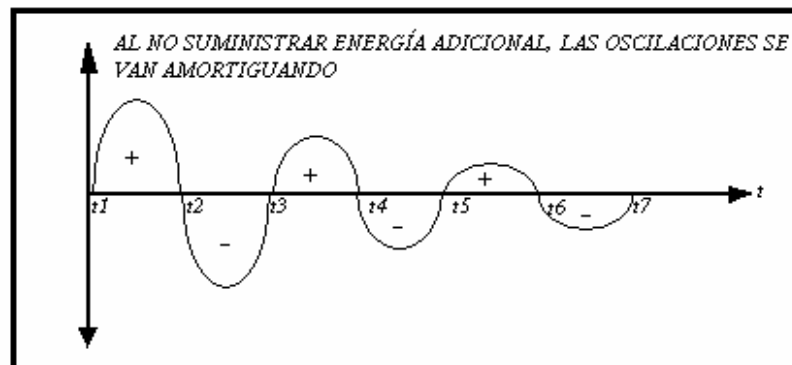


Para hacer que las oscilaciones continúen indefinidamente es necesario restituir suficiente energía al circuito L-C (llamado circuito tanque), para vencer las pérdidas debido a la resistencia. Además, esta energía eléctrica debe restituirse al circuito en el momento preciso, de manera que le de un empujón en el instante adecuado.

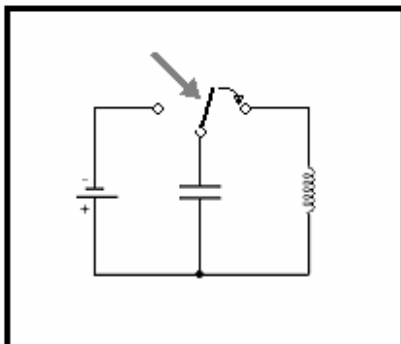
Este empujón electrónico corresponde al que se da un columpio en el extremo del arco recorrido.

Una manera de proporcionar este empujón eléctrico al circuito L-C es conectar una fuente de tensión a través del condensador, precisamente en el momento en que el condensador está llegando a su plena carga. De esta manera, puede hacerse que las oscilaciones continúen indefinidamente.

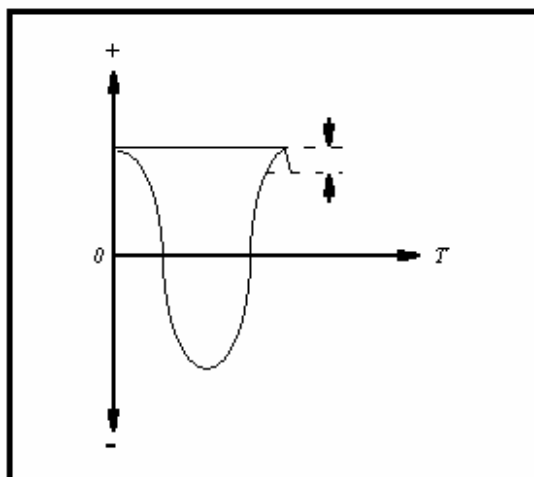
a) Tensión en el circuito L-C cuando no se suministra energía adicional después de la carga inicial.



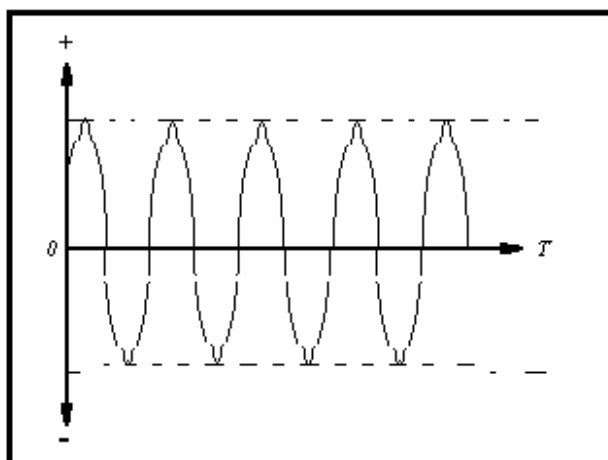
b) Método para vencer la pérdida de tensión.



c) Tensión adicional suministrada al circuito L-C



d) Onda senoidal con energía eléctrica adicional suministrada en los instantes precisos.



Observe que el impulso que recibe el circuito oscilador no es más que una pequeña fracción de tensión necesaria para vencer la caída de tensión provocada por la resistencia del circuito.

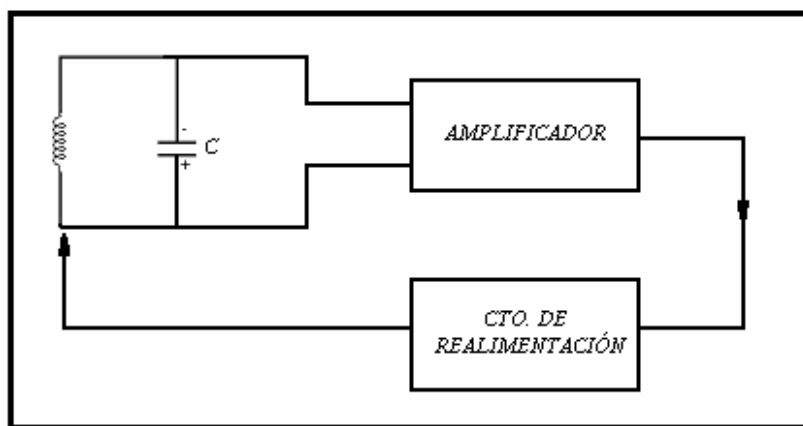
El circuito L-C puede generar una onda senoidal de tensión, aun cuando el impulso recibido no se parezca en nada a una onda senoidal y aun cuando el impulso tenga únicamente la duración equivalente a una parte muy pequeña del ciclo. El volante de un motor de explosión de un cilindro puede dar vuelta completa recibiendo solamente un breve empujón del pistón a cada revolución. Esta semejanza entre el trabajo del circuito L-C y el volante del motor monocilíndrico ha conducido a utilizar la frase **“Efecto de volante”** al describir las oscilaciones en un circuito L-C.

El método para suministrar la energía hace falta al circuito L-C descrito en la página anterior trabajaría muy bien si existiera algún dispositivo interruptor que pudiera trabajar a las frecuencias necesarias algunos osciladores tienen que trabajar a frecuencias muy altas y es evidente que ningún interruptor mecánico podría trabajar a tal velocidad.

La manera de proporcionar energía eléctrica en el instante adecuado es mediante el uso de un circuito de transistor.

Conectando el circuito L-C a la base de un transistor, la tensión oscilante puede amplificarse. Si una pequeña porción de esta tensión amplificada puede realimentarse en la fase adecuada, se restituirá bastante energía eléctrica para vencer las pérdidas debido a la resistencia eléctrica en el circuito L-C. El transistor usado en un circuito oscilador, no tiene nada que oscile, pues quien oscila en el circuito L-C y el transistor proporciona el impulso.

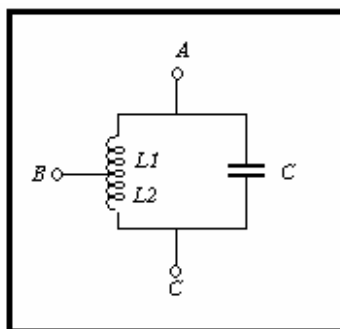
El transistor se usa para mantener las oscilaciones en el circuito L-C.



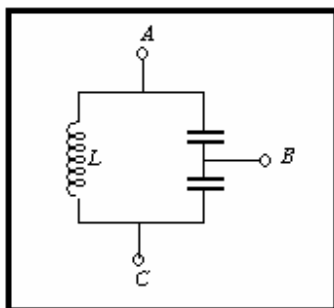
Los circuitos resonantes L-C se emplean frecuentemente en la red de realimentación de los osciladores para seleccionar la frecuencia de oscilación.

En general los osciladores L-C los encontramos constituidos por un amplificador y un circuito tanque L-C (L y C en paralelo), circuito este último que puede tener algunas variantes como la muestra la figura siguiente, variantes que determinan el nombre del oscilador.

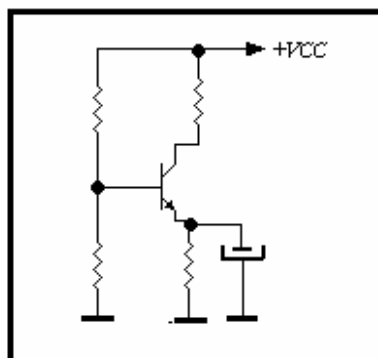
a) Circuito tanque característico de un oscilador HARTLEY.



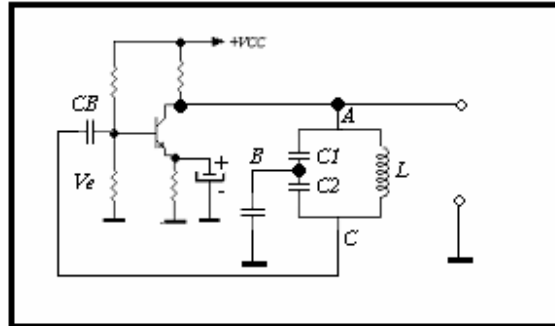
b) Circuito tanque característico de un oscilador COLPITTS.



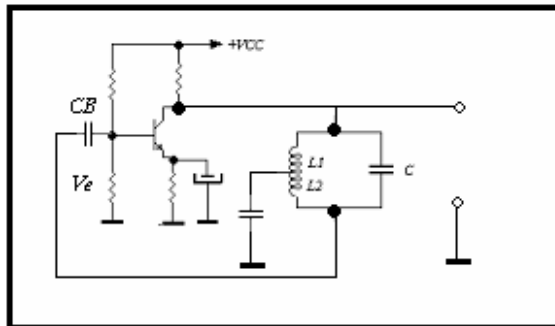
c) Amplificador en disposición de emisor común.



Si unimos el circuito tanque de la figura b anterior, con el amplificador de la figura c anterior, obtenemos el oscilador COLPITTS de la figura siguiente.



Al unir el amplificador de la figura c anterior, con el cto. Tanque de la figura a anterior, tenemos el oscilador HARTLEY de la figura siguiente.



Consideremos el oscilador HARTLEY de la figura anterior, en el que se conecta entre base y colector (puntos a y c) un circuito resonante paralelo. En la inductancia se práctica una toma de manera que la porción L1 forma parte de la carga de colector, mientras el resto (L2) se encuentra en el circuito de base (está introduciendo la señal de realimentación). Esto se consigue cortocircuitando a tierra el punto B con el condensador CA. El circuito tanque es llevado a base por el condensador CB que representa un cortocircuito a la señal de trabajo. Note que estos dos condensadores permiten que se conecte la malla de realimentación y circuito tanque sin afectar las polarizaciones.

La frecuencia de resonancia la determinará la inductancia serie de L1 y L2, por lo tanto.

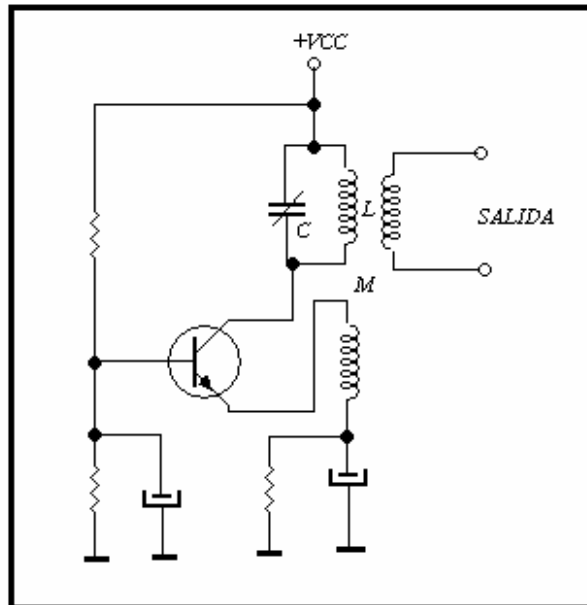
$$F_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L1 + L2)C}} = \text{Hz}$$

La realimentación es negativa, lo cual significa que la tensión de fase adicional de 180° del amplificador origina realimentación positiva, tal como se precisa, con lo cual la ganancia del amplificador será necesaria para mantener las oscilaciones.

El oscilador COLPITTS de la figura anterior a ésta, es análogo al HARTLEY, con la diferencia de que la razón de realimentación la determinan los valores relativos de C_1 y C_2 .

Otra manera de desarrollar la tensión de realimentación es introduciendo un arrollamiento secundario o arrollamiento excitador, acoplado a la inductancia.

Consideremos por ejemplo el oscilador con base a masa de la figura siguiente.



La inducción mutua M entre L y el devanado excitador induce una señal de realimentación de amplitud y fase apropiada para mantener las oscilaciones.

OSCILADOR HARTLEY

La estabilidad de frecuencia de los osciladores L-C esta determinada principalmente por el factor Q del circuito resonante. La curva de resonancia presenta un pico muy agudo y la variación con la frecuencia de rotación de fase es muy rápida cuando Q es muy grande y ambos factores contribuyen a la estabilidad de frecuencia del oscilador. En relación con esto, toda resistencia equivalente conectada en paralelo con el circuito resonante hace disminuir el Q eficaz. Por tanto, para mejorar la estabilidad de frecuencia deberá reducirse al mínimo el efecto de la carga sobre el circuito resonante.

La impedancia de salida del amplificador con base a masa es mayor que la correspondiente a las otras configuraciones. Por esto el oscilador con base a masa y la configuración resonante en el circuito de colector constituye la configuración más satisfactoria de oscilador transistorizado.

En muchas aplicaciones se precisa una estabilidad superior a la que puede obtenerse con circuitos resonantes L-C y para tal fin se emplean mucho los osciladores de cristal. Ciertos materiales cristalinos, particularmente el cuarzo, presentan propiedades piezoeléctricas, es decir, se deforman mecánicamente al someterlos a un campo eléctrico.

La pizeoelectricidad el cristal, la aplicación de una fuerza entre caras opuestas del cristal aparece una diferencia de potencial. A consecuencia de esta propiedad piezoeléctrica, una lámina delgada de cuarzo provista de electrodos metálicos. Vibra mecánicamente cuando conectan dichos electrodos a un generador de tensión alterna. Las vibraciones, a su vez, originan señales eléctricas que interactúan con el generador de tensión.

Las vibraciones y las señales eléctricas son máximas a la frecuencia propia de resonancia mecánica del cristal.

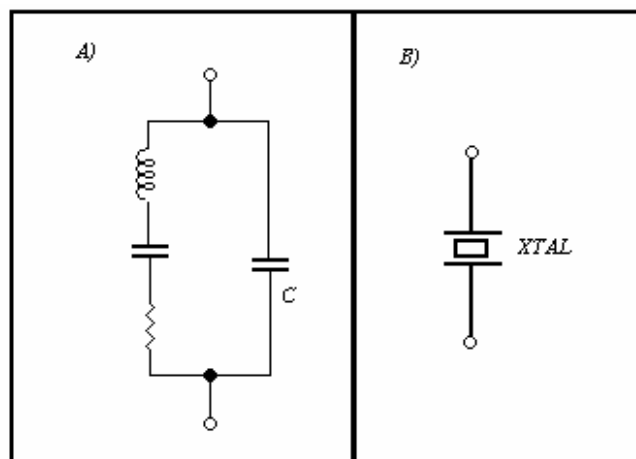
Las pérdidas internas en los cristales de cuarzo resultan ser muy pequeñas, por lo que podrán alcanzarse valores de Q hasta 100.00.

Además las constantes eléctricas son tales que se pueden tener frecuencias resonancias comprendidas entre 10 KHz y varias decenas de MHz según sea el tamaño y forma del cristal.

Las propiedades piezoeléctricas del cuarzo dan lugar a potenciales en los electrodos que se corresponden con las vibraciones mecánicas.

Esto sugiere que las características eléctricas pueden representarse por un circuito equivalente. El circuito adecuado resulta ser una combinación serie de resistencias, autoinducción y capacidad. A esto, debe añadirse a la capacidad eléctrica del condensador plano, constituido por los electrodos y que tiene por dieléctrico el cristal. Por lo tanto, el circuito equivalente completo de un cristal de cuarzo será la combinación serie / paralelo indicada en la siguiente a. En este circuito equivalente L , C y R están relacionadas con las propiedades del cristal de cuarzo y C , es la capacidad electroestática de los electrodos.

Son valores apropiados para un cristal de 90 KHz, $L = 137$ Hy, $C = 0,0235$ pF, $R = 15.000$ ohm y $C = 3,5$ pF. El símbolo convencional para representar un cristal es un condensador plano con el cristal entre las placas .



a) Circuito equivalente a un cristal de cuarzo

b) Símbolo convencional para esquemas de circuito.

El circuito equivalente serie / paralelo de un cristal de cuarzo, pone de manifiesto la existencia de una frecuencia de resonancia serie (impedancia nula) y de una frecuencia paralelo (impedancia infinita). La pulsación para la resonancia serie:

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{CL}}$$

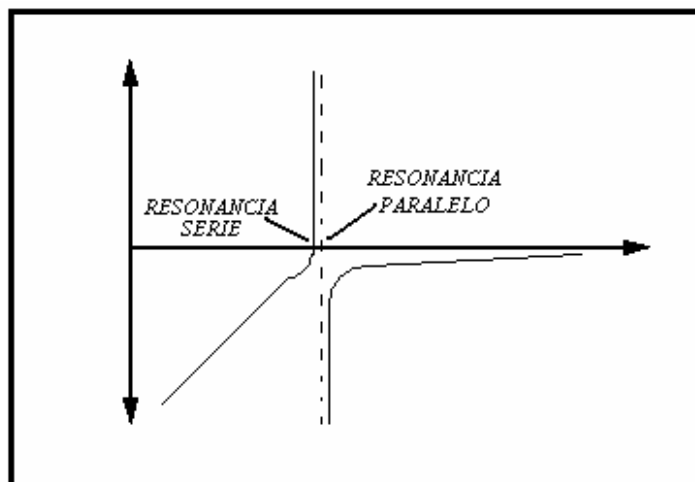
La resonancia paralelo se presenta cuando la reactancia de C' se hace igual a la reactancia resultante de la combinación de L y C .

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L(1/C + 1/C')}}}$$

En consecuencia, la frecuencia de resonancia será siempre mayor que la de resonancia serie si bien, como $C' > C$, las dos frecuencias serán muy próximas, la reactancia será capacitiva, tanto por debajo como por encima de las frecuencias de resonancia (figura siguiente).

Con el gran Q del resonador de cuarzo son posibles circuitos de oscilador extraordinariamente estables, habiéndose diseñado una gran variedad de ellos. Puede utilizarse tanto la resonancia serie como la paralelo, si bien es más corriente la resonancia paralelo.

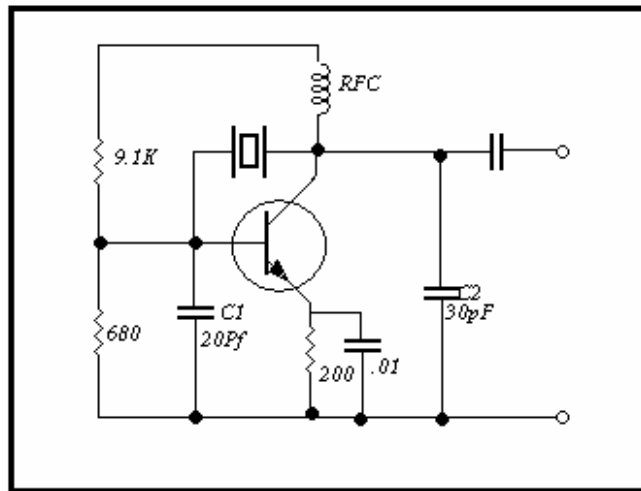
Consideremos por ejemplo, el oscilador PIERCE (se muestra en la figura siguiente a esta), en el que se conecta el cristal entre base y colector. Este circuito es igual al oscilador COLPITTS, en el que se ha sustituido el circuito resonante por el cristal. La razón de realimentación está determinada por los valores relativos de C_1 y C_2 . la inductancia RFC (de la expresión inglesa Radio-Frequency-Choke) instalada en el terminal de colector constituye una manera útil de aplicar el potencial de colector sin cortocircuitar éste a masa para la frecuencia de la señal.



Puede sustituirse por una resistencia de 10000 ohms perjudicando un poco el funcionamiento del circuito. También puede emplearse una combinación L-C resonante paralelo, con lo que es de esperar una cierta mejora en el funcionamiento. En este último caso el circuito resonante no es más que una impedancia de carga conveniente en el circuito de colector y no determina la frecuencia de oscilación.

El cuarzo se emplea casi universalmente en los osciladores de cristal por ser duro, razonablemente tenaz y tener un coeficiente de dilatación térmica pequeño. La orientación adecuada de las caras respecto a la estructura cristalina hace que la frecuencia de resonancia sea independiente de la temperatura entre amplios límites.

A consecuencia de ello puede lograrse estabilidades de frecuencia del orden de 100 partes por millar. Puede conseguirse aún mayor precisión colocando el cristal en un horno de temperatura regulada y practicando el vacío en el interior del receptáculo del cristal a fin de reducir las fuerzas amortiguadoras que ejerce el aire sobre el cristal. También se acostumbra a estabilizar la temperatura del resto del circuito y emplear para el oscilador una fuente de alimentación regulada. Para aislar el oscilador de las variaciones de carga se emplean etapas amplificadoras. Estos osciladores de cristal de diseño tan preciso proporcionan un patrón de una extraordinaria precisión.



OSCILADORES R – C

Un circuito oscilador sencillo por rotación de fase o por desfase R – C es un oscilador de un circuito no resonante con realimentación.

La onda sinusoidal también puede ser obtenida usando una red R-C en lugar de una red L-C. La red R-C determina la frecuencia de oscilación y provee alimentación regenerativa (en fase) entre entrada y salida.

Como en el circuito a emisor común la señal base / colector está desfasada 180°, un desfase adicional de 180° es necesario para que la señal que retorna de la salida a la entrada se encuentre en fase.

Esto puede ser efectuado por una red R-C consistente en tres secciones cada una de las cuales constituye con un desfase de 60° a la frecuencia de oscilación.

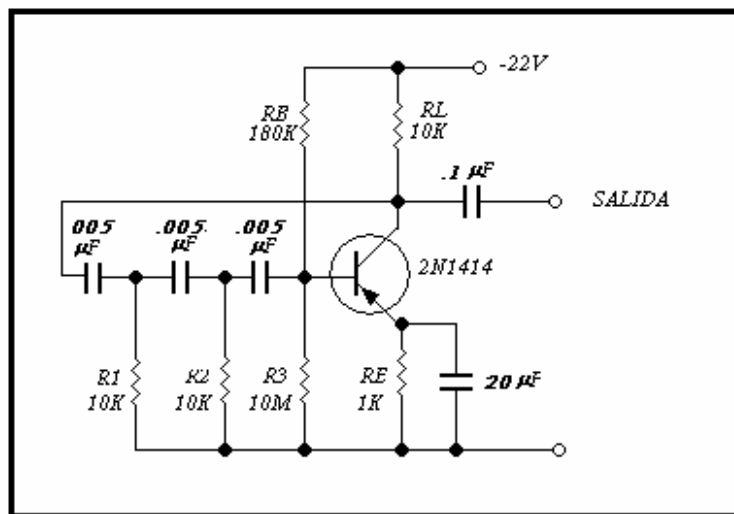
Un condensador solo con $R = 0$ proporcionaría desfase de 90° , pero como no puede haber $R = 0$, pues la señal se iría a masa, se eligen las tres secciones de modo que cada una proporcione un desfase de 60° aproximadamente.

En la figura siguiente, las tres resistencias R_b , R_f y R_1 proporcionan polarización y estabilización adecuada para el funcionamiento del oscilador. El condensador C_E en paralelo con la resistencia de emisor proporciona un cambio de más baja impedancia para la corriente alterna sin alterar la polarización.

El comienzo de las oscilaciones es provocado por cualquier ruido aleatorio (azar) cuando la tensión de polarización es aplicada.

Un cambio en el flujo de la corriente de base resulta en un cambio amplificado en la corriente de colector, desfasado en 180° . La señal que vuelve a la base es invertida en 180° por la acción del circuito desfasador, haciendo el circuito regenerativo.

Un transistor de alta ganancia debe ser usado con las tres secciones desfasadoras, porque las pérdidas que ocurren en la red son altas, y la ganancia del transistor debe compensar las pérdidas y además entregar potencia en fase a la entrada.



Para este circuito la frecuencia de oscilación viene dada por la siguiente fórmula:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{6 + 4(R_L/R)}} \quad \text{-----}$$

$$\text{Con } R = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

OSCILADORES DE RELAJACIÓN

Son así llamados los que producen en su salida ondas no sinusoidales.

Estos osciladores usan circuito regenerativo en correspondencia con componente RC (resistencia – capacidad) o RL (resistencia – inductancia) a fin de proporcionar la acción de disparo.

Los tiempos de carga y descarga son usados para producir ondas dientes de sierra, cuadradas, triangulares o pulsos. Los multivibradores y osciladores de bloqueo generalmente usan una constante de tiempo RC para la determinación de la forma de onda de su salida y su frecuencia.

Los multivibradores y osciladores de bloqueo son además clasificados como “autoexcitados” o controlados externamente (disparados).

Los autoexcitados son aquellos en que las oscilaciones empiezan apenas se ha aplicado tensión al circuito, y estas continúan mientras la tensión se mantenga aplicada.

Los osciladores controlados externamente son sincronizados y disparados por pulsos o señales adecuadas para ponerlos en fase.

Las propiedades principales a tener en cuenta en el análisis de los osciladores de relajación son:

- a) Un incremento de la corriente de base causa un incremento de la corriente de emisor, y un decrecimiento de dicha corriente hace que la corriente de colector disminuya.
- b) Un incremento en la corriente de colector hace que la tensión de colector disminuya. Un decrecimiento en la corriente de colector hace que se origine un incremento en la tensión de colector hacia el valor de la fuente Vcc.
- c) Para el funcionamiento normal del transistor, el diodo base / emisor se polariza directamente, y el diodo colector/base se polariza inversamente, estando la polaridad determinada por el tipo de transistor, NPN o PNP.
- d) Un transistor está saturado cuando a un aumento de la corriente de base, no se produce aumento alguno en la corriente de colector.
- e) Un transistor está en estado de corte cuando la polaridad del voltaje de base causa polarización inversa, o la tensión de colector esta colocada en la polarización directa.
- f) Los capacitores e inductores requieren una definida cantidad de tiempo para carga o descarga a través de un resistor. La medición de este tiempo, llamado constante de tiempo, se determina multiplicando la resistencia por la cantidad o dividiendo la inductancia por la resistencia.

OSCILADOR DE NÚCLEO SATURABLE

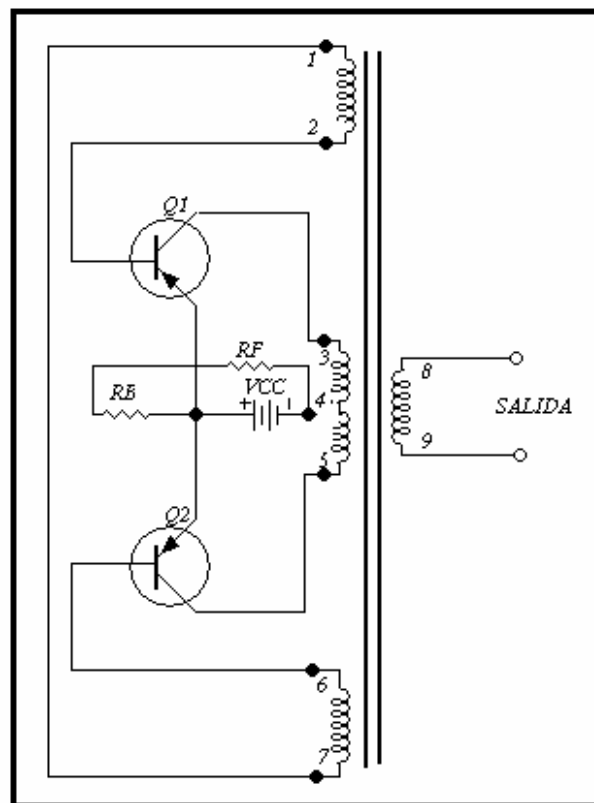
Este oscilador (figura siguiente a), de gran uso en electrónica industrial, consta de un transformador de tres enrollados en el lado primario y un enrollado en el lado secundario. Se conoce también como inversor, puesto que transforma la potencia de CC a potencia de CA. La operación depende de la acción de conmutación de los

transistores. Esto es, cuando Q1 conduce al máximo, se puede comparar al interruptor cerrado S1 de la figura siguiente b. Simultáneamente Q2 está cortado, siendo su acción comparable al interruptor S2. la transición de corte a saturación es extremadamente rápida, igual ala transición de saturación a corte, obteniéndose así una onda cuadrada bien definida y protegiendo el transistor de sobrecarga en el tiempo de transición.

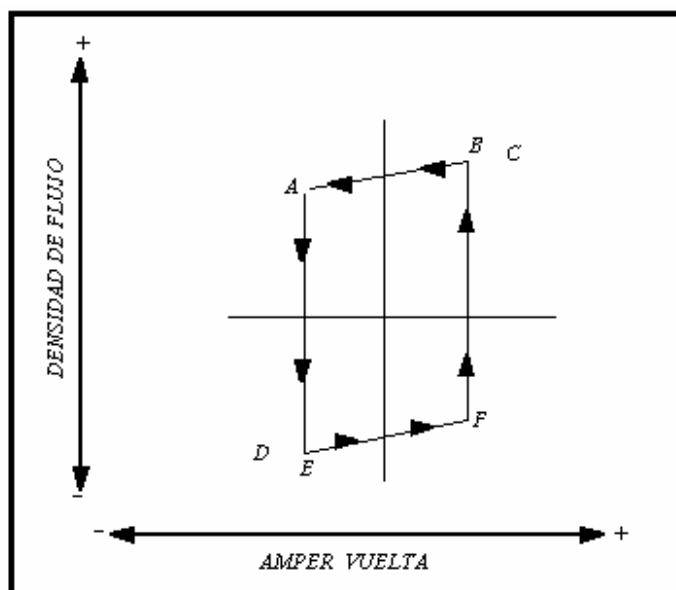
Presumiendo que fluye más corriente por el devanado primario 3 – 4 de la figura siguiente y que el ciclo de histéresis está en el punto F (región de saturación negativa del flujo en el núcleo del transformador).

El transistor Q1 conduce y el flujo en el núcleo se mueve del punto F hacia el punto B (región de saturación positiva), induciendo un voltaje positivo de los devanados 1 y 2, 4 y 5, 6 y 7 del transformador. Puesto que la corriente fluye en el circuito del colector, induce una tensión que será positiva en la parte superior de los devanados del transformador T1, como esta indicado por las marcas de polaridad de dicho transformador.

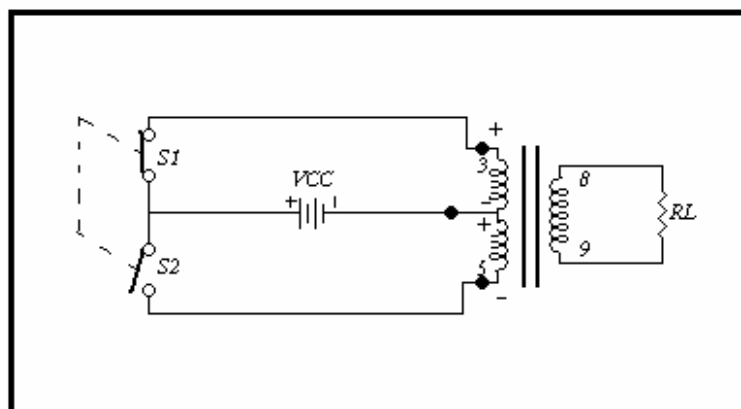
a)Circuito oscilador de onda cuadrada por núcleo saturable.-



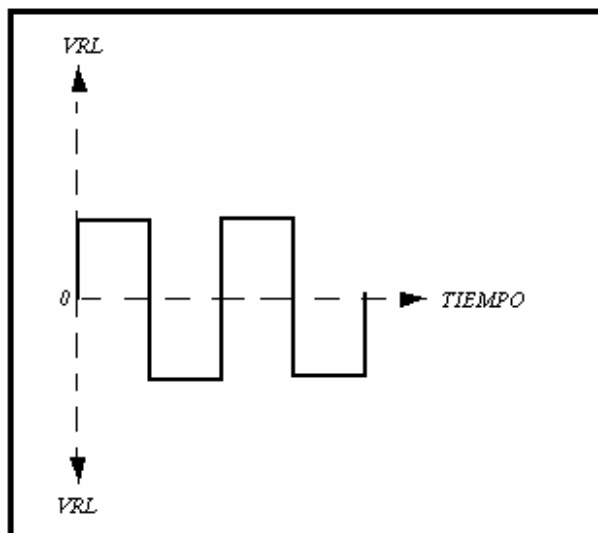
b) Curva de histeresis del núcleo.-



c) Circuito de conmutación mecánico equivalente del oscilador por núcleo saturable.



d) Características



Así el voltaje de base del transistor Q1 es hecho más negativo, llevándolo a la conducción completa, mientras que el voltaje de base del transistor Q2 es hecho más positivo, llevándolo al corte.

El flujo en el núcleo cambia a una relación relativamente constante, hasta que se alcanza el punto de saturación positiva en el punto B. En el punto de saturación, un mayor incremento de corriente no produce aumento de flujo en el núcleo. Puesto que el flujo permanece relativamente constante, no hay tensión inducida en los devanados 1 y 2, 4 y 5, 6 y 7.

Esta condición corresponde al punto C de la curva de histerisis. El voltaje inducido cae rápidamente a cero, eliminando la corriente de base del transistor Q1, lo cual hace que este no conduzca. La corriente que fluye por el colector y a través del devanado 3 y 4 cesa.

Con la remoción del flujo de corriente en los devanados 3 y 4, el flujo en el núcleo cae desde el valor en el punto C hacia el valor en el punto A.

A causa del pequeño decrecimiento en el flujo, se induce voltaje de polaridad opuesta (con respecto al que existía previamente) en todos los devanados del transformador. El transistor Q1 es llevado completamente a la región de corte por el potencial positivo en la base desde el enrollado de realimentación 1 y 2, y el transistor Q2 es llevado a conducción por el potencial negativo en su base desde el enrollado de realimentación 6 y 7. El flujo en el núcleo, por lo tanto, es llevado desde el punto A hasta el punto de saturación en la región negativa en E. Durante este período el transistor Q2 conduce totalmente. Una vez que alcanza el núcleo el punto de saturación negativo, se conmuta el transistor Q1 del corte a la saturación y el transistor Q2 de saturación a corte. Este ciclo es repetitivo.

El voltaje de salida se desarrolla a través del devanado 8 y 9 y es esencialmente una onda cuadrada, porque el flujo en el núcleo cambia a una razón relativamente constante desde el punto F al punto B y desde el punto A al punto E.

La tensión y frecuencia de salida están determinados por la relación de vueltas entre los devanados primarios y secundarios del transformador T1 y por el flujo de saturación del núcleo.

OSCILADOR DE BLOQUEO

Un oscilador de bloqueo conduce durante un corto período de tiempo y está cortado (bloqueado) durante un período mucho más largo. Puede ser del tipo marcha libre o controlado. En la figura siguiente se describe el tipo de marcha libre.

Cuando se energiza el circuito, la corriente por la base aumenta rápidamente a causa de la polarización directa entre base y emisor por la fuente V_{cc} .

La corriente que fluye en el circuito de colector aumenta de acuerdo con su corriente de base. Como resultado de este incremento de corriente, una tensión que se vuelve cada vez más negativa es inducida en los devanados 1 y 2 del transformador. Esta tensión carga al condensador CF a través de la pequeña resistencia interna del diodo base / emisor y aparece a través de esta resistencia directa. La regeneración continua rápidamente hasta que el transistor está saturado.

En la región de saturación, la corriente de colector llega a ser constante, por lo tanto no habrá más inducción en los devanados 1 y 2 del transformador (recordar que para que exista inducción la corriente debe ser variable respecto al tiempo), por lo tanto, no habrá más carga en el condensador CF, el cual se comienza entonces a descargar a través de RF (no puede a través del diodo base / emisor por tener ahora una polarización inversa).

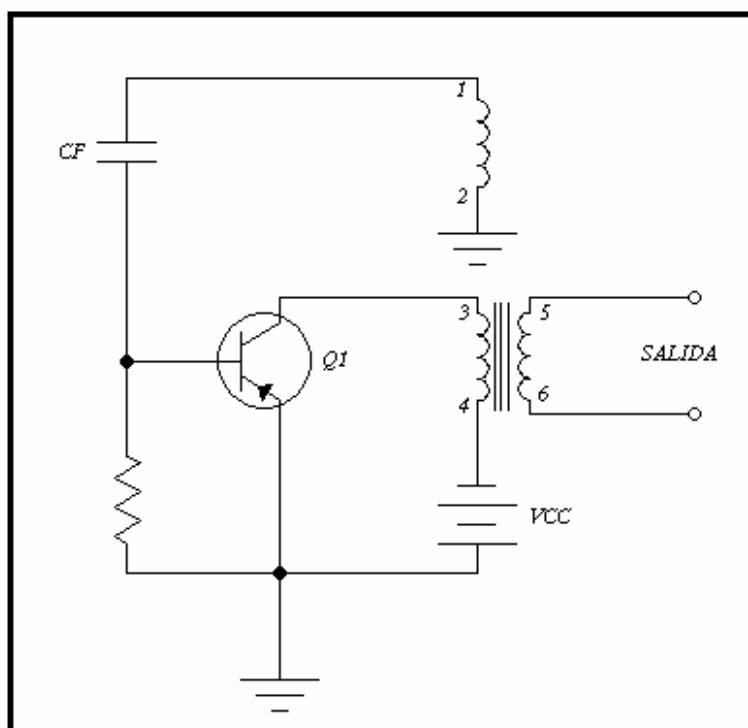
El campo magnético a través del devanado 1 y 2 se contrae e induce un voltaje en el devanado en la dirección inversa, haciendo a la base positiva (polarización inversa).

De este modo, la corriente de colector llega rápidamente a cero. El transistor se mantiene descargado a través de RF y llega a un punto en el cual el transistor es polarizado directamente y la conducción empieza de nuevo.

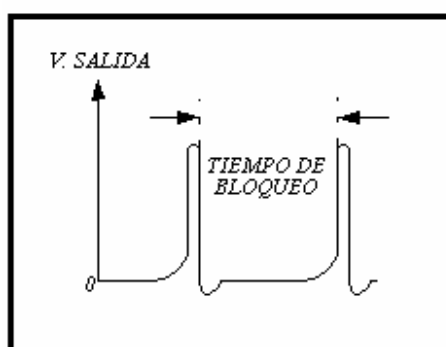
El ciclo entonces vuelve a repetirse. La forma de onda de salida es un pulso, el ancho del cual está determinado por las características del devanado 1 y 2.

El tiempo entre pulso (o tiempo de bloqueo) está determinado por la constante de tiempo de CF y el resistor RF. La salida se toma a través de un reactor devanado, 5 y 6 hacia el circuito de carga.

Diagrama esquemático del oscilador de bloqueo:

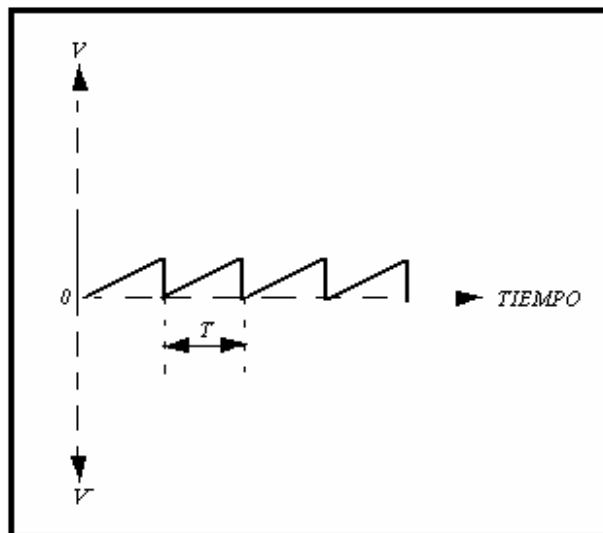


Onda de salida:



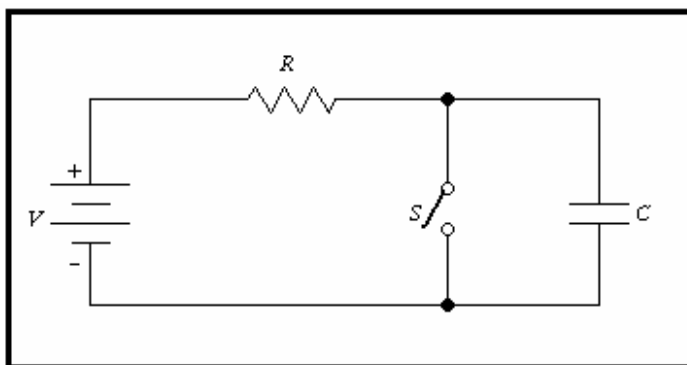
EL GENERADOR DIENTE DE SIERRA

La onda diente de sierra consiste en una onda de tensión o corriente que aumenta linealmente hasta alcanzar un valor máximo. Una vez alcanzado este valor máximo, cae bruscamente hasta su valor inicial en el menor tiempo posible, tal como se muestra en la figura siguiente.



Onda tipo diente de sierra

El elemento principal que determina la forma de la onda, es un circuito RC en serie, que es alimentado por una fuente de tensión, tal como se muestra en la figura siguiente.



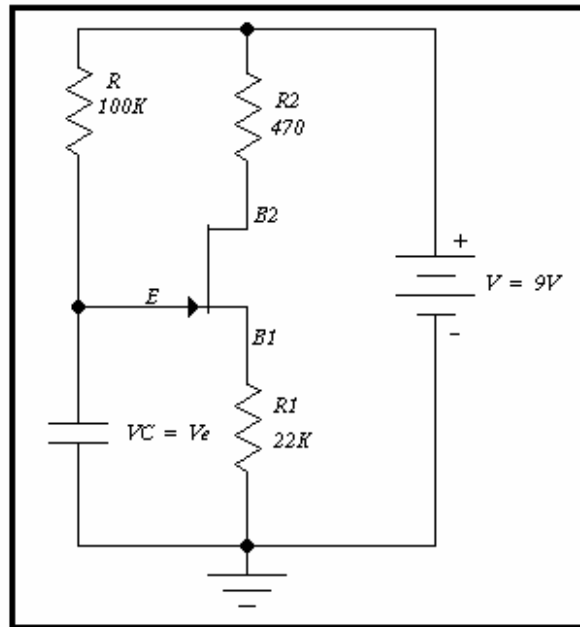
Esquema explicativo del funcionamiento del generador diente de sierra.

El interruptor S es el encargado de producir el corte abrupto de la onda mediante la descarga del condensador, que suele ser de gran capacidad, para aprovechar en mejor forma la linealidad de la curva de éste.

Como elemento interruptor S se puede utilizar diversos dispositivos, tales como lámpara neón, válvulas gaseosas, transistores, etc.

En la figura siguiente se muestra un circuito generador diente de sierra, en donde se utiliza como interruptor un transistor de unijuntura (TUN).

Generador diente de sierra que emplea un transistor de uní juntura



El funcionamiento del oscilador de relajación de la figura anterior, del cual se obtiene una onda diente de sierra, se puede explicar de la siguiente forma:

En el instante inicial el condensador C se encuentra descargado. No obstante el condensador se empieza a cargar a través de R, elevando el potencial de emisor. Al principio del ciclo de funcionamiento, la tensión de carga del condensador C es baja y el emisor polarizado en sentido inverso no conduce. Pero la tensión de emisor V_e aumenta con el tiempo, a medida que C se va cargando a través de R.

Cuando el potencial de emisor alcanza el valor de punto de cresta (V_p del TUN), el emisor de este se polariza en sentido directo y la resistencia de emisor a base (R_{B1}), comienza a decrecer. Es decir, cuando C se carga a la tensión V_p , el elemento TUN pasa a conducir. El condensador C se descarga entonces a través del emisor, la resistencia R_{B1} continua decreciendo y la tensión de emisor disminuye rápidamente hasta la tensión de valle (V_v). Al finalizar la carga de C, R_{B1} recupera su valor original y el emisor deja de conducir, repitiéndose a continuación el ciclo.

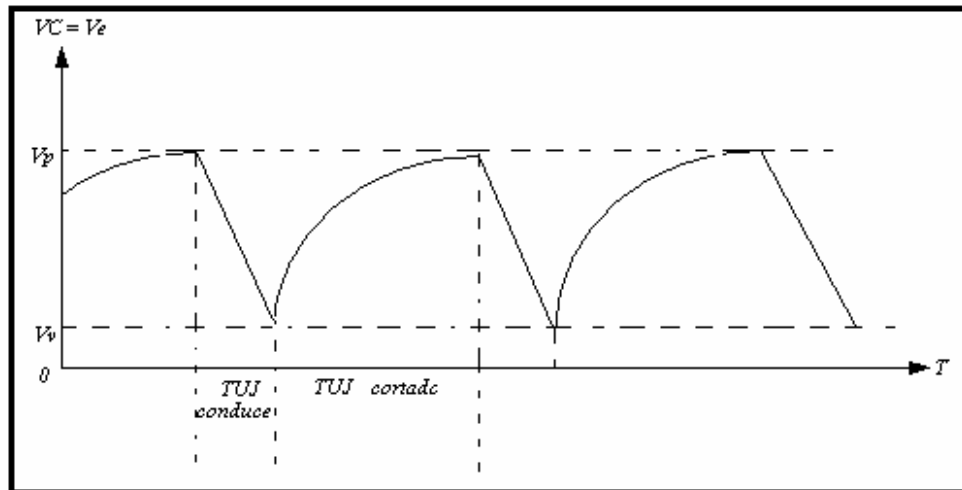
Para valores pequeños de R_1 y R_2 , la frecuencia de oscilación queda determinada principalmente por la constante de tiempo RC y N, y viene dada aproximadamente por la expresión:

$$f_o = \frac{1}{RC \ln(1 - n)}$$

La forma de onda de la tensión de emisor en el oscilador de relajación de la figura anterior, se muestra en la figura siguiente.

Para mejorar la linealidad obtenida, esta señal puede ser transferida a una carga por medio de un circuito seguidor emisorio directamente acoplado.

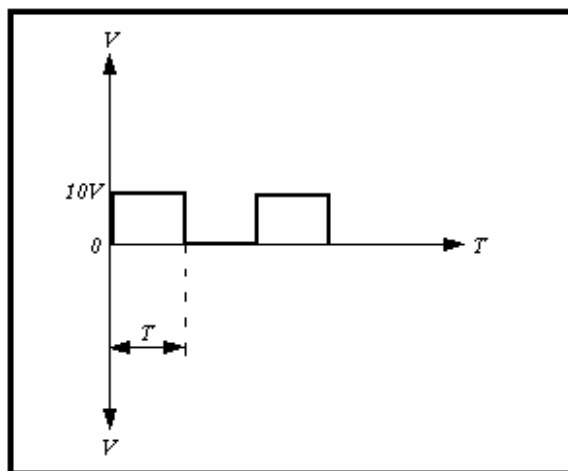
La onda diente de sierra sirve especialmente para el barrio horizontal del osciloscopio, pantallas de TV y otros dispositivos similares.



MULTIVIBRADORES

Un circuito multivibrador es un oscilador no senoidal que utiliza dos etapas activas con realimentación positiva, aplicadas de tal forma que los dos dispositivos tienden a funcionar en forma opuesta, o sea, mientras uno conduce el otro se va al corte.

En los circuitos multivibradores ocurre un cambio discreto de estado (de un valor determinado de tensión en un tiempo que cambia sucesivamente a otro valor de tensión).



Estado de conducción de un transistor.

I_c = Valor alto

V_{CE} = Valor bajo (casi cero)

Estado de conducción de un transistor.

I_c = Valor bajo ($I_c = 0$)

V_{CE} = Valor alto ($V_{CE} = V_{CC}$).

Cuando en los circuitos osciladores la polaridad es tal que los transistores trabajan en conmutación, se denominan osciladores de relajación o multivibradores.

CLASIFICACIÓN DE LOS MULTIVIBRADORES:

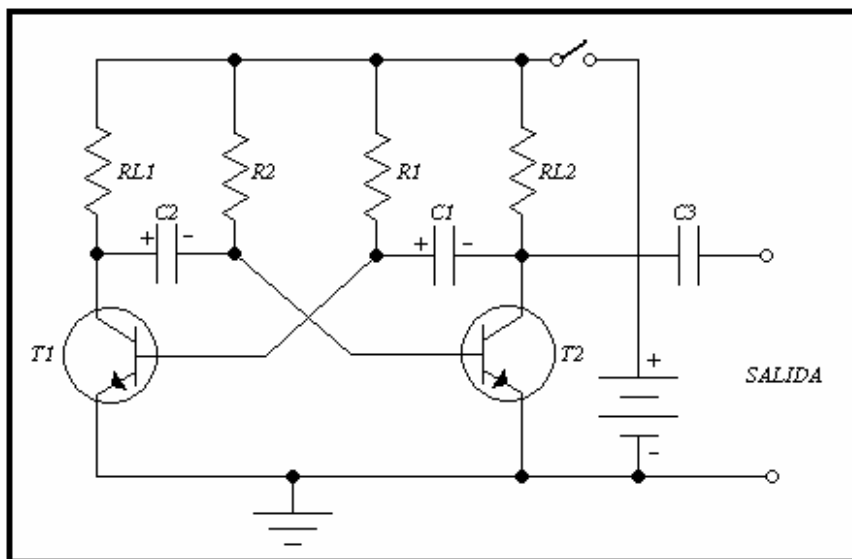
- a) Multivibrador astable (ningún estado estable)
- b) Multivibrador monoestable (un estado estable)
- c) Multivibrador biestable (existen dos estados estables)
- d) Circuito de disparo Schmitt (trigger).

1. – **Multivibrador astable :** Conocido también como no astable o de marcha libre. No tiene ningún estado estable. Se suelen emplear como generadores de onda cuadrada.

Este multivibrador astable es un oscilador no senoidal de dos etapas, de las cuales una conduce mientras la otra está cortada, hasta un punto en donde esta etapa invierte sus condiciones. Esto es, la etapa que ha estado conduciendo se corta, y la etapa que ha estado bloqueada conduce. Este proceso de oscilación es normalmente usado para producir una onda cuadrada de salida.

El multivibrador acoplado por colector (figura siguiente) es un amplificador de dos etapas, acopladas por capacidad, del tipo emisor común, con la salida de la primera etapa acoplada a la entrada de la primera etapa.

Puesto que la señal de salida de un circuito emisor común esta opuesta en fase con respecto a su entrada, una parte de la señal de salida de cada etapa es alimentada a la otra etapa en fase con la señal de entrada por base.

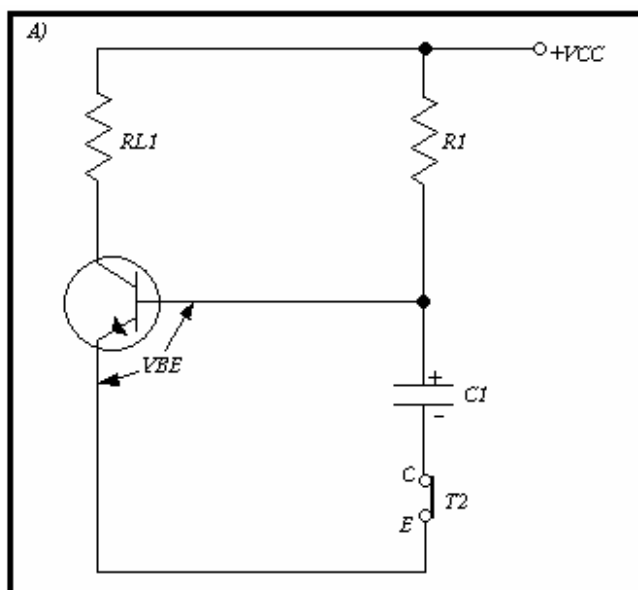


Precisamente la realimentación regenerativa con amplificación es necesaria para la oscilación. La polarización y estabilización se establece en forma idéntica por ambos transistores.

En el momento de conectar el interruptor S y aplicar la tensión de alimentación V_{cc} , por el hecho de no existir dos elementos exactamente iguales en la naturaleza (en realidad siempre existirá pequeña diferencia entre R_1 y R_2 y entre T_1 y T_2), esto hará que una de las corrientes de base crezca en proporción mayor que la otra. Supongamos que la variación I_{B2} sea mayor que la variación I_{B1} , esto implicará que la corriente de colector se incrementará más rápidamente que I_{C1} . El aumento de I_{C2} provoca a disminución del voltaje colector emisor V_{ce2} , es decir, el potencial del colector del transistor T_2 se hace más negativo, pues se hará al potencial de masa.

Esta variación de tensión decreciente es transmitida como un pulso negativo a través del condensador C_1 a la base T_1 .

El efecto de este pulso negativo es disminuir la corriente de base I_{B1} (tiende a polarizar en forma inversa al diodo base emisor de T_1), lo que hará disminuir la corriente de colector I_{C1} ; la disminución de I_{C1} provoca el aumento del voltaje colector emisor T_1 (V_{CE1}), es decir, el potencial del colector de T_1 aumentará. Este aumento del potencial del colector de T_1 se traduce en un pulso positivo que es aplicado a la base de T_2 a través del condensador C_2 . Este pulso positivo aumentará la corriente de base de T_2 (I_{B2}), lo que hará crecer I_{C2} , haciendo disminuir V_{CE2} , lo que se traducirá en un pulso negativo en la base del T_1 , haciendo disminuir I_B , disminución que hará decrecer I_C , y aumentar V_{CE1} , lo que se traduce en un pulso positivo en la base de T_2 que hará incrementar I_{B2} ; y este proceso se desarrollará hasta que el transistor T_2 ha llegado al estado de saturación y el transistor T_1 al estado de corte.



Naturalmente, es estado de transición o período de transición de los transistores para pasar de un estado a otro es muy corto a causa de las fuertes señales de realimentación.

Para determinar el período de tiempo en que los transistores permanecen en los estados anteriores determinados, veamos como se comporta el circuito de la figura anterior, considerando que el transistor T_2 está saturado y por lo tanto su colector llevado al nivel de tierra o masa, lo que nos permite ver este circuito según se muestra en la figura siguiente y que el T_1 por estar al corte es un interruptor abierto.

- a) Circuito equivalente al de la figura anterior, considerando que el T2 por estar saturado es un interruptor cerrado.
- b) Circuito equivalente al de la figura anterior, considerando que el transistor T1 por estar al corte es un interruptor abierto y que el diodo base emisor de T2 es un cortocircuito por estar polarizado directamente. Aquí se muestra el circuito para ver el efecto sobre el condensador C2.

El hecho que T1 este al corte, es decir, se comporte como un interruptor abierto, determina que el condensador C2 se cargue al potencial de Vcc con la polaridad indicada en la figura b, en la que es de hacer notar que el potencial negativo del condensador queda aplicado al terminal de base del transistor T2.

El condensador C1 es conectado a masa por el terminal que esta al emisor, lo que significa que la diferencia de potencial que tenía el condensador es aplicada al diodo base emisor de T1 polarizado inversamente, ya que el potencial negativo queda aplicado a la base según explicamos anteriormente y tal como se ve en la figura siguiente, que muestra las formas de onda de tensión de las bases y colectores de los transistores sincronizados en el tiempo.

Según se observa en la figura anterior a, el condensador C1 queda conectado a través de la resistencia R1 a + Vcc, por lo que el condensador tenderá a cargarse al potencial +Vcc desde el nivel -Vcc que tenía.

En el momento en que la base se hace positiva, Ib aumenta y se desarrolla el ciclo anteriormente descrito que lleva el transistor T1 a la saturación y T2 al corte.

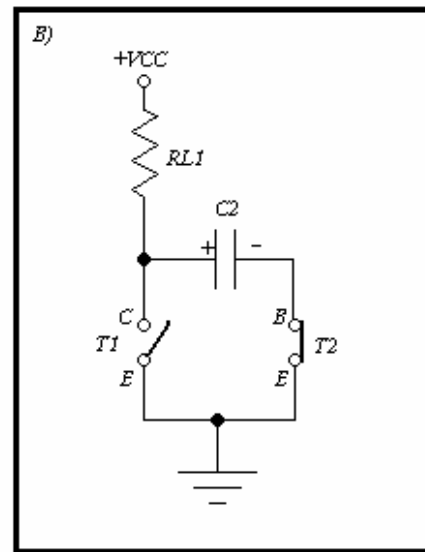
Hacemos resaltar que la tensión colector emisor del estado de corte de T1 es +Vcc y naturalmente cuando pasa a saturación tendrá un valor muy cercano a cero en forma ideal puede ser considerado así.

Naturalmente este ciclo continuará en forma interrumpida, ya que el transistor no puede permanecer en ningún estado en forma permanente, de ahí su nombre multivibrador astable, cuya frecuencia está determinada por:

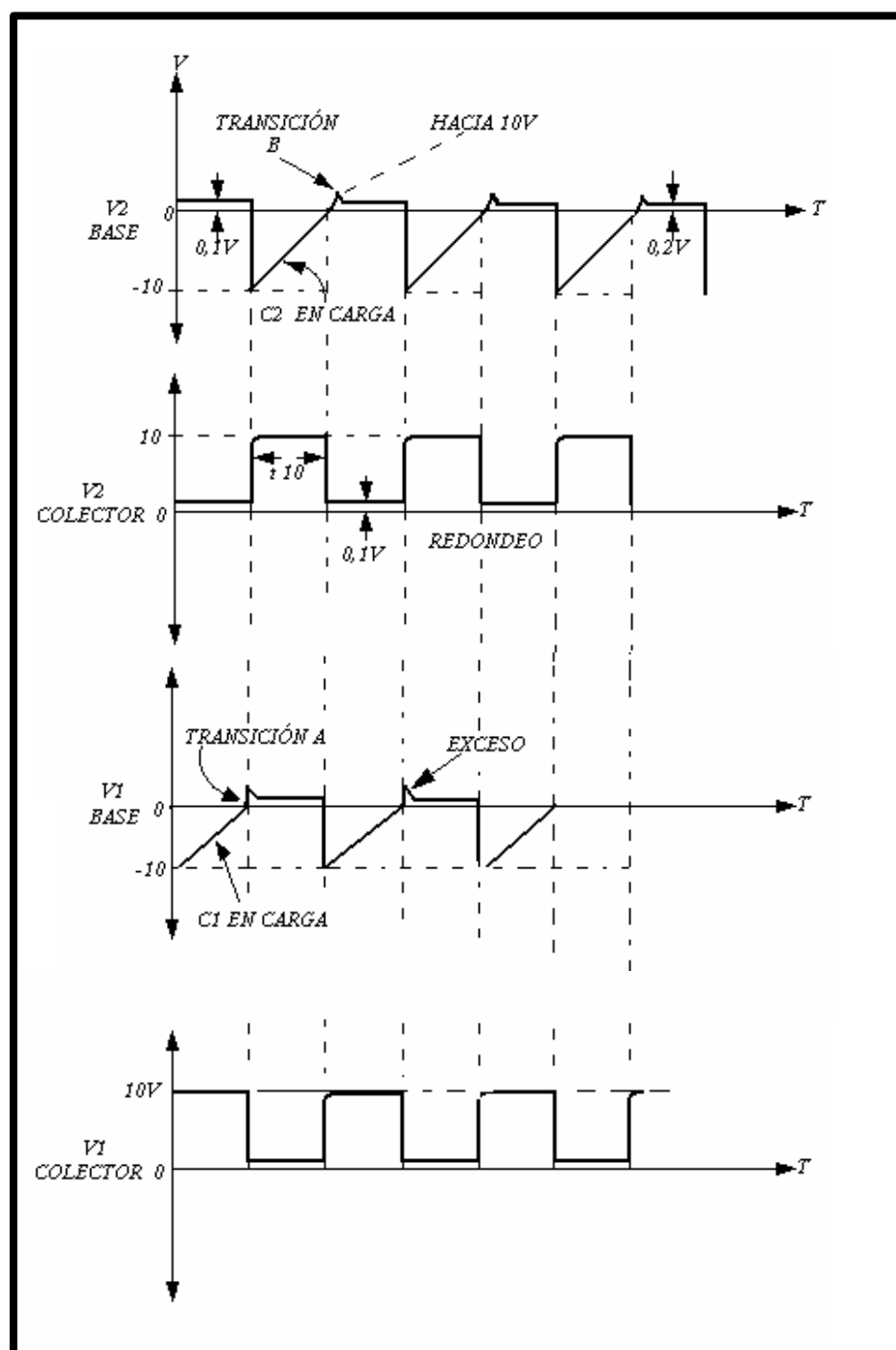
$$F = \frac{1}{T} \text{ Hz} \quad T = R * C \text{ (seg.)}$$

La señal de salida es tomada a través del condensador C3 a la carga.

Esta onda de salida, que es esencialmente cuadrada puede ser obtenida de cualquiera de los colectores. Para obtener una onda diente de sierra de salida, generalmente se conecta un condensador entre colector y masa, a fin de desarrollar el voltaje de salida. El multivibrador puede ser modificado para producir una onda senoidal de salida; esto puede obtenerse a través de la conexión de un circuito sintonizado paralelo entre los electrodos de base de cada transistor.



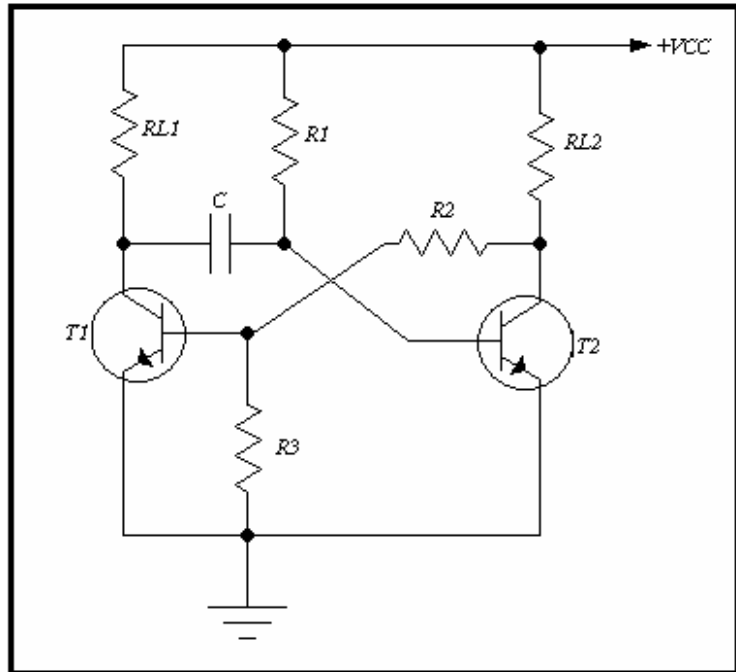
Ondas de tensión de colector y de base en el multivibrador astable.



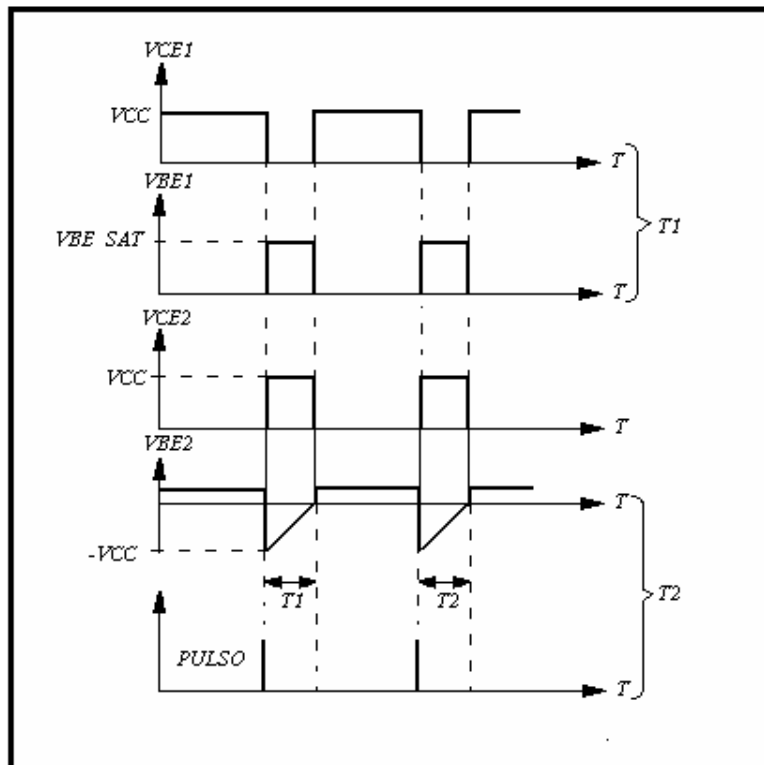
2. **Multivibrador monoestable:** El multivibrador monoestable tiene un estado estable y se utiliza en circuitos de control.

Si al multivibrador astable de la figura anterior le eliminamos el condensador $C1$ y cambiamos la polarización de base del $T1$, tomándolo de un divisor de tensión (figura siguiente) que se alimenta del colector de $T2$ para mantener la realimentación, se tiene una polarización que obliga a los transistores a tener un estado bien definido, $T1$ al corte y $T2$ saturado.

Si por cualquier medio, tal como la aplicación de un pulso, llevamos $T1$ a la saturación y naturalmente $T2$ al corte, el funcionamiento del circuito en esta situación es equivalente al que se encuentra en la figura anterior a, solo que al cabo de un tiempo



(forma de onda del multivibrador monoestable)



$T1 = R1 C \ln 2$, el circuito vuelve a su estado estable, es decir, T1 en corte y T2 en saturación. Es justamente por este hecho de tener un estado estable que este circuito recibe el nombre de monoestable.

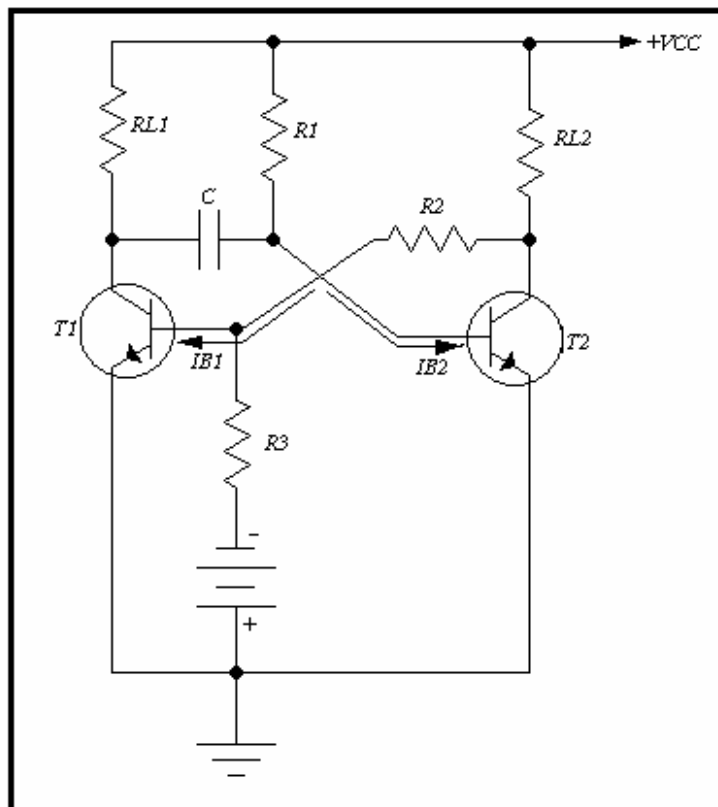
Enfoquemos este circuito desde otro punto de vista. Al conectar la fuente de alimentación, uno de los dos transistores conducirá mas que el otro es decir, $I_{b1} > I_{b2}$. si I_{b1} aumenta I_{c1} y disminuye V_{ce} , lo que se traduce en un pulso negativo que se desplaza por C y se aplica a la base de T2 disminuyendo I_{b2} , lo que trae la disminución de I_{c2} y el aumento del V_{CE2} , lo que tiende a elevar el voltaje de base de T1 por el divisor de tensión R2 y R3, incrementando I_{b1} . Este proceso es realizado instantáneamente hasta que T1 se encuentre saturado y T2 al corte. En estas condiciones el condensador C queda conectado a masa por el colector de T1 y aplica un potencial V_{cc} a la base de T2, que lo polariza en forma inversa (figura siguiente).

Este condensador comienza a cargarse positivamente tendiendo a $+V_{cc}$ con la constante de tiempo dada por el valor del condensador y el valor de la resistencia R1. Al llevar al cabo de un tiempo $T1 = R1 C \ln 2$, el condensador alcanza potencial de cero volts que inicia una pequeña corriente de base.

$$I_{b2} = I_{c2} = V_{CE2} = I_{b1} = I_{c1} = V_{CE1} = I_{b2}$$

y este proceso se detiene cuando T1 ha sido llevado al estado de corte y T2 al estado de saturación. Como es sistema de alimentación de base de T2 es estable y no existe el condensador, este estado es permanente en el circuito y no cambiará, salvo que llegue

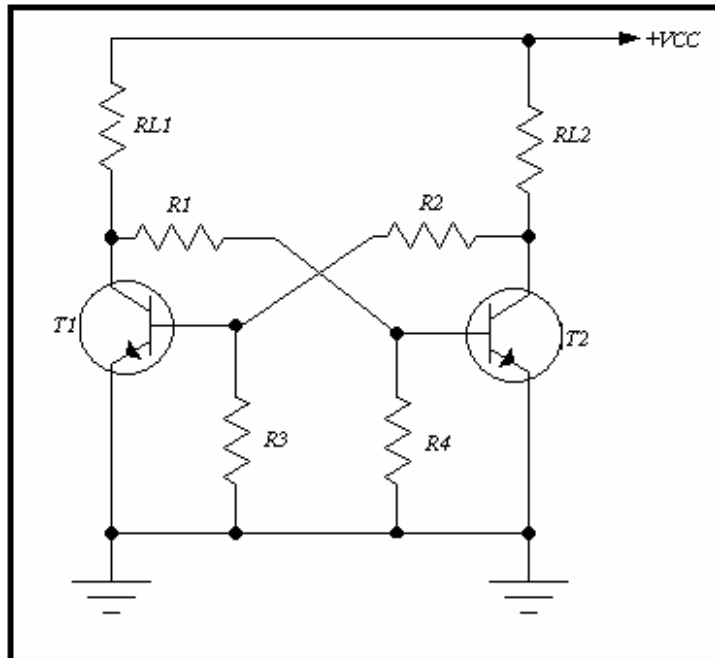
un pulso externo que efectúe el cambio de estado, solo que este no es permanente y volverá según lo visto al estado permanente de T1 en corte y T2 saturado.



Multivibrador biestable: Se caracterizan por su modalidad para mantener cualquiera de sus dos estados posibles. Se utiliza en circuitos contadores, registros de desplazamiento y circuitos de memorias.

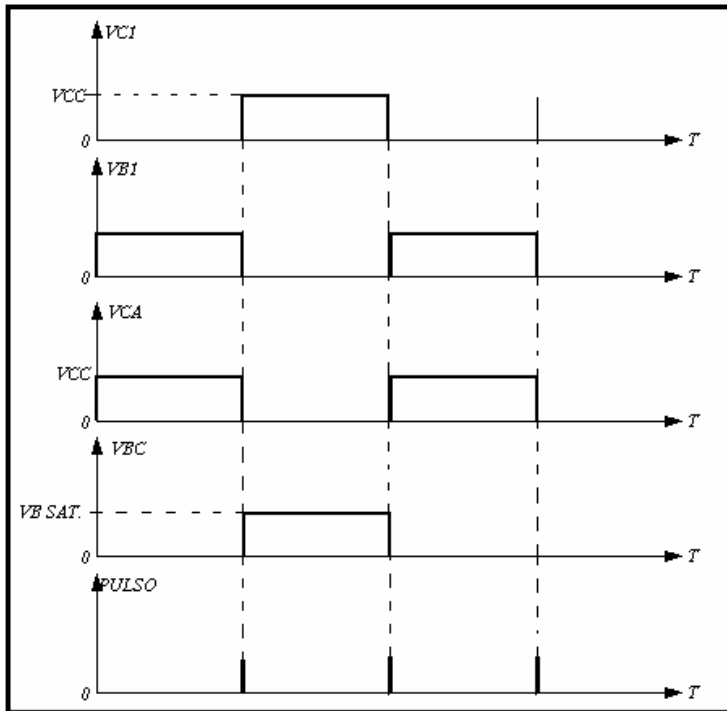
Si eliminamos el factor de inestabilidad en el multivibrador monoestable, forma de polarización de base del transistor T2 y circuito de realimentación (resistencia de base R1 y condensador C en la figura anterior, que son los responsables de la basculación del circuito cada vez que el transistor T1 esta saturado y el transistor en corte). Esto se hace polarizando con divisores de voltaje para alimentar las bases. Estos divisores de tensión son tomados de los colectores de los transistores opuestos para mantener la realimentación, según muestra la figura siguiente.

Multivibrador biestable.



En el momento de conectar el interruptor S en la figura , por el hecho de no existir dos elementos exactamente iguales en la naturaleza, en uno de los dos se iniciará la conducción mayor que en el otro, supongamos que la variación de I_{b1} sea mayor que la variación de I_{b2} , lo que implica que la variación de I_{c1} sea mayor que $I_{c2} = V_{CE1} = I_{b2} = I_{c2} = V_{CE2} = I_{b1} = I_{c1} = V_{CE1} = I_{b2} = I_{c2}$ y este proceso continua hasta que el transistor T1 quede saturado y el transistor T2 queda en el estado de corte. Este estado del circuito es permanente, pues al quedar el transistor T2 en corte, existe una tensión en su colector que alimenta al divisor de tensión formado por las resistencias R2 y R3, que mantienen la polarización de base de saturación del transistor T1, enclavándolo en este estado. Por otro lado, al estar T1 enclavado en el estado de saturación, teóricamente tendremos que el voltaje de colector será cero, lo que significa que la rama de alimentación de base (R1 y R4) del transistor T2 esta a cero volts.

Luego no existirá corriente de base y el transistor T2 se mantiene enclavado en el estado de corte, es decir, todo el circuito tiene ya un estado estable.



Forma característica de las ondas de tensión de un multivibrador biestable, considerando además, la aplicación a ambas bases de pulsos externos.

Si al circuito, que esta en este estado, se le aplica un pulso positivo al transistor que esta en corte (T2), tendrá un aumento de la corriente de base $I_{b2} = I_{c2} = I_{c1} = I_{b1} = I_{c1} = V_{CE1} = I_{b2}$ y el proceso se detendrá cuando T1 pasa al corte y T2 a la saturación. Este nuevo estado del circuito es estable y permanente y no cambiará, salvo la llegada de un pulso exterior. Esto se comprueba por el mismo razonamiento anterior.

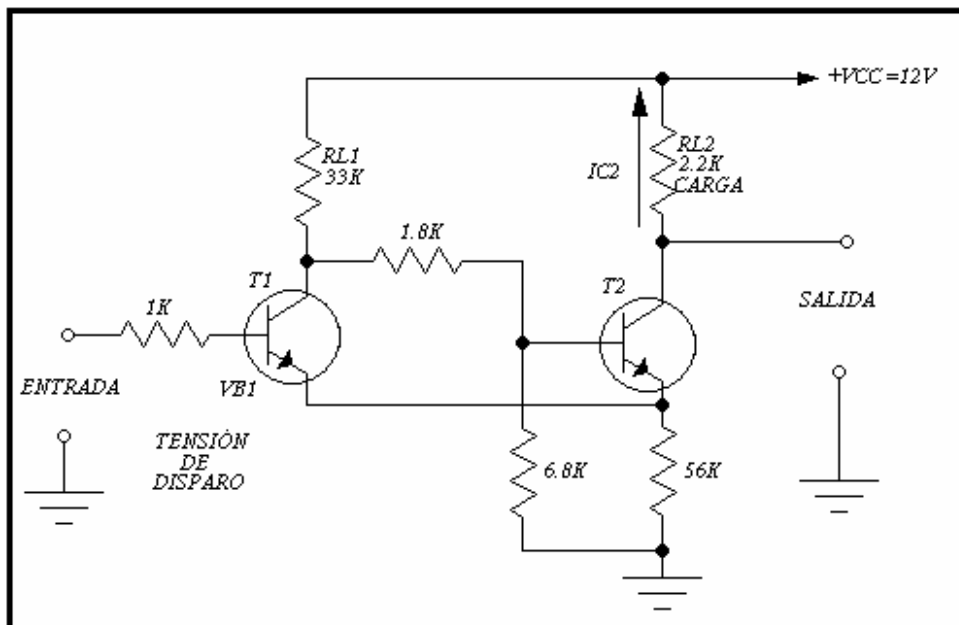
Este circuito, según lo visto puede tener solo dos estados diferentes y bien definidos, de ahí su nombre de multivibrador biestable.

Circuito disparador de SCHMITT: Es un circuito regenerativo que cambia bruscamente de estado cuando la señal de entrada cruza ciertos niveles de disparadores de CC.

Este circuito disparador de Schmitt se obtiene haciendo las siguientes transformaciones al multivibrador biestable:

- Se le suprime el acoplo de colector a base existente entre T2 y T1.
- La realimentación se obtiene a través de una resistencia en el circuito de emisores comunes.
- $RC1 = RC2$

Circuito disparador Schmitt



Este circuito tiene dos estados estables y la magnitud de la tensión de entrada determina cual de los dos es posible que exista.

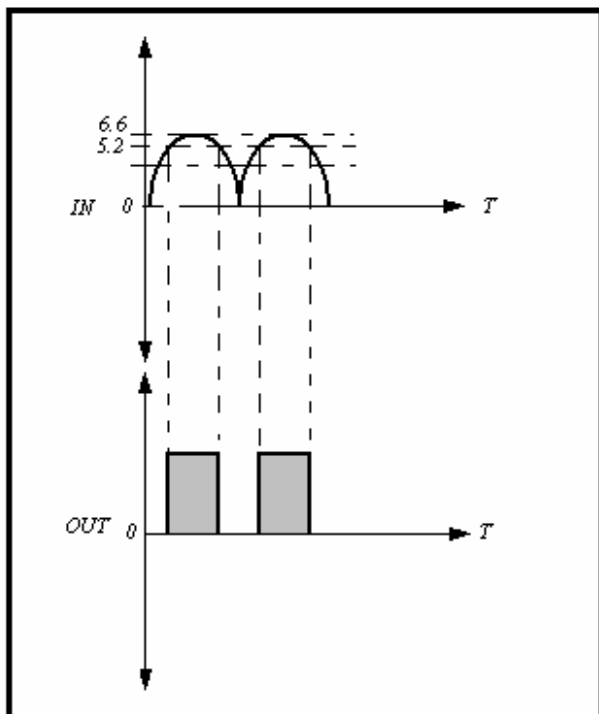
Supongamos que sea nula la tensión de entrada y que T1 está al corte, mientras T2 conduce sin estar en saturación. Como T1 está al corte, la intensidad de la corriente estacionaria de T2 se encontrará determinando el punto de trabajo. La caída de tensión en la resistencia del circuito de emisor es suficientemente grande para llevar T1 al corte, según se supuso inicialmente.

Por ejemplo, en el circuito de la figura anterior la polarización de emisor es de 6,6V. Así pues, el disparador de Schmitt normal tiene T1 al corte y T2 en conducción.

Supongamos ahora que se aumenta la tensión de entrada en la figura anterior, partiendo de cero. No ocurrirá nada hasta el momento en que la tensión supere a los 6,6V de la polarización de base, en cuyo momento comienza T1 a conducir, se reduce la polarización de base de T2 y disminuye la tensión de polarización de emisor; esto, a su vez, aumenta la intensidad de la corriente que recibe por T1.

La acción regenerativa prosigue hasta llegar a la situación de que la entrada sea mayor que 6,6V. Al disminuir la tensión de entrada, el circuito no recupera su estado inicial hasta que alcance una tensión de entrada suficientemente menor que 6,6V. Esto se debe a que la polarización de base de T2 es ahora mucho menor que antes por estar el colector de T1 a un potencial inferior (esto se debe a que $RC1 > RC2$). Por tanto, habrá que reducir mucho la intensidad de la corriente de T1 antes de que la menor tensión de emisor y el mayor potencial de colector de T1 se combinen para intensificar la corriente de base de T2 y que éste empiece a conducir.

En el circuito de la figura anterior es necesario reducir la tensión de entrada a 5,2V antes de que la regeneración devuelva el circuito al estado inicial.



Formas de onda de un disparador de Schmitt utilizado como circuito cuadrador.

Una aplicación interesante del disparador de Schmitt es como regenerador de pulsos o circuito cuadrador (figura anterior). La señal de entrada es una onda pulsante de forma no interesante, que al accionar al circuito en uno y otro sentido, da lugar a una salida pulsante cuadrada. Observe que, de esta manera, incluso una onda sinusoidal puede convertirse en onda cuadrada.

El disparador de Schmitt es también útil como discriminador de niveles de tensión. Cada vez que una señal de entrada supere el umbral del disparador, el circuito generará un pulso de salida.

Este circuito es muy usado por su simplicidad y precisión. Puede controlar la temperatura de cualquier elemento colocando en él un PTC, cuya resistencia es proporcional a ella, y conectándola a la entrada del disparador de Schmitt. Cuando se alcance cierta temperatura y el PTC tenga determinado valor, se disparará el circuito.

Otra aplicación es la que requiere el control de luminosidad, bien como alarma de incendio o robo, bien como contador de piezas, bien como relevador fotoeléctrico, disponiendo para la conversión de la luz en tensión, de un LDR que varía su resistencia inversamente con la luz, es decir, cuanto más luz, menos resistencia. En general, cualquier magnitud que pueda transformarse en tensión con un captador, puede controlarse en un valor determinado con un circuito de disparo.

PRÁCTICA

ELECTRONICA INDUSTRIAL

FUENTE DE PODER

Se encarga de proveer un voltaje continuo (+B o -B) que permita la alimentación de las distintas etapas que conforman el equipo.

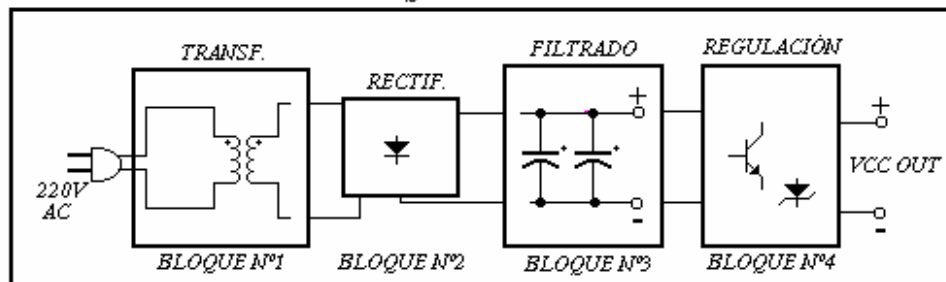
Son tres los sistemas de alimentación adoptados para los equipos electrónicos en general; estos son:

a) Equipos que emplean como fuente de alimentación un grupo de pilas o una batería.

b) Equipos que emplean una fuente de alimentación que recibe energía desde la red domiciliaria, la que es rebajada por medio de un transformador, rectificada a través de diodos y filtrada con el uso de condensadores electrolíticos (filtros) y finalmente estabilizada a través de un sistema regulador de tensión. De esta forma, a la salida de esta fuente se obtiene un voltaje continuo que permite alimentar a las distintas etapas de un equipo.

c) Equipos que emplean alimentación mixta, vale decir, se alimentan con pilas o batería, pero también traen incorporada una fuente de poder que suministra energía continua a partir del voltaje de la red.

DIAGRAMA EN BLOQUES DE UNA FUENTE DE PODER



El bloque N°1 está constituido por el transformador de poder, el cual cumple dos funciones fundamentales:

a) Aislar al equipo de la red eléctrica domiciliaria de 220v.

b) Rebajar el voltaje de la red domiciliaria de 220v a las necesidades de alimentación del circuito.

El bloque N°2 está constituido por los diodos rectificadores de silicio (silicones), los cuales tienen por función transformar la corriente alterna entregada por el transformador, en una corriente continua de características pulsantes.

El bloque N°3 está constituido por el condensador electrolítico (filtro), el cual se encarga de recibir la corriente continua pulsante proveniente del rectificador y transformarla en una corriente continua lineal.

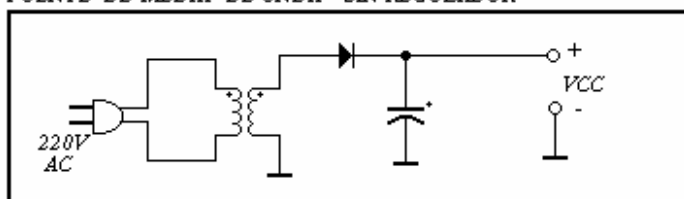
ELECTRONICA INDUSTRIAL

El bloque N°4 está constituido por el sistema regulador, el cual está encargado de estabilizar esta corriente continua lineal, a tal punto, que sus fluctuaciones queden eliminadas.

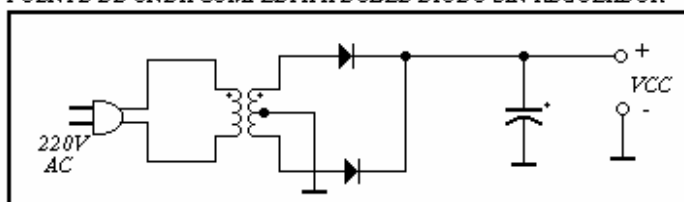
VARIANTES DE DISEÑO.-

Cuando se encara el proceso de la reparación de una fuente de poder en un equipo electrónico, es posible encontrarse con las siguientes variantes de diseño:

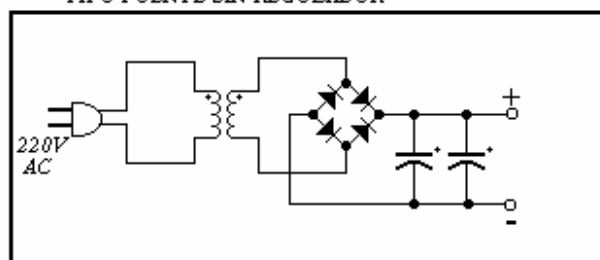
1.-FUENTE DE MEDIA DE ONDA SIN REGULADOR



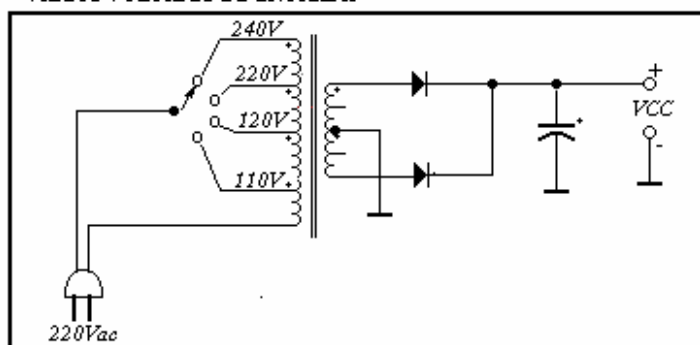
2.-FUENTE DE ONDA COMPLETA A DOBLE DIODO SIN REGULADOR



3.-FUENTE DE PODER DE ONDA COMPLETA TIPO PUENTE SIN REGULADOR



4.-FUENTE DE ONDA COMPLETA PARA VARIOS VOLTAJES DE ENTRADA



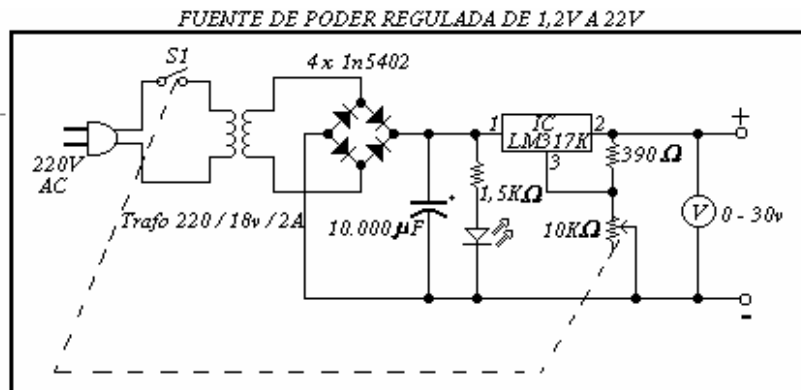
The schematic diagram illustrates the power supply section. A BATTERY UM-1x4 is connected to a transformer T1. The transformer has four secondary windings labeled 1, 2, 3, and 4. Windings 1 and 2 are connected to diodes D5 and D4 respectively. Windings 3 and 4 are connected to a 200-240V AC source and a 110-125V AC source. The 110-125V source is connected to a J3 AC IN JACK. The circuit is enclosed in a dashed box.

1.-Falla, defecto o avería.-

2.-Consecuencia.-

3.-Síntoma. -

ELECTRÓNICA INDUSTRIAL



FALLAS COMUNES QUE SE PRODUCEN EN UNA FUENTE DE PODER.-

A continuación se enumeran las principales fallas, averías o defectos que se pueden ocasionar en los circuitos de una fuente de poder:

- a) Trafo de poder cortado en el primario o secundario.
- b) Fusible cortado.
- c) Diodos silicones abiertos o en cortocircuito.
- d) Filtros abiertos, con fugas o en cortocircuito.
- e) Cordón de alimentación cortado.
- f) Interruptor de encendido defectuoso.
- g) Cables o pistas del circuito impreso cortadas.

MEDICIONES DE TENSIÓN IMPORTANTES EN UNA FUENTE DE PODER.-

- a) VCC en bruto o +B en bruto.
- b) VCC regulado o +B regulado.
- c) Voltaje alterno.

PUNTOS CLAVES PARA LA MEDICIÓN DE ESTAS TENSIONES.-

- a) +B regulado.- Este voltaje se mide entre el colector del regulador power y masa.
- b) +B en bruto.- Este voltaje se mide entre los extremos del filtro que está a continuación de los rectificadores.
- c) Voltaje alterno.- Este voltaje se mide entre los extremos del secundario del trafo de poder o bien en las uniones ánodo/cátodo de los diodos rectificadores.

ELECTRONICA INDUSTRIAL

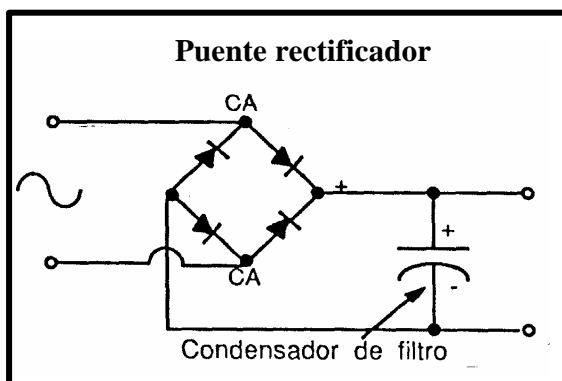
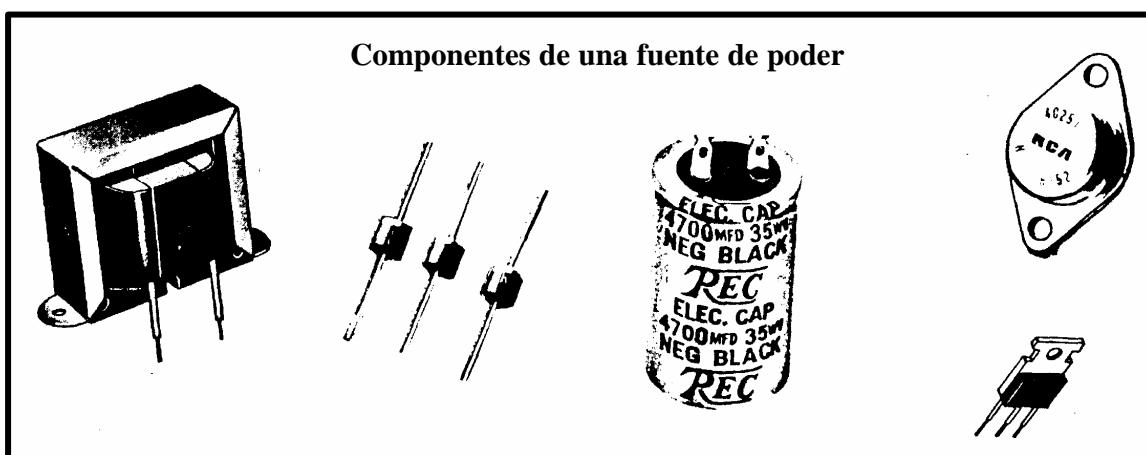
REVISIÓN Y REPARACIÓN DE FUENTES DE PODER.-

Los daños en las fuentes de poder, tanto internas como externas, son una de las causas más comunes para el mal funcionamiento de los aparatos electrónicos.

Con los conocimientos adquiridos hasta ahora en este curso, usted las puede revisar y reparar fácilmente.

Debemos empezar por conseguir el plano del aparato, si es posible. Esto nos facilitará la tarea de identificar fácilmente cada uno de los componentes y sus conexiones.

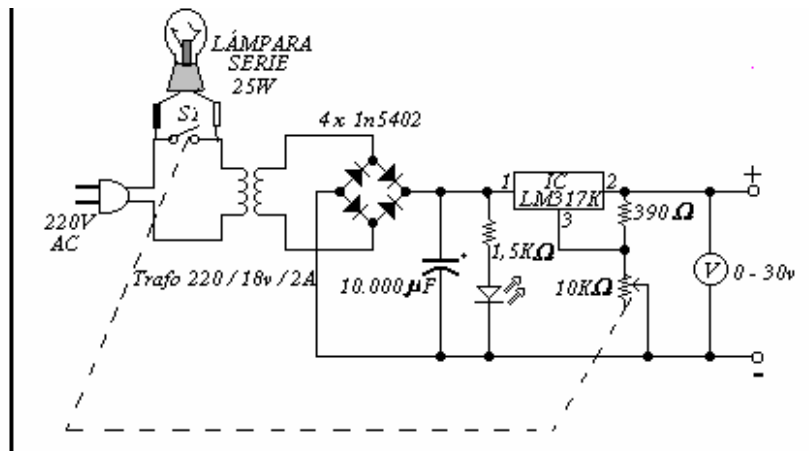
COMPONENTES DE UNA FUENTE DE PODER.-



FORMA DE INVESTIGAR LA FUENTE DE PODER.-

1. Realizar una inspección visual para detectar posibles cables cortados, resistencias quemadas, pistas del circuito impreso cortadas, diodos reventados, soldaduras frías, etc.

2. Conectar el equipo a la red de alimentación domiciliaria, a través de una lámpara serie y encenderlo.

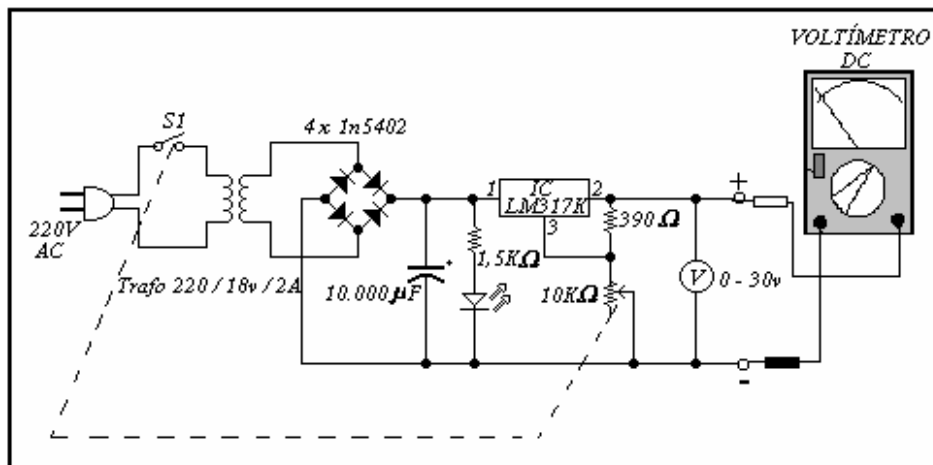


Si al realizar esta prueba la lámpara serie queda encendida a máximo, significa que el equipo en cuestión presenta problemas de cortocircuito.

En cambio, si durante esta prueba la lámpara serie enciende solo a la mitad de su luminosidad, significa que el equipo, si bien es cierto presenta problemas, estos no se deben a un cortocircuito, por lo que el equipo puede ser conectado directamente a la red sin la protección que representa la lámpara serie.

Es importante destacar que ante la presencia de un cortocircuito, nunca el equipo deberá ser conectado directamente a la red domiciliaria, salvo que el problema haya sido solucionado.

3.-Medir el +B regulado.-



Al realizar esta medición se pueden dar dos posibilidades:

a) Si el +B regulado es nulo o muy bajo, se debe medir el +B en bruto. Si el +B en bruto es normal, significa que el defecto puede encontrarse localizado en el sistema regulador o bien que alguna de las etapas que recibe alimentación desde la fuente de poder se encuentre en cortocircuito. Para comprobar esto último, será necesario medir el +B regulado con la

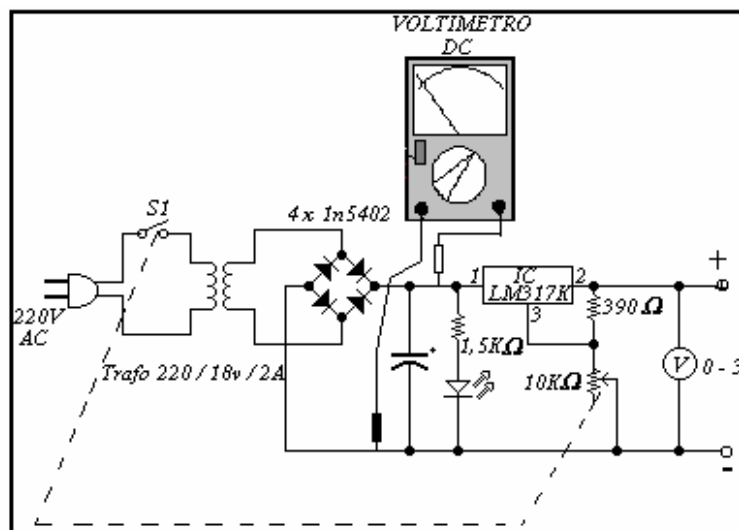
ELECTRONICA INDUSTRIAL

fuelle sin carga. Si en estas condiciones el +B regulado aumenta a su valor normal o superior a lo normal, queda confirmada la presencia de un cortocircuito en alguna de las etapas que recibe alimentación desde la fuente de poder.

Si el +B en bruto es nulo, significa que el defecto se encuentra localizado más atrás.

Es preciso entonces verificar si los diodos rectificadores reciben voltaje alterno proveniente de la red. Si el voltaje alterno en los diodos rectificadores es nulo, es porque el defecto está localizado en el transformador de alimentación, fusible,, interruptor, cordón de alimentación, etc., (revisar componentes con el óhmetro).

Si existe voltaje alterno en los diodos rectificadores, significa que el defecto está localizado en el sistema rectificador o en el sistema de filtrado (revisar diodos, filtro, pistas de cobre del circuito impreso, soldaduras defectuosas, etc.).



FALLAS COMÚNES DE UNA FUENTE DE PODER.-

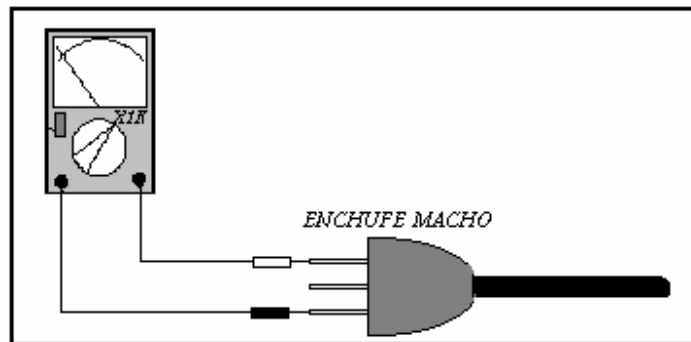
- a) Fusible cortado.
- b) Silicones abiertos o en cortocircuito.
- c) Filtros abiertos, con fugas o en cortocircuito.
- d) Cordón de alimentación cortado.
- e) Interruptor defectuoso.
- f) Cables o pistas del circuito impreso cortadas.

ELECTRONICA INDUSTRIAL

FICHA DE PRÁCTICA

1.-MEDICIONES A REALIZAR CON EL ÓHMETRO.-

a) Medir ficha de entrada: Con esta medición se determina el estado del cordón de alimentación, switch de encendido y primario del transformador de poder. Esta medición se realiza en los extremos del macho del cordón de alimentación.

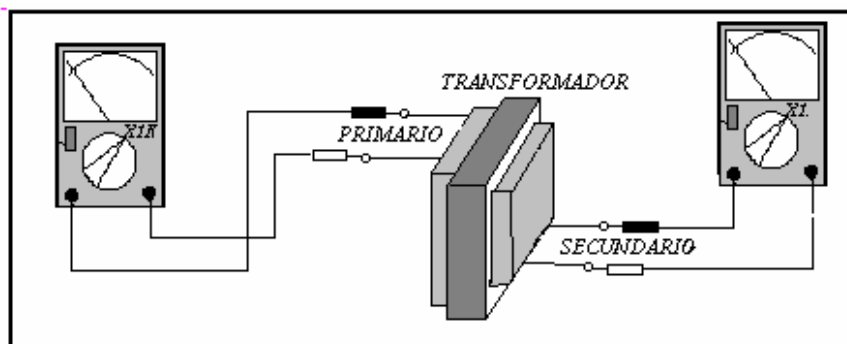


Resultado de la medición:

b) Verificar el estado del primario (X1K) y secundario (X1) del transformador de poder:

Primario :

Secundario:



Conclusión:

3.- Verificar el estado de los diodos rectificadores:

a) D1:

Resistencia directa:

Resistencia inversa:

b)D2:

Resistencia directa:

Resistencia inversa:

c)D3:

Resistencia directa:

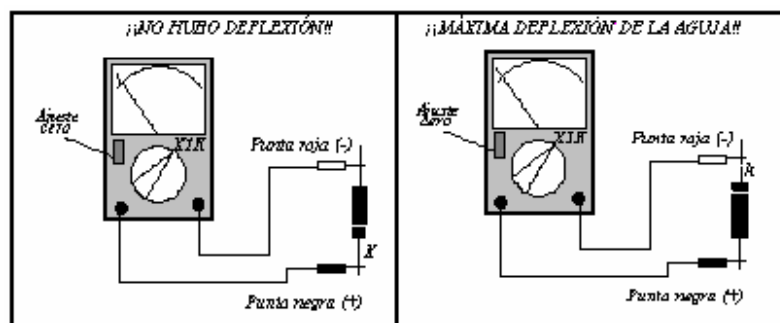
Resistencia inversa:

d)D4:

Resistencia directa:

Resistencia inversa:

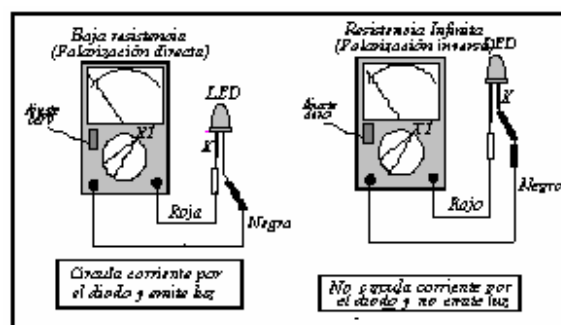
Conclusión:.....



4.- Verificar el estado del diodo LED.-

a)Resistencia directa:

b)Resistencia inversa:

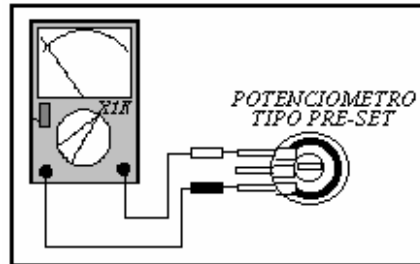


Conclusión:

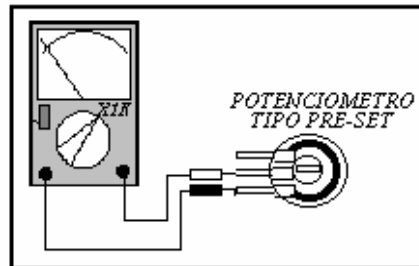
.....

5.- Verificar el estado del potenciómetro de ajuste (Pre-set).-

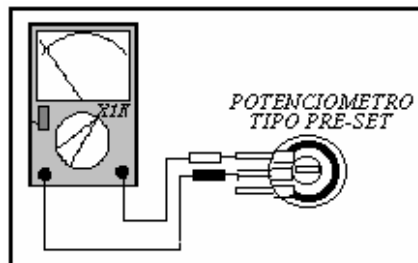
a) Medir la resistencia total entre los extremos:



b) Medir entre el punto medio y un extremo:

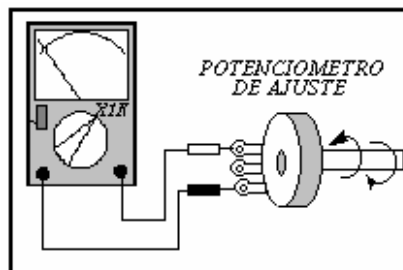


c) Medir entre el punto medio y el otro extremo:



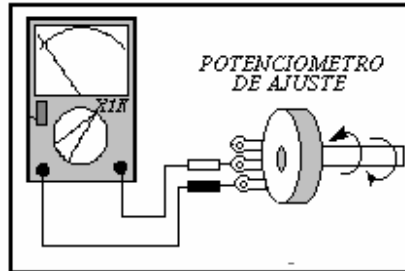
6.- Verificar el estado del potenciómetro (avr).-

a) Medir la resistencia total entre sus extremos y girar el eje de extremo a extremo. En condiciones normales la resistencia total no debe modificarse:



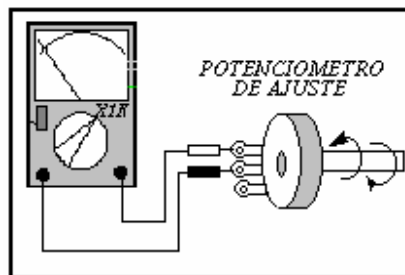
b) Medir la resistencia entre el punto medio y un extremo girando el eje:

.....



c) Medir la resistencia entre el punto medio y el otro extremo, accionando el eje:

.....



.....
Conclusión:
.....

2.-MEDICIONES A REALIZAR CON VOLTÍMETRO DC.-

a) Medir +B regulado en el contacto 2 del integrado regulador LM317K:

.....

Nota: Este voltaje debe variar al accionar el potenciómetro de ajuste AVR.

Conclusión:
.....

b) Medir +B en bruto entre los contactos del filtro:

.....

Nota: Este voltaje siempre tiene un valor más alto que el +B regulado.

Conclusión:
.....

ELECTRONICA INDUSTRIAL

3.-MEDICIONES A REALIZAR CON VOLTÍMETRO AC.-

a) Medir voltaje alterno entre los extremos del secundario del transformador de poder o en la unión cátodo/ánodo de los diodos rectificadores:

.....
.....

Conclusión:

.....

b) Medir el voltaje alterno de la red domiciliaria de alimentación:

.....

Conclusión:

.....

4.-MEDICIONES A REALIZAR CON OSCILOSCOPIO.-

a) Verificar forma de onda (Wave Form = WF) en el secundario del trafo de poder, para lo cual los controles del instrumento deberán ser ajustados.

-Dibuje la forma de onda observada y explique su significado:

.....

.....

.....

b) verificar forma de onda entre los extremos del filtro.

-Dibuje la forma de onda observada y explique su significado:

.....

.....

.....

c) verificar forma de onda en el rectificador, desconectándolo del circuito de filtrado y regulación.

-Dibuje la forma de onda observada y explique su significado:

.....

.....

.....

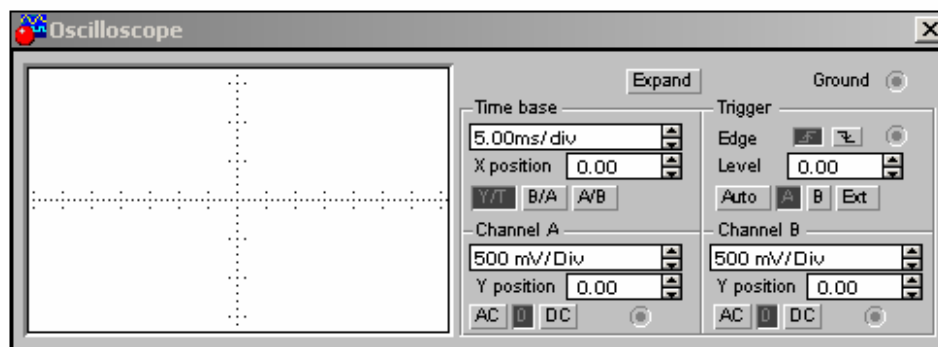
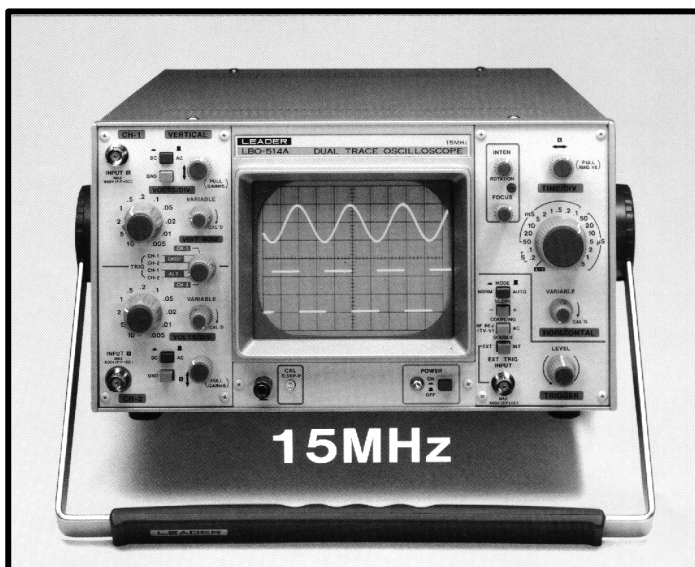
EL OSCILOSCOPIO

El osciloscopio es uno de los instrumentos más importantes y necesarios para el trabajo en electrónica ya sea a nivel de estudio, de investigación, experimental o para el control de calidad en una línea de producción. Entre sus principales aplicaciones están la comprobación del correcto funcionamiento de todo tipo de aparatos electrónicos. También

tiene gran utilización en el análisis de los aparatos de comunicaciones y telefonía; en los sistemas de grabación, edición y transmisión de video así como en la reparación y ajuste de receptores de televisión y en circuitos digitales o con microprocesadores.

Además, fuera de ser muy empleado en electrónica, el osciloscopio se utiliza en otros campos de la ciencia como la física, la química y la medicina entre otros, siendo uno de los aparatos de medida preferidos en todo tipo de trabajos científicos.

Un osciloscopio es un instrumento electrónico que tiene como elemento principal una pantalla en la cual se pueden visualizar, con representación en el tiempo, las señales eléctricas presentes en los diferentes aparatos y dispositivos eléctricos y electrónicos. Además de la pantalla, el osciloscopio tiene un panel frontal con una serie de controles que ajustan o adaptan su funcionamiento a los diferentes tipos de señal que se pueden presentar en un momento dado; en este panel también se encuentran los conectores por medio de los cuales se introducen las señales al instrumento.



Actualmente, existen en el mercado una gran cantidad de marcas y modelos con las más variadas características y precios que hacen posible que cualquier aficionado o profesional tenga acceso a ellos y seleccione el que más le convenga de acuerdo a sus necesidades. En algunos osciloscopios modernos también se muestran las medidas de las señales en forma numérica, convirtiéndose al mismo tiempo en osciloscopio y multímetro.

TIPOS DE OSCILOSCOPIOS

Los osciloscopios se clasifican de diferentes maneras; en cuanto a la tecnología que utiliza la pantalla, hay dos tipos principales: osciloscopios de rayos catódicos y de pantalla

de cristal líquido o LCD. Los primeros han existido durante muchos años y dominan todavía el mercado y los segundos han ganado popularidad a medida que se logra una mejor resolución en este tipo de dispositivos. Vale la pena mencionar que la pantalla de cristal líquido tiene la ventaja de su bajo consumo de corriente y su poco peso.

Dependiendo de la forma como procesan internamente sus señales, existen osciloscopios analógicos y osciloscopios digitales.

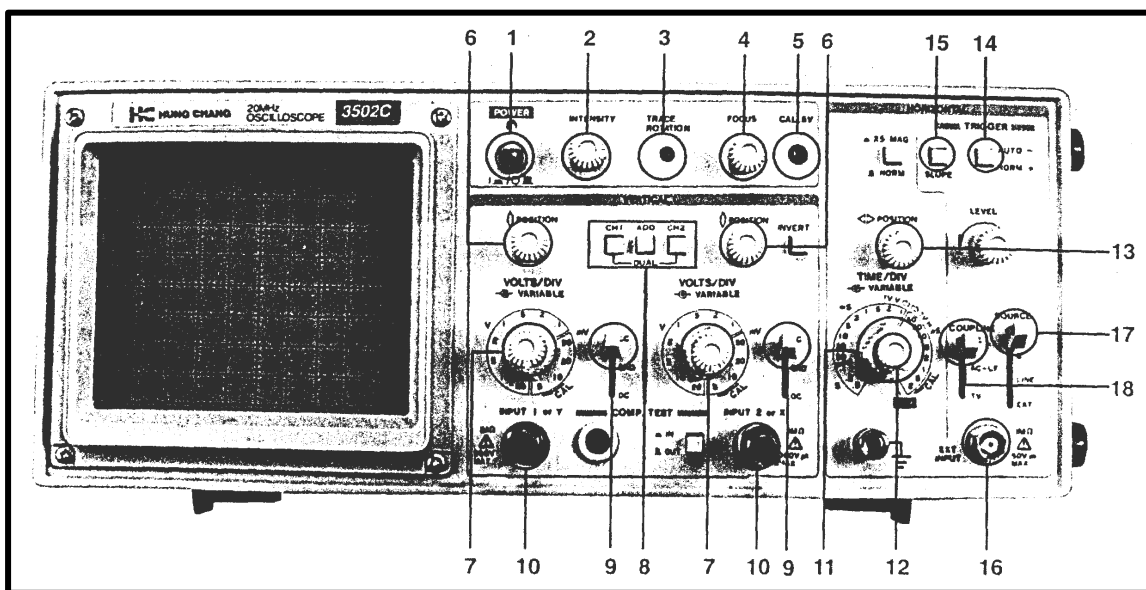
ELEMENTOS DE UN OSCILOSCOPIO.

A.- LOS CONTROLES.-

Para aprender a manejar bien un osciloscopio, lo primero que debemos hacer es reconocer los nombres y la función de cada uno de sus controles y conectores. Aunque hay muchos modelos de estos instrumentos, la gran mayoría tiene los mismos elementos, por lo que la explicación que a continuación daremos, es válida para todos.

De todas maneras, cada osciloscopio trae su respectivo manual de manejo el cual se debe consultar y utilizar con el fin de obtener de este importante instrumento, sus mejores capacidades.

En la figura siguiente tenemos el panel frontal de un osciloscopio de dos canales, en el que se muestran sus principales controles.



1.-Power.-

Es el control de encendido del instrumento. Generalmente está acompañado de un piloto que indica en que estado se encuentra.

Los controles, del 2 al 4, que se indican a continuación, tienen que ver con la visualización de las señales en la pantalla.

2.-Intensity.-

Sirve para ajustar la intensidad del trazo en la pantalla de tal manera que sea visible. Si la intensidad se hace muy fuerte, la línea pierde precisión y si es muy débil, no se pueden apreciar bien las señales.

3.-Trace rotation.-

Este control, en forma de tornillo, permite alinear el trazo con la cuadrícula y por lo general viene ajustado desde la fábrica. Si al cabo de un tiempo, el trazo no coincide con las líneas horizontales, se mueve este tornillo lentamente y con cuidado hasta lograr el alineamiento.

4.-Focus.-

Este control permite el enfoque de la línea o trazo y se ajusta de tal manera que la imagen sea clara y bien definida.

5.-Scale illum.-

Permite ajustar el nivel de iluminación externa de la pantalla que traen algunos osciloscopios y por medio de la cual se pueden observar mejor las señales.

6.-Probe adjust o cal.-

Al conectar una punta de prueba en este terminal aparece en la pantalla una señal en forma de onda cuadrada muy precisa, la cual se utiliza para hacer una prueba rápida del instrumento y para calibrar los diferentes controles del mismo.

7.-Position.-

Con este control se puede variar la posición vertical de las señales presentes en cada uno de los canales (CH1 y CH2). Esto se utiliza a menudo para facilitar las medidas alineando las señales con la retícula o para acomodar las dos señales en la pantalla al mismo tiempo.

Los controles del 8 al 11, corresponden a las entradas verticales.

8.-Ch1-volts/div y Ch2-volts/div.-

Estos son dos de los principales controles de todo osciloscopio y son los que establecen la ganancia de los amplificadores verticales de tal forma que la señal o las señales, en cuanto a su tamaño o amplitud, se puedan acomodar en la pantalla para permitir una visualización o una medida adecuada. Cada uno de estos controles tiene dos perillas concéntricas, la más grande selecciona una determinada escala en volts o milovolts y la más pequeña se puede utilizar para variar la ganancia (variable) pero teniendo en cuenta que para medidas de voltaje, se debe girar completamente a la derecha en donde tiene un **seguro** que nos garantiza que la medida sea la correcta. En esa posición hay una marca llamada **CAL** para confirmar esta función.

9.-Vertical mode.-

Por medio de este selector se establece el modo en que se van mostrando las señales de cada canal en la pantalla. Las opciones más comunes son CH1, CH2, DUAL y ADD. Si se selecciona CH1 o CH2, solo aparece una señal a la vez que corresponde al canal seleccionado; en la función DUAL se muestran las dos señales al mismo tiempo. Si se escoge la función ADD, se suman los dos canales. Según el modelo, hay otras opciones como INV, generalmente en el canal 2 o CH2 y por medio de la cual se invierte la polaridad de la señal presente en esa entrada; también, con la función ALT, se muestra cada uno de los canales alternadamente durante cada ciclo del barrido horizontal; esto es útil para observar señales de alta frecuencia.

10.-Ac-gnd-dc.-

Con este selector se establece que tipo de señal se está midiendo, si es corriente alterna (AC) o corriente continua (DC). Si se lleva a la posición GND (ground o tierra), se conecta la señal de entrada a tierra y aparece una línea horizontal en la pantalla lo que indica que no hay ninguna señal en ese momento; esta posición también es llamada voltaje de referencia. Esto se utiliza generalmente para ajustar la posición de los trazos de cada canal, por medio del control POSITION, en la posición adecuada ya sea en el centro de la pantalla, hacia arriba o hacia abajo, sobre una línea de cuadrícula, etc.

11.-Ch1 y Ch2 o x y.-

Estos conectores son del tipo BNC hembra. En ellos se conectan las puntas de prueba que llevan la señal desde el circuito hasta la entrada de cada canal.

Los controles del 12 al 14, corresponden a las funciones de la etapa de barrido horizontal o **Base de tiempos**.

12.-SEC/DIV o TIME/DIV.-

Esta es, generalmente, la perilla o control más grande que se encuentra en el panel frontal del osciloscopio. Por medio de ella se ajusta el tiempo de barrido o la base de tiempos del instrumento y su posición depende de la frecuencia de las señales que se están midiendo de tal manera que se puedan observar varios ciclos de la misma en la pantalla. De acuerdo a su posición, se puede establecer la frecuencia de la señal.

13.-Variable.-

Esta perilla permite ajustar la base de tiempos a niveles variables para observar mejor las señales. Cuando se vaya a medir la frecuencia, se debe girar completamente a la derecha hasta encontrar la posición CAL en la cual se asegura, para que el resultado sea preciso. En este modelo, la perilla va montada en forma concéntrica sobre la perilla anterior (SEC/DIV o TIME/DIV), en otros se presenta de forma separada.

14.-Position.-

Este control maneja la posición horizontal de los trazos para ubicar bien la señal en la pantalla. Generalmente esta perilla también maneja un interruptor que se acciona halándola ligeramente hacia afuera y multiplica el tiempo de barrido por 10. En el modelo mostrado, esta función tiene un control separado.

15.-Trigger level.-

Este control maneja el sincronismo o acoplamiento entre las señales vertical u horizontal, de tal manera que la imagen en la pantalla se muestre en forma estable al hacer coincidir la rampa o señal de barrido, con la señal de entrada siempre en el mismo punto.

16.-Slope.-

Con este interruptor o selector se puede cambiar la pendiente de la rampa a un modo positivo o a un modo negativo. Así se puede invertir la fase de la señal, lo que es conveniente en algunos casos.

17.-Sweep mode o mode.-

Por medio de este control se seleccionan diferentes formas de sincronizar el barrido, siendo las más utilizadas **AUTO**, para automático, y **NORMAL**, para normal. El modo **AUTO** es el más recomendado ya que permite el sincronismo aún con señales débiles de entrada y el modo **NORMAL** se utiliza cuando la señal de entrada tiene un nivel de amplitud o voltaje alto y estable. Hay otro modo llamado **SINGLE** el cual se utiliza para señales repetitivas.

18.-Ext trig in.-

Este conector de entrada permite llevar al osciloscopio una señal externa de sincronismo y se utiliza para manejar señales poco claras o para sincronizar las mediciones con señales de reloj de un determinado circuito.

19.-Source.-

Este interruptor seleccionar cuál señal se utiliza para el disparo y tiene las funciones EXT, para utilizar el conector mencionado en el párrafo anterior, LINE para utilizar la señal de alimentación (60 Hz ó 50 Hz) como señal de sincronismo (útil cuando se está analizando ruido o HUM producido por la alimentación de corriente alterna de un circuito VERT que selecciona automáticamente una señal en el modo del eje vertical) CH1 y CH2 para utilizar las señales de entrada de los dos canales y que son las posiciones normalmente utilizadas.

20.-Coupling.-

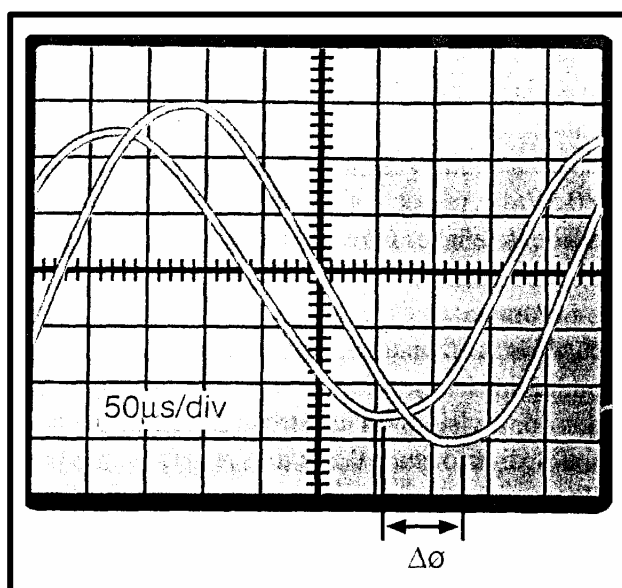
Un selector también se refiere al barrido y escoge algunos modos según sea la señal de entrada y es útil cuando se observan señales compuestas. Por ejemplo, si vamos a analizar una señal de audio de baja frecuencia que contiene algunos pick, la posición más adecuada en este caso es HF REJ lo que conecta un filtro pasa bajos evitando falsos disparos debido a los picks. Si por el contrario, nos interesan los picks, pasamos este control a la posición LF REJ en donde se conecta un filtro pasa altos.

B.-LA PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO.-

Otro de los elementos que debemos conocer es la pantalla ya que sobre ella se realizan las medidas de voltaje y frecuencia, que son las más utilizadas. La pantalla está recubierta por una retícula o arreglo de líneas horizontales y verticales separadas un centímetro entre sí que forman diez divisiones horizontales y ocho verticales y que establecen el área para

las medidas. Las líneas centrales, tanto la horizontal como la vertical, tienen cinco divisiones marcadas con el fin de facilitar las medidas.

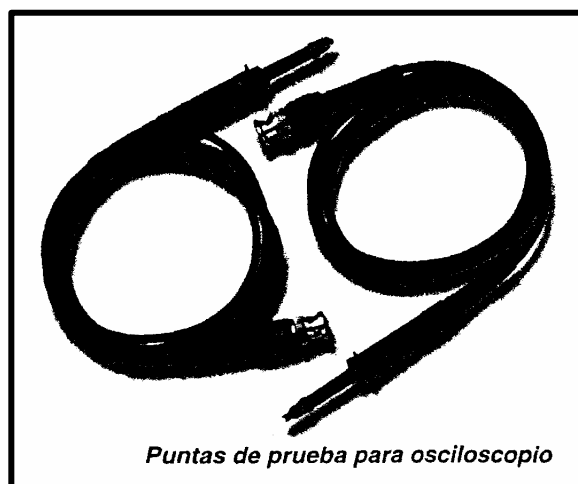
Estas divisiones están directamente relacionadas y calibradas con las secciones vertical y horizontal del osciloscopio, de tal manera que si tenemos seleccionada, por ejemplo, una ganancia de 1 VOLT/DIV en el canal 1 (CH1) y se presenta en la pantalla una señal que ocupa cuatro divisiones en su amplitud, esta tiene un voltaje de 4V peak to peak (Vpp). Si la perilla VOLT/DIV estuviera en la posición 5 y se tiene la misma señal de 4 divisiones, el voltaje medido será de 20Vpp. Las divisiones en sentido horizontal se utilizan para medir el tiempo o periodo de la señal, lo que a su vez permite obtener la frecuencia de la misma.



C.-LAS PUNTAS DE PRUEBA.-

Antes de entrar en materia sobre las medidas, debemos conocer mejor las puntas de prueba, un elemento muy importante que acompaña a este instrumento.

Las puntas de prueba se conectan en uno de sus extremos por medio de un conector BNC macho en las entradas del osciloscopio (CH1 y CH2), si este es de dos canales. En el otro extremo, tienen la punta de contacto propiamente dicha y la cual presenta un mecanismo de gancho con resorte que permite dejar la punta fija en el terminal o punto de medida para facilitar la operación, de tal manera que el usuario no la tenga que sostener durante este procedimiento.



Puntas de prueba para osciloscopio

El cable con el cual se fabrica la punta de prueba es blindado o coaxial, con el fin de evitar la inducción de ruido electromagnético que pueda afectar la medida. Además de la

punta, se tiene un cable para la conexión a tierra o al punto de referencia, el cual posee un conector tipo caimán para permitir un agarre fácil.

En el cuerpo de la punta de prueba hay un interruptor deslizante que tiene una marca X10 por medio del cual se atenúa o rebaja el nivel de la señal medida en 10 veces. Esto quiere decir que si selecciona esta opción, el voltaje que llega a la entrada del osciloscopio será 10 veces menor que el que se está midiendo en la punta de prueba. Esta función es muy útil para las mediciones de voltajes altos ya que la sensibilidad máxima en condiciones normales es generalmente de 20 VOLTS/DIV y si tenemos en la pantalla ocho divisiones, esto nos daría una medida de 160 Vpp, lo que en algunos casos limitaría la utilización de este instrumento. Este interruptor puede encontrarse en diferentes configuraciones o formas según el fabricante del instrumento y debe tenerse en cuenta la medida cuando se está utilizando esta opción, ya que se debe multiplicar por 10 el valor obtenido en la pantalla para obtener el valor correcto.

Generalmente, se le puede retirar a la punta de prueba la parte del gancho, quedando una punta muy delgada que se utiliza cuando se deben medir terminales adyacentes muy cercanos y pequeños como es el caso de los circuitos integrados, con el fin de evitar cortocircuitos entre ellos cuando se estén realizando las medidas.

USOS DEL OSCILOSCOPIO

a) Medida de voltaje alterno.-

Esta es una de las funciones más utilizadas ya que permite ver la onda de la señal de corriente alterna. El primer ejemplo que veremos como práctica, será medir el voltaje y observar la forma de onda de la señal de calibración o de prueba que se encuentra disponible en el terminal llamado CAL, descrito anteriormente. Para realizar el procedimiento siga los siguientes pasos:

-Conecte el osciloscopio a la red domiciliaria de corriente alterna y luego accione el botón de encendido (Power). Una vez conectado a la red, el piloto asociado al botón Power se iluminará.

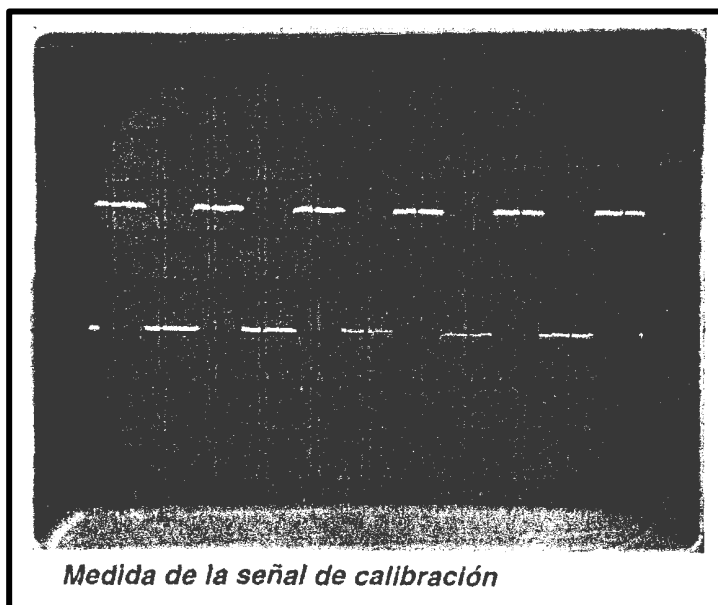
-Primero debemos obtener un trazo o línea horizontal sobre la pantalla; para lograrlo, coloque el selector VERTICAL MODE en la posición CH1, la perilla VOLT/DIV en 5, el selector de señal AC- DC-GND en GND, el selector de disparo MODE en la posición AUTO (automático), el de fuente SOURCE en la posición INT (interna) o CH1 y el de base de tiempo TIME/DIV en la posición .2mS.

Una vez que aparezca la línea en la pantalla, ajuste los controles de posición vertical y horizontal de tal manera que el trazo quede situado exactamente sobre una línea horizontal, cerca o en el centro de la retícula de la pantalla y centrada horizontalmente.

Mueva ligeramente los controles de intensidad (INTEN) y foco (FOCUS) para mejorar la nitidez del trazo y mantener la intensidad tan baja como sea posible, pero de tal forma que la línea se pueda observar claramente.

Antes de continuar, mueva hacia varias posiciones los controles de posición e intensidad para que se familiarice con ellos de tal manera que su función se comprenda totalmente.

Pase ahora el selector de la señal de entrada (AC-DC-GND) a la posición AC y conecte la punta de prueba al terminal de medida CAL. En este momento, debe aparecer en la pantalla una señal en forma de onda cuadrada.



Si esta no aparece, repita uno a uno los pasos explicados hasta que se logre su visualización.

Pase ahora el selector de atenuación vertical (VOLTS/DIV) a la posición .2, de modo que la señal visualizada ocupe un mayor espacio en la pantalla y pueda medirse fácilmente. Mueva las perillas de VOLTS/DIV y TIME/DIV uno o dos puntos a la izquierda y a la derecha para que observe los cambios en la figura.

Para hacer la medida de voltaje, retorne la perilla de VOLTS/DIV a la posición .2.

Ahora, por medio de la perilla de ajuste de la posición vertical, sitúe la parte baja de la señal sobre una de las líneas inferiores y cuente cuantos cuadros hacia arriba mide la parte alta de la señal. En el osciloscopio utilizado para la prueba, la señal de calibración nos marca 2,5 cuadros, y como la perilla está en la posición .2, el voltaje será de $.2 \times 2,5 = 0,5$ o sea, 0,5 Vpp.

En resumen, para medir voltaje AC, se miden o cuentan el número de cuadros o divisiones que se toma la señal y se multiplican por el factor o número indicado en la perilla VOLTS/DIV. Cuando el trazo no coincide con una línea de la retícula, note que cada cuadro tiene cinco divisiones las cuales indican .2 unidades cada una. De esta forma, se puede calcular de manera precisa el número de cuadros que ocupa la señal.

Realizaremos ahora una señal de corriente alterna de bajo voltaje entregada por el secundario de un transformador de los que se utilizan normalmente para alimentar los circuitos electrónicos, también mediremos la frecuencia de la misma señal. Los pasos a seguir son los siguientes:

1.-Encienda el osciloscopio.

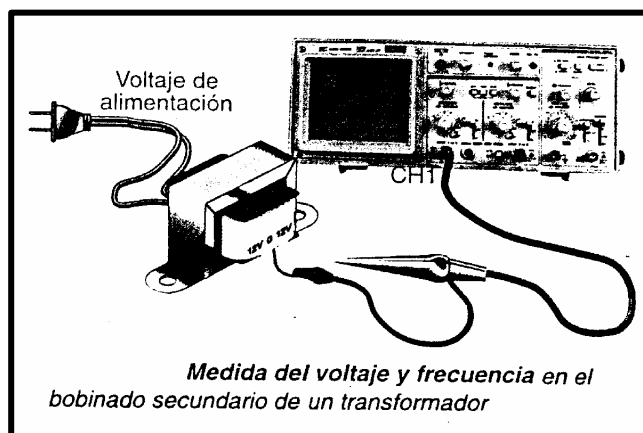
2.-Seleccione en la sección de disparo o trigger los controles de la siguiente manera: **MODE (AUTO)**, **SLOPE (+)**, **COUPLING (AC)** y **SOURCE (CH1)**. Esto quiere decir modo automático, pendiente positiva, acoplamiento AC y fuente interna.

3.-Sitúe el selector de entrada momentáneamente en la posición **GND** y ajuste los controles de posición vertical y horizontal para que el trazo quede centrado en la pantalla, así como los controles de intensidad y de foco para que la línea se pueda observar de una forma clara.

4.-Ajuste el atenuador vertical en 5 (**VOLTS/DIV**) y asegúrese de que la perilla de calibración esté completamente a la derecha.

5.-Calibre el selector de base de tiempo (**TIME/DIV**) en la posición de 5 mS (milisegundos).

6.-Conecte los terminales de la punta de prueba en el secundario del transformador. En este momento, debe aparecer una imagen en la pantalla correspondiente a una onda senoidal que es la que entrega el transformador.



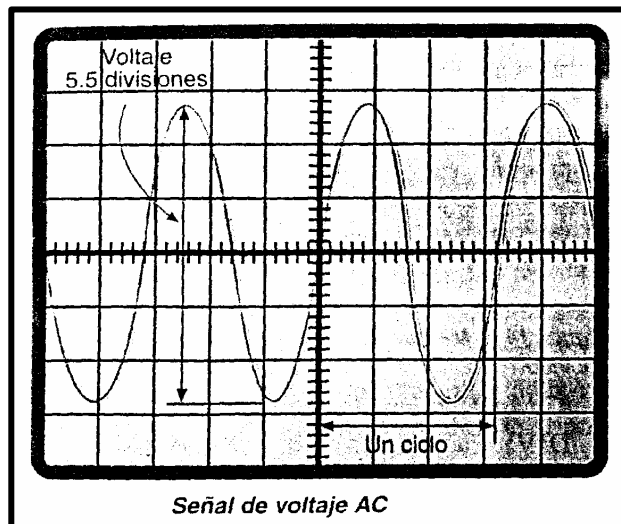
7.-Para medir el voltaje, observe cuantos cuadros hay entre los dos peak de la señal. En este caso, tenemos 5,5 cuadros, o sea 5 cuadros y dos rayas y media; por tanto, como la perilla está en 5 VOLTS/DIV, el voltaje que tenemos es de $5,5 \times 5 = 27,5$ Vpp. Aplicando la fórmula $V_{pp} / 1.44 = V_{rms}$, obtenemos el voltaje RMS o eficaz, que es el que se utiliza normalmente.

b)Medida de la frecuencia.-

Ahora, para medir la frecuencia, determinamos el período de cada ciclo el cual se mide en el eje horizontal de la pantalla. Primero, debemos centrar la señal verticalmente, de tal forma que la parte superior sea igual a la parte inferior de la onda. Ahora, posicionamos el inicio de un ciclo en el punto en donde se cortan o encuentran una línea vertical y el eje

horizontal, y después medimos los cuadros y divisiones a la derecha en el sitio donde termina el ciclo.

$$F = \frac{1000}{3,2 \text{ Div} \times 5 \text{ ms.}} = 62,5 \text{ Hz.}$$

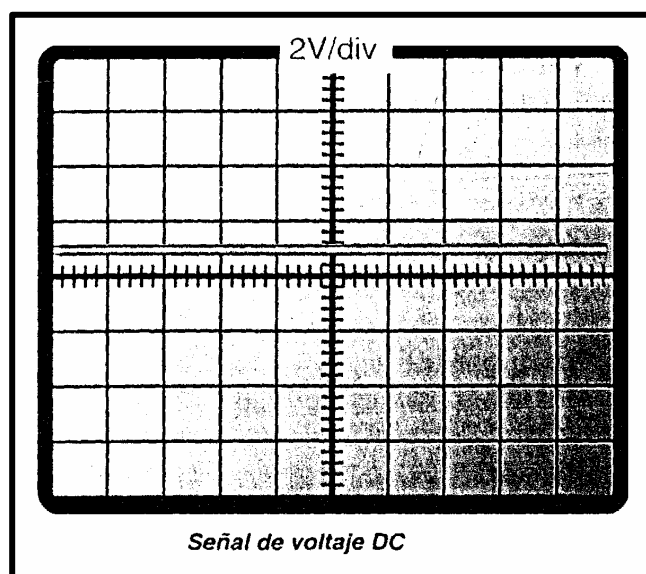


Este valor lo multiplicamos por el número en mS o μ S en el cual esté la perilla de TIME/DIV, en este caso está en 5 mS, por lo tanto, el valor medido es de 3,2 divisiones dando un período de 16 mS. Dado que la frecuencia es el inverso del período, obtenemos un valor cercano a 50, que es bastante aproximado al valor de 50 Hz de nuestra red de corriente alterna.

c)Medición de voltajes continuos (DC).-

Un osciloscopio se puede utilizar para medir voltajes DC fijos y variables, para ello se sitúa el selector de modo de acoplamiento de entrada en la posición DC y el selector de sensibilidad vertical en la escala apropiada. Como regla general comience con la escala más alta posible e incremente la sensibilidad después de aplicar la señal. Esto evita que el trazo salte fuera de la pantalla al comenzar la medición.

Inicialmente, consideraremos la medición del nivel DC mostrado en la figura siguiente.

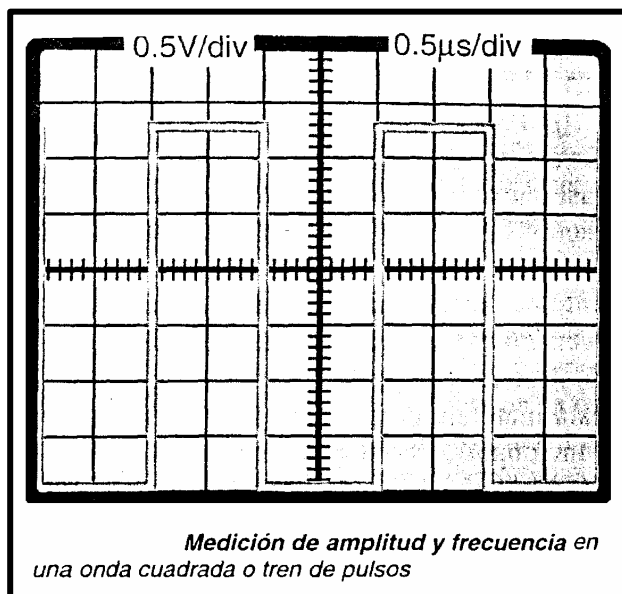


Se asume que el trazo horizontal de referencia ha sido ajustado de modo que coincida con la línea inferior de la pantalla y el control de sensibilidad está en la posición 1V/DIV. Asegúrese que los controles variables de VOLTS/DIV y TIME/DIV estén en sus posiciones de calibración (CAL). Si es necesario, ajuste el control de posición horizontal y los controles de intensidad, enfoque, rotación y velocidad de barrido del haz de modo que el nivel DC aparezca bien definido y alineado con la retícula. También asegúrese que los selectores de modo de disparo, modo de acoplamiento y fuente de disparo estén en la posición AUTO, AC e INT, respectivamente. El selector de pendiente de disparo puede estar en + o -. El selector de atenuación de la punta de prueba debe estar en la posición X1.

Con el control de modo de operación vertical en la posición CH1 o CH2 (dependiendo del canal utilizado), y el selector de modo de acoplamiento de entrada en la posición DC, cuente el número de cuadros verticales que existen desde el nivel DC hasta la línea de referencia y multiplique esta cifra por el número de volts por división. En nuestro caso, estos valores son 4,5 divisiones y 2V/div, respectivamente. Por tanto, la magnitud del voltaje DC es $4,5 \times 2 = 9 \text{ V}$.

d) Medición de amplitud, período y frecuencia de un tren de pulsos.-

Como segundo ejemplo, consideraremos la medición de la amplitud, el período y la frecuencia del tren de pulsos DC mostrado en la siguiente figura.



Nuevamente se asume que el trazo de referencia corresponde a la línea inferior. Para medir la amplitud, cuente el número de cuadros verticales existentes entre el techo de la onda y la línea de referencia, y multiplique esta cifra por el número de volts por división correspondiente.

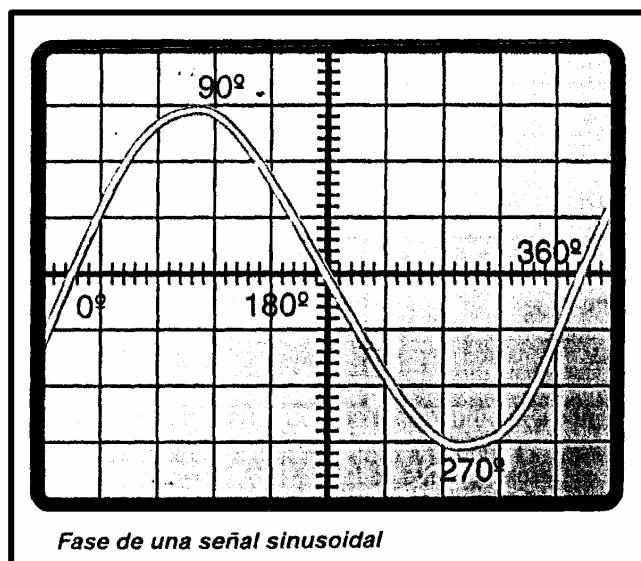
En nuestro caso, estos valores son 6,6 divisiones y 0,5V/DIV, respectivamente. Por lo tanto, la amplitud de la señal es $6,6 \times 0,5 = 3,3 \text{ V}$.

Para medir el período, cuente el número de cuadros horizontales ocupados por un ciclo y multiplique esta cifra por el número de segundos por división. En nuestro caso, estos

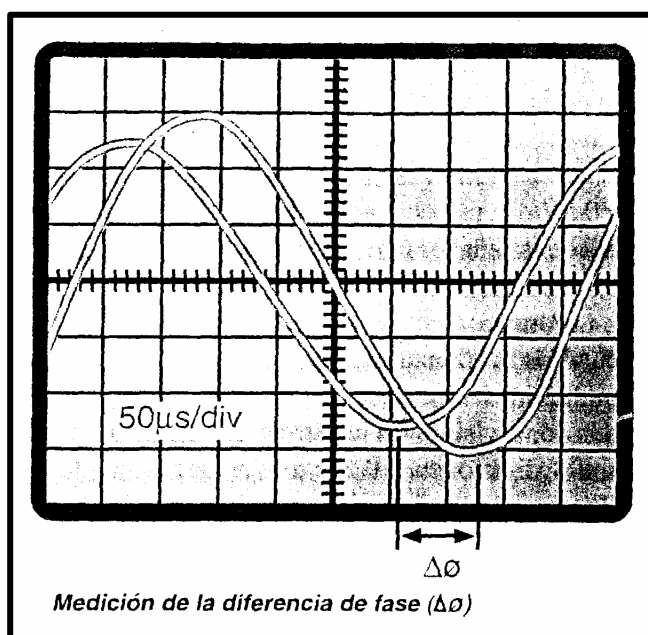
valores son 4 divisiones y $0,5 \mu\text{S}/\text{div}$, respectivamente. Por lo tanto, el período de la señal es $4 \times 0,5 = 2\text{mS}$ y su frecuencia es $F = 1000000 / T = 1000000/2 = 500000 \text{ Hz}$ ó 500kHz .

e)Medición de diferencias de fase.-

En una forma de onda AC, la fase es el tiempo, medido en grados, transcurrido desde la iniciación del ciclo hasta cualquier punto de la onda. De este modo, un ciclo o período corresponde a 360° , medio ciclo a 180° , un cuarto de ciclo a 90° y así sucesivamente.



También es posible definir el desplazamiento o diferencia de fase entre dos señales de la misma frecuencia midiendo el tiempo, en grados, que separa los mismos puntos de las dos formas de onda. Para ilustrar la forma de medir diferencias de fase, consideremos las señales mostradas en la siguiente figura.



Se asume que los controles de nivel de disparo y de velocidad de barrido han sido adecuadamente ajustados para obtener una visualización estable. Proceda así:

1.-Mida el periodo de cualquiera de las señales (T) en la forma usual, contando el número de divisiones horizontales ocupados por un ciclo y multiplicándolo por el número de segundos por división. En nuestro caso, estos valores son 9 divisiones y 50μS/div. Por tanto, el período es $T = 9 \times 50 = 450\mu S$.

2.-Mida la diferencia de tiempo (ΔT) entre las crestas de las dos señales contando el número de divisiones horizontales entre ellas y multiplicando el resultado por el número de segundos por división. En nuestro caso, estos valores son 1,4 divisiones y 50μS/div. Por tanto, la diferencia de tiempo es $\Delta T = 1,4 \times 50 = 70\mu S$.

3.-Calcule el desplazamiento de fase ($\Delta\phi$) entre las dos señales dividiendo la diferencia de tiempo (ΔT) entre el período (T) y multiplicando el resultado por 360°. Esto es,

$$\Delta\phi = (\Delta T / T) \times 360,$$

$$\text{donde } \Delta\phi = (70 / 450) \times 360 = 56^\circ$$

Por lo tanto, la señal A está adelantada 56° con respecto a la señal B o, lo que es lo mismo, la señal B está retrasada 56° con respecto a la señal A.