CURSO: ELECTRÓNICA BÁSICA

UNIDAD 3: OSCILADORES - TEORÍA

PROFESOR: JORGE ANTONIO POLANÍA

INTRODUCCIÓN

Muy a menudo dispositivos electrónicos tales como receptores, transmisores y una gran variedad de aparatos electrónicos de laboratorio deben generar una señal senoidal a una frecuencia determinada. Para obtener estas señales se construye un oscilador, que tiene como fin convertir la energía de una fuente de voltaje de corriente continua en una salida de corriente alterna, utiliza un amplificador con realimentación positiva.

CRITERIO DE BARKHAUSEN

A continuación se tiene un circuito o sistema con realimentación positiva, que corresponde a que parte de la salida se reinyecte a la entrada en fase en un factor β.

vo = v*A,   como v = vi + β vo, entonces,

vo = (vi + β vo) * A, vo = A vi + A β vo

vo - A β vo = A vi,   factorizando,   vo (1 - A β) = A vi

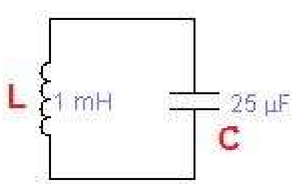
Para que haya salida, o sea, vo sin que haya entrada, vi = 0, se requiere que,

vo (1 - Aβ) = 0,   o sea, 1 - A β = 0, por tanto, A β = 0

Este criterio es el criterio de oscilación y se conoce como criterio de Barkhausen para osciladores senoidales.

1. OSCILADORES LC

Los osciladores LC tienen como elementos básicos de realimentación una bobina y un condensador conectados en forma de tanque, esto es, conexión paralela. Este circuito produce una oscilación cuando la reactancia inductiva es igual a la reactancia capacitiva. XL = XC



$$2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C},\quad entonces,\ (2\pi)^2 f^2 LC = 1$$

Despejando

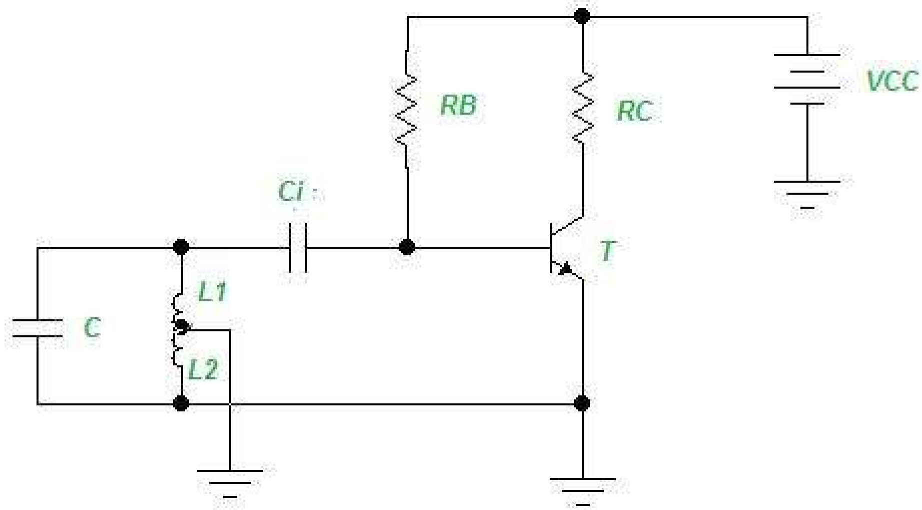
$$\boxed{f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

Para L = 1 mH, C = 25 uF, f = 1000 Hz

Dentro de los osciladores LC más conocidos se tiene el Hartley y el Colpitts

A) OSCILADOR HARTLEY

En el oscilador Hartley el circuito de realimentación LC la bobina está dividida en dos partes: L1 y L2 como se indica en la figura.



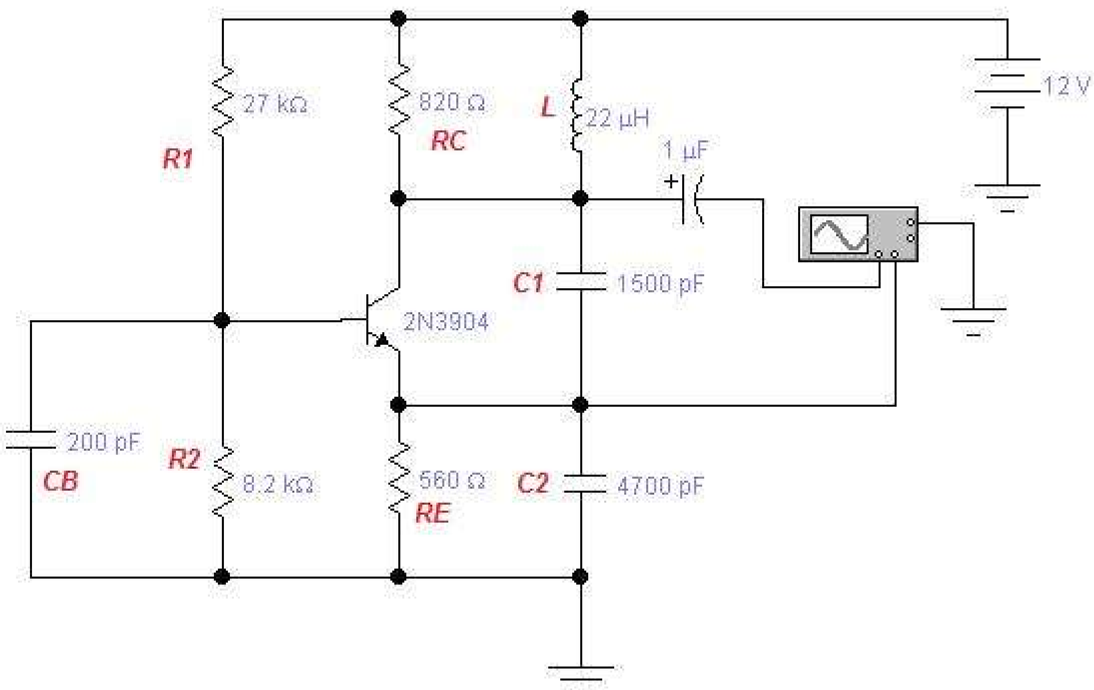
La frecuencia de oscilación es:

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

Para que se cumpla que se cumpla el criterio de Barkhausen se requiere que el transistor tenga: hFE > L1/L2

B) OSCILADOR COLPITTS

Usa también el circuito tanque como circuito de oscilación con la diferencia que se tiene un sola bobina y dos condensadores como se muestra en la figura. Son utilizados para generar alta frecuencia.



$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Donde

$$C = \frac{C1C2}{C1+C2}$$

EJEMPLO 1

Frecuencia de oscilación:

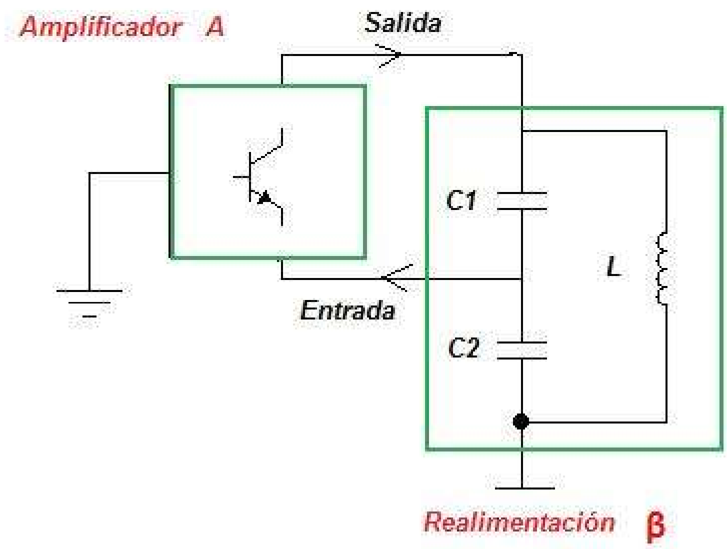
Si C1=1500pF, C2=4700pF, L=22uH, la frecuencia de oscilación es,

C=C1C2/(C1+C2) = 1500*4700/(1500+4700) = 1137pF

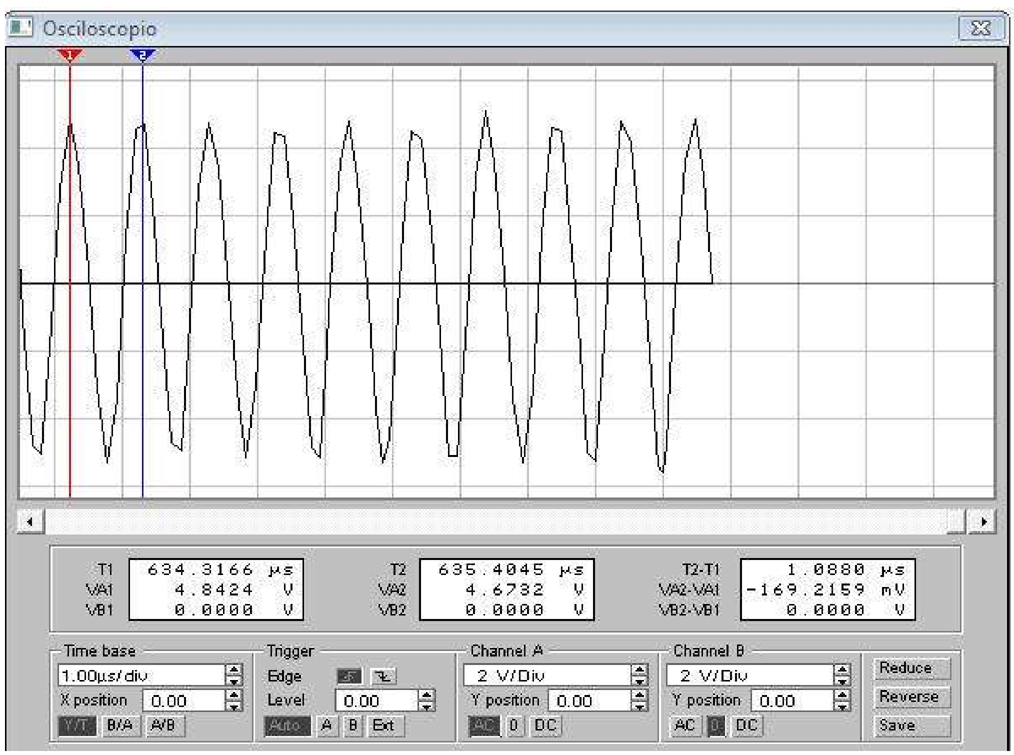
f=1 / (2*3.14*(22*10^-6*1137*10^-12)^0.5)

La respuesta es f = 1.006.302 , entonces, la f ≈ 1MHz

NOTA: El transistor [2N3904]() tiene una frecuencia de corte máxima de fT = 300 Mhz



El circuito simulado en Workbench dio la figura siguiente en donde se demuestra que el periodo de la señal de salida T2-T1 = 1 us, o sea, una frecuencia de 1 MHz.



Cálculo de CB:

Para que el amplificador quede en base común es necesario poner un condensador en la base del transistor para que sea aproximadamente un corto circuito a la frecuencia de operación. Se calcula de tal forma que la reactancia capacitiva sea por lo menos 10 veces menor a la RB = 8.2K = 8200 Ω

XCB = RB/10= 8200/10 = 820Ω, f = 1 MHz

820 = 1/(2*pi*f*CB), despejando CB

CB = 1/(2*3.14*1.0*10^6*820) = 1900*10^-12 = 190 pF

Se ha colocado un CB = 200 pF

Ganancia del amplificador:

vi ≈ vo*Xc2/(Xc1+Xc2)   divisor de tensión

Xc1=1/(2*π*f*C1)=1/(2*3.14*10^6*1500*10^-12)=110 Ω

Xc2=1/(2*π*f*C2)=1/(2*3.14*10^6*4700*10^-12)=34 Ω

vi = vo*34/(110+34), A=vo/vi = 144/34 = 4.2

Factor de realimentación β:

β = C1/(C1+C2) = 1500/(1500+4700) = 0.24

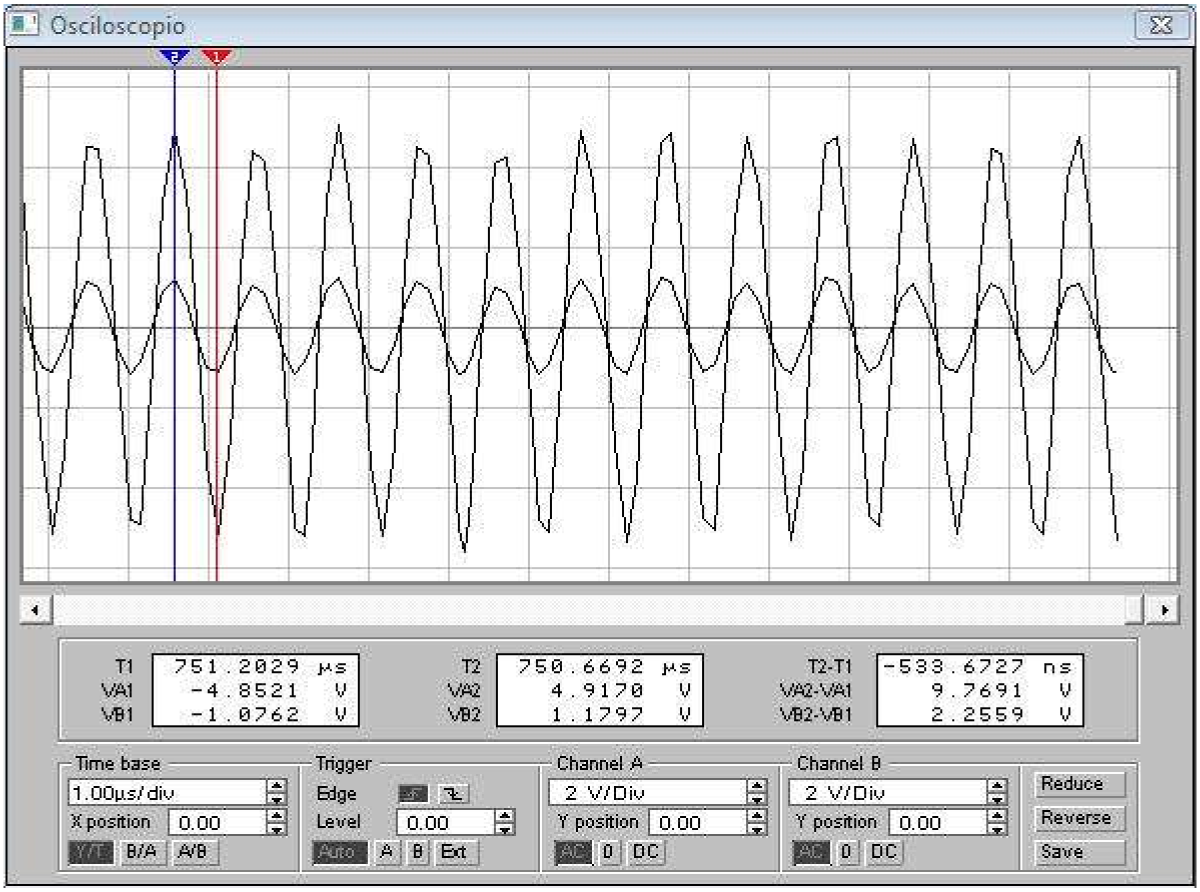
Criterio de Barkhausen:

Aβ = 1, entonces, Aβ = 4.2*0.24=1.008≈ 1

Para simular el circuito se ha colocado un osciloscopio para mostrar la salida (colector) y la entrada en el colector (emisor), es una configuración base común. Se observa en la figura de abajo que las dos señales están en fase por lo que hay una realimentación positiva.

La salida pico a pico dada por el simulador VA2-VA1=9.77V y la entrada pico a pico de VB2-VB1=2.26.

A = Vopp/Vipp = 9.77/2.26 = 4.32



DISEÑO DE LA BOBINA

El valor de la inductancia de una bobina depende de su diámetro, de su longitud y de la permeabilidad del núcleo. Si el núcleo es de aire la permeabilidad es 1 si es ferrita es de 10. La inductancia se define mediante la fórmula:

$$L = \frac{0.001 N^2 D^2}{l}$$

donde,

L es la inductancia en uH

N es el número de vueltas

D es el diámetro de la bobina

l es la longitud de la bobina.

Por ejemplo, si se quiere diseñar una bobina de 22 uH, con calibre #22, diámetro de la bobina de 10 mm, largo de 30 mm, núcleo de aire,

22 = 0.001*N^2*10^2/30,   despejando N=81

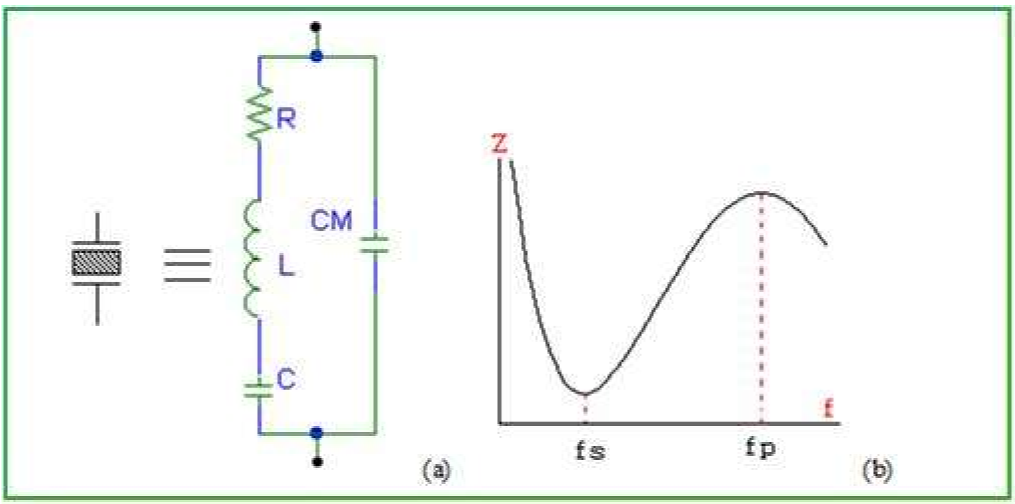
2. OSCILADOR A CRISTAL

Si un oscilador va a funcionar con una frecuencia única, puede conseguirse una estabilidad excepcional utilizando cristales piezoeléctricos. Estos cristales que a menudo se fabrican de cuarzo, se deforman cuando se aplica una tensión entre las caras opuestas (acortándose, alargándose o flexionándose). El fenómeno es inverso, de modo que si se aplican fuerzas mecánicas entre sus caras, aparecen cargas eléctricas en ellas. El fenómeno es conocido como “efecto piezoeléctrico”.

El cristal piezoeléctrico es un verdadero “transductor” electromecánico, por cuanto transforma energía mecánica a eléctrica y viceversa. En acústica (electroacústica y ultrasonido) se aprovechan estos cristales como transductores Por su eficacia en este aspecto, se prefieren en tal función los cristales de sal de Rochela, y los de titanio de bario.

Los cristales de cuarzo utilizados actualmente con fines de estabilización de los osciladores empleados en recepción y transmisión, cubren la amplia gama de frecuencias desde aproximadamente 1khz a 150 Mhz. El límite inferior está determinado por el máximo tamaño con que se encuentran en la naturaleza los cristales de cuarzo. El límite superior queda establecido por las dificultades tecnológicas que presenta el corte de placas de muy poco espesor.

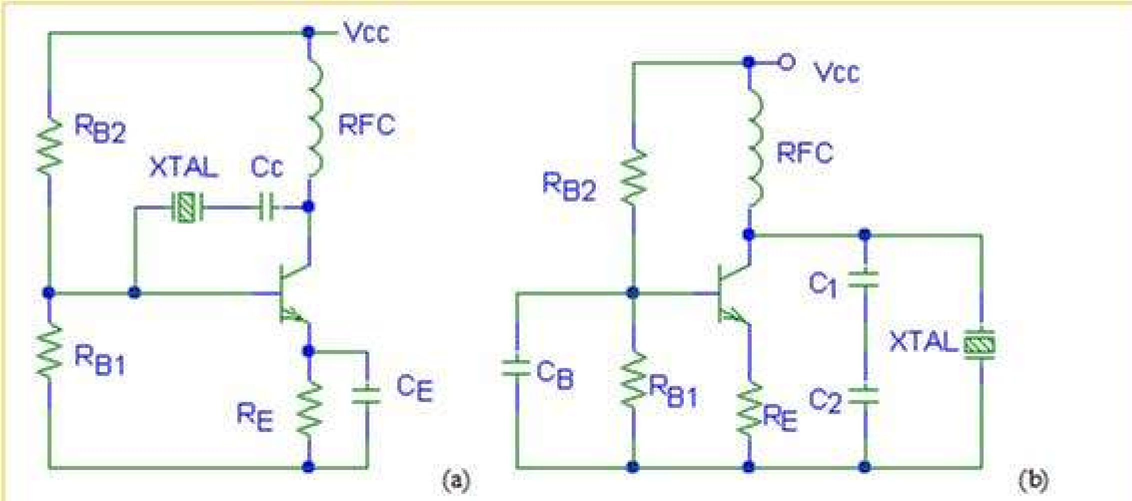
Aunque el cristal tiene resonancia electromecánica, se puede representar la acción del cristal por un circuito resonante equivalente como se muestra en la fig. (a). La bobina y el condensador C representan equivalentes eléctricos de la masa del cristal y de la dilatación mientras la resistencia R representa la fricción contra la estructura interna. La capacidad en paralelo CM representa la capacidad debida al montaje mecánico del cristal. Como las pérdidas del cristal son pequeñas (R»0) el factor de calidad (Q) del cristal es muy alto.



La inductancia equivalente de un cristal se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Leq \approx \frac{1}{4 * \pi^2 * fo^2 * (C + CM)}$$

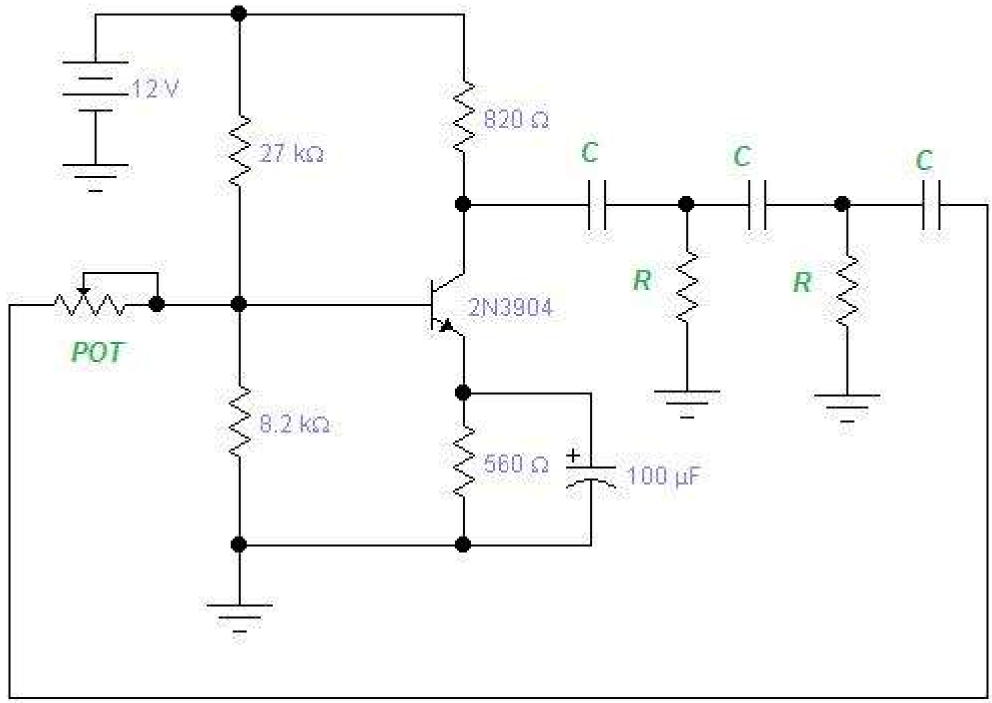
A continuación se tienen dos ejemplos de configuraciones de osciladores de cristal en resonancia serie y en resonancia paralela.



Circuito resonante serie   Circuito resonante paralelo

3. OSCILADOR RC (DESPLAZAMIENTO DE FASE)

Los osciladores discutidos en la sección anterior son importantes para la generación de señales senoidales de alta frecuencia. Para bajas frecuencias los valores de L y C resultan muy grandes. Debido a lo anterior, se utiliza el oscilador RC (o de desplazamiento de fase) para la generación de estas bajas frecuencias. Se utilizado como amplificador una configuración emisor común (salida por colector entrada por base). Esta configuración tiene una salida desfasada 180 grados respecto a su entrada, como debe haber realimentación positiva se adicionan tres redes RC de tal forma que cada una desfase la señal 60 grados para dar otros 180 grados con las redes y obtener la realimentación en fase. El circuito básico es el siguiente:



El amplificador es el mismo del oscilador anterior Colpitts. Se ha adicionado un potenciómetro a la entrada con el fin de igualar este valor y la resistencia de entrada al valor de R.

Frecuencia de oscilación:

$$f = \frac{1}{2\pi C\sqrt{6R^2 + 4R * RL}} \approx \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

Criterio de Barkhausen:

$$hfe \geq 23 + \frac{4RL}{R} + \frac{29R}{RL}$$

EJEMPLO 2:

Si R = 5 KΩ=5000 Ω, C = 0.01 uF, RL = 820 Ω, POT de 10 KΩ

En la calculadora:

Resolvemos el radical,

(6*5000^2+4*5000*820)^0.5= 12899

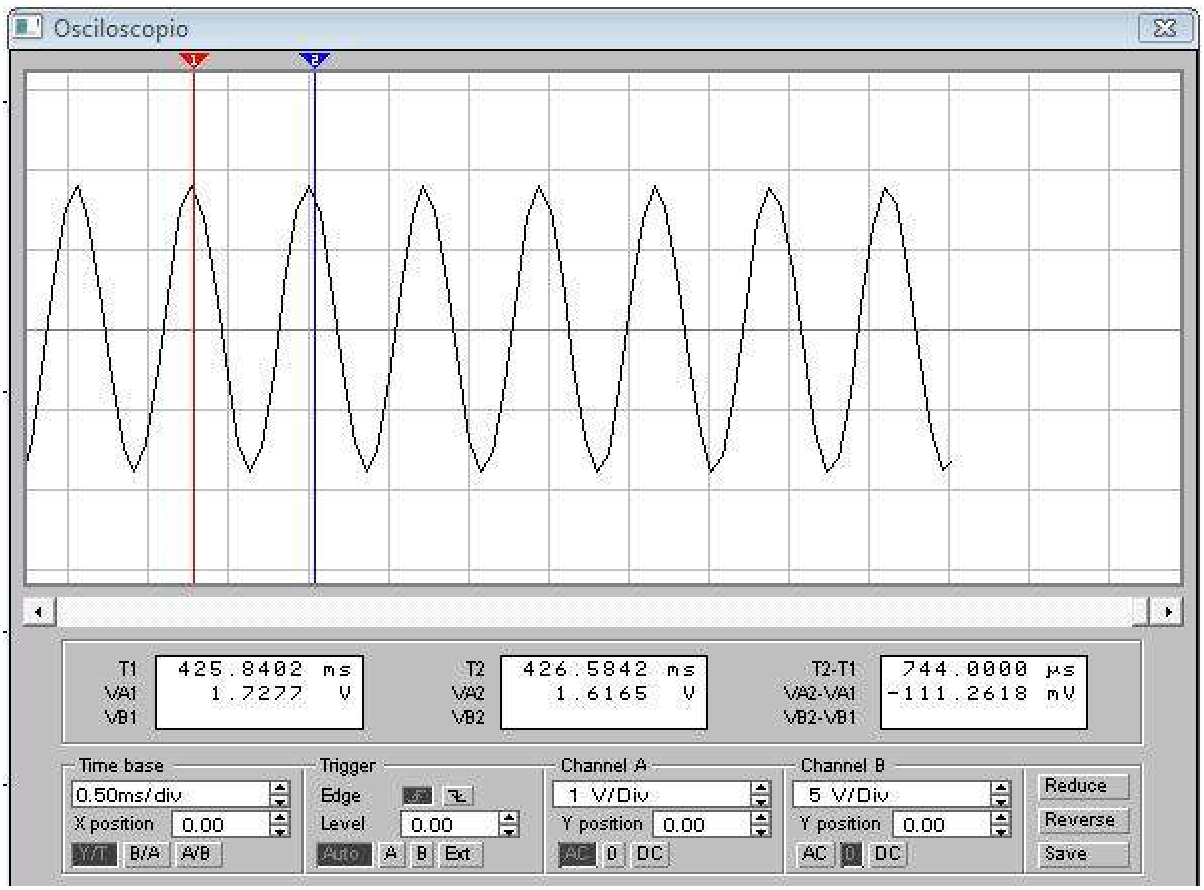
Cálculo de la frecuencia,

f=1/(2*3.14*0.01*10^-6*12899)= 1233 Hz   f=1.2 KHz

El transistor debe cumplir con hfe sea mayor a:

23+4*820/5000+29*5000/820= 200

Si se coloca un osciloscopio a la salida del colector se obtiene la siguiente señal:



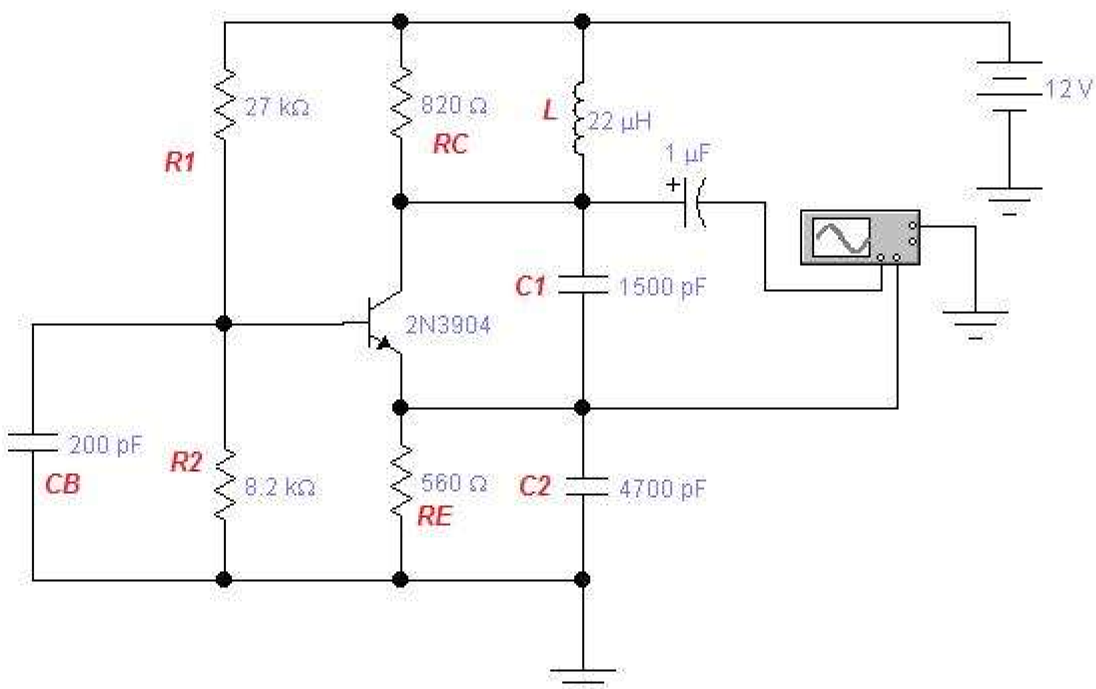
Se observa que el periodo es de T = 744 useg, o sea, una frecuencia de f = 1/ 744us = 1344 Hz =1.3 Khz

CURSO: ELECTRÓNICA BÁSICA

UNIDAD 3: OSCILADORES - SIMULACIÓN

PASO 1: OSCILADOR COLPITTS

(a) Simule en Workbench el siguiente circuito. Calcule teóricamente su frecuencia y compruébela con el simulador conectando el osciloscopio como se indica.

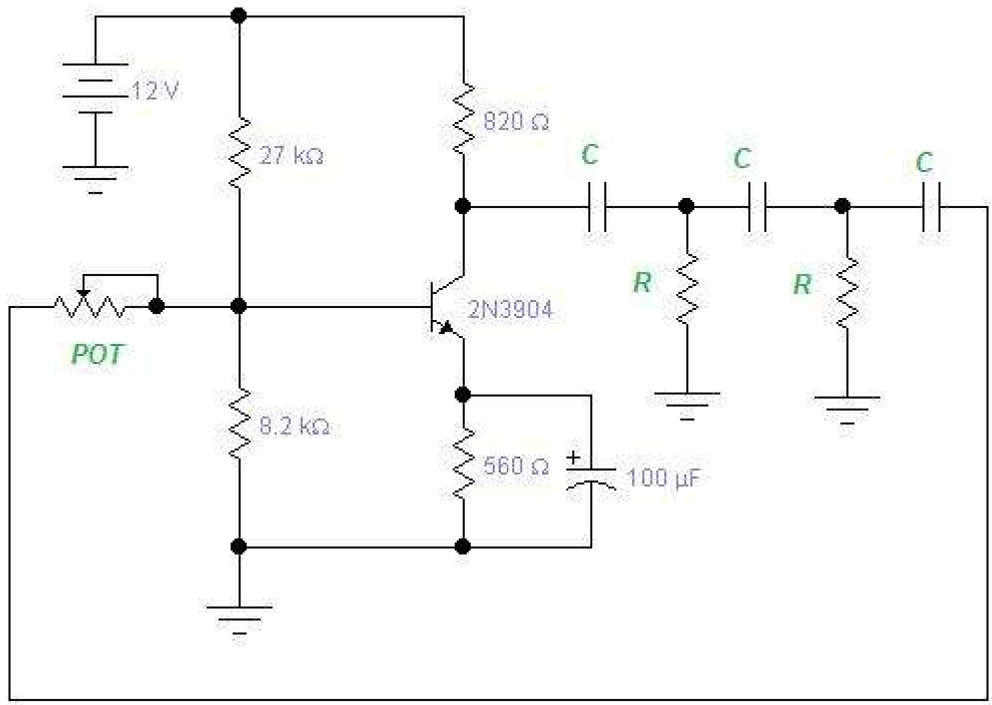


Compruebe el cumplimiento del criterio de Barkhausen.

(b) Varíe el valor de la inductancia a L=1 uH y repita el paso anterior.

PASO 2: OSCILADOR RC (DESPLAZAMIENTO DE FASE)

(a) Para el siguiente circuito calcule la frecuencia teóricamente con R=5K, C=0.01 uF, Rc=820 Ω y un potenciómetro POT=10 K. Calcule el hfe mínimo que debe tener el transistor para que se cumpla el criterio de Barkhausen.



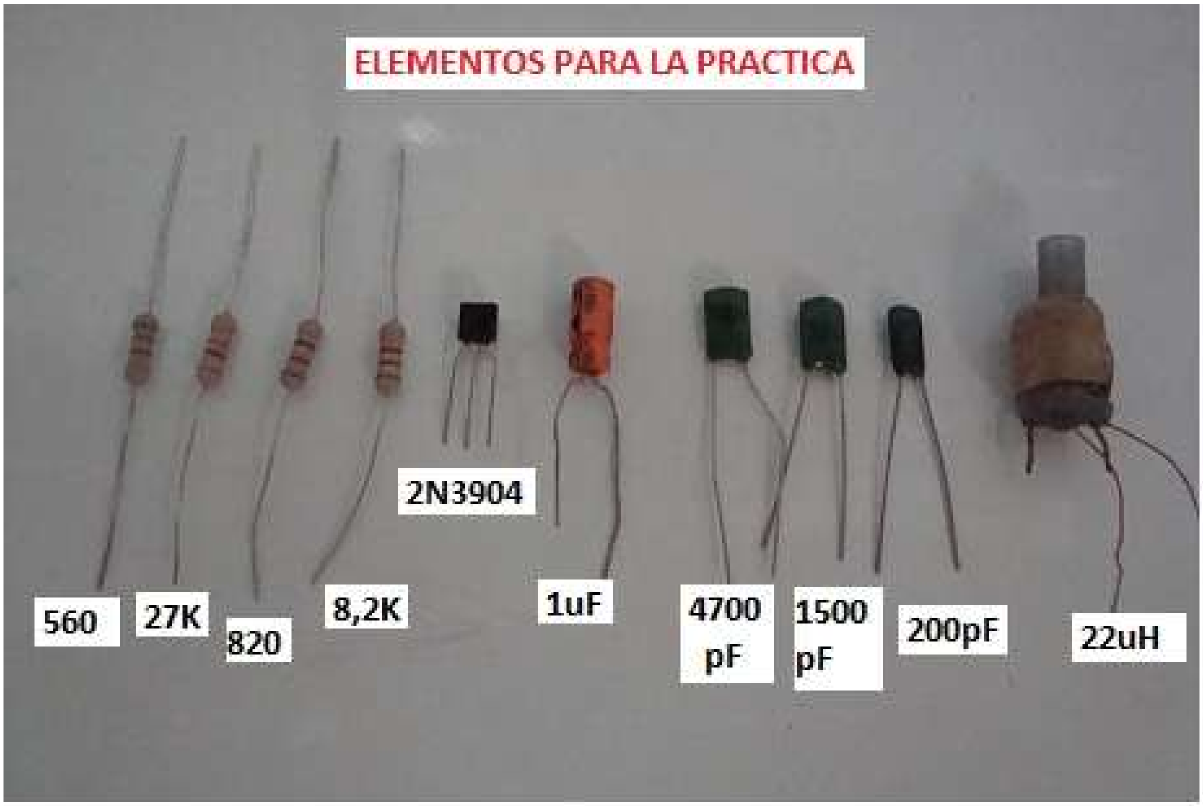
Compruebe el valor de la frecuencia de oscilación del circuito colocando un osciloscopio en el colector del transistor.

(b) Repita el paso anterior variando el valor de la resistencia de la red RC. No olvide variar el POT hasta conseguir la oscilación.

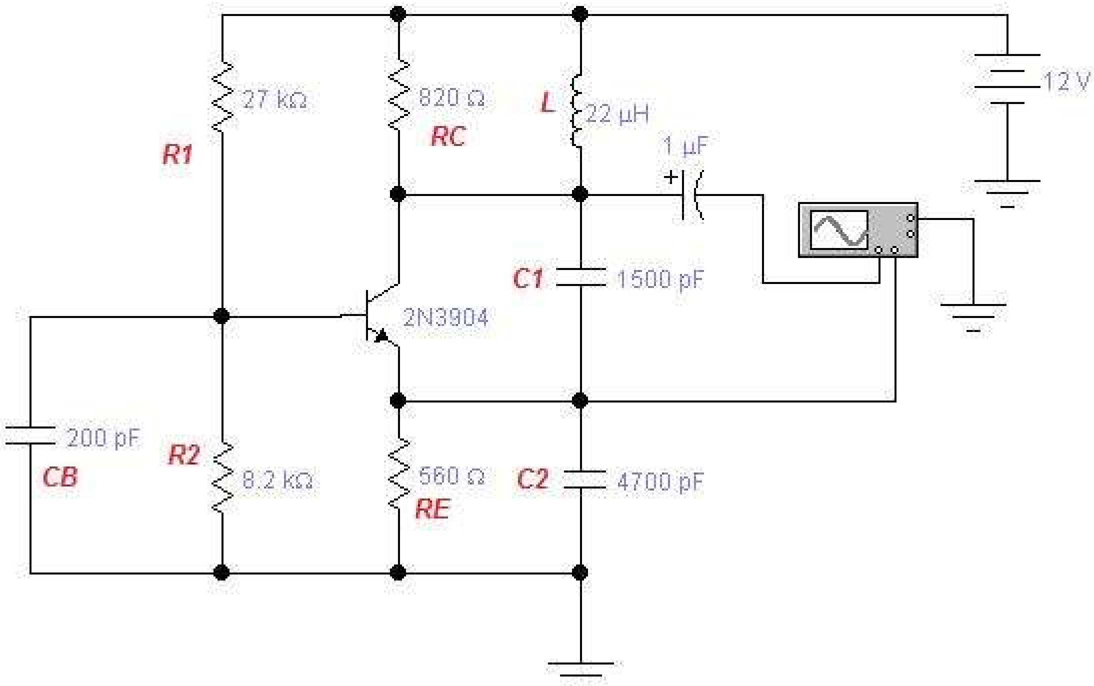
CURSO: ELECTRÓNICA BÁSICA

UNIDAD 3: OSCILADORES - LABORATORIO

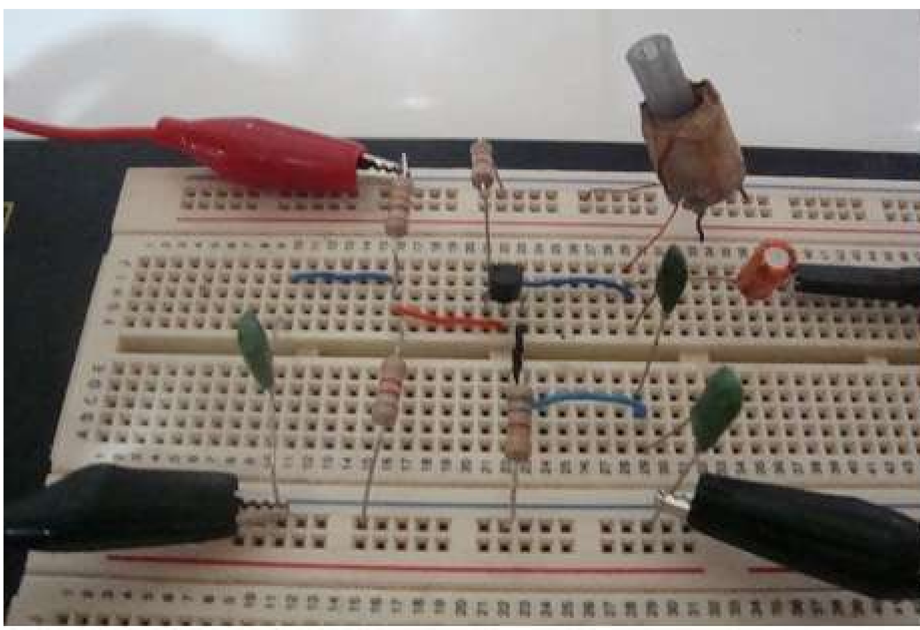
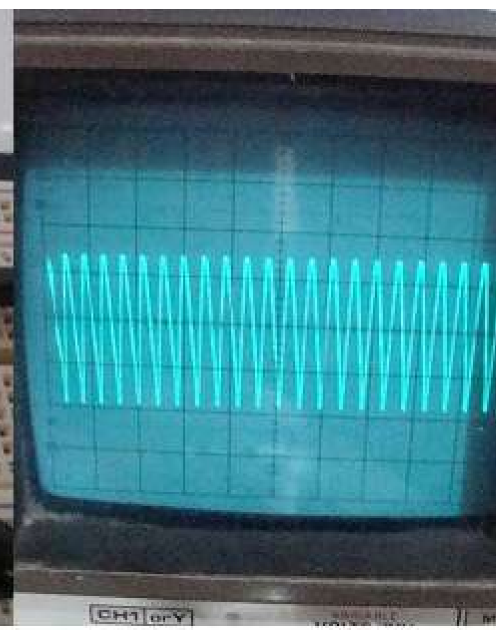
PASO 1: OSCILADOR COLPITTS



(a)Haga el montaje en el protoboard el siguiente circuito. Calcule teóricamente su frecuencia y compruébela con la medición práctica.



Este es el circuito montado y en funcionamiento

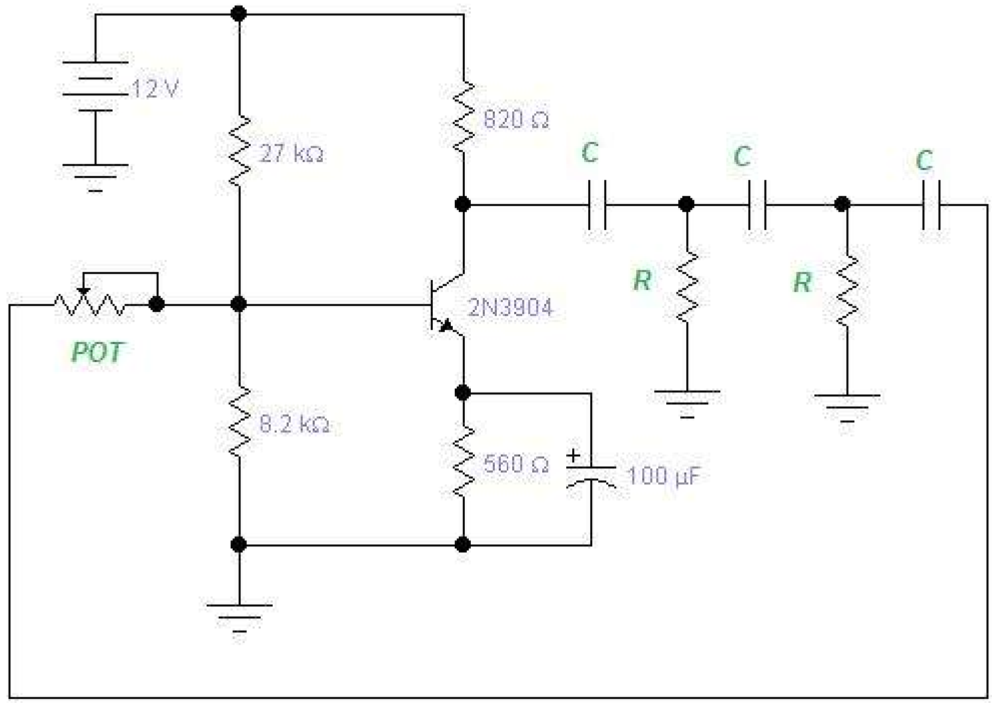



Compruebe el cumplimiento del criterio de Barkhausen.

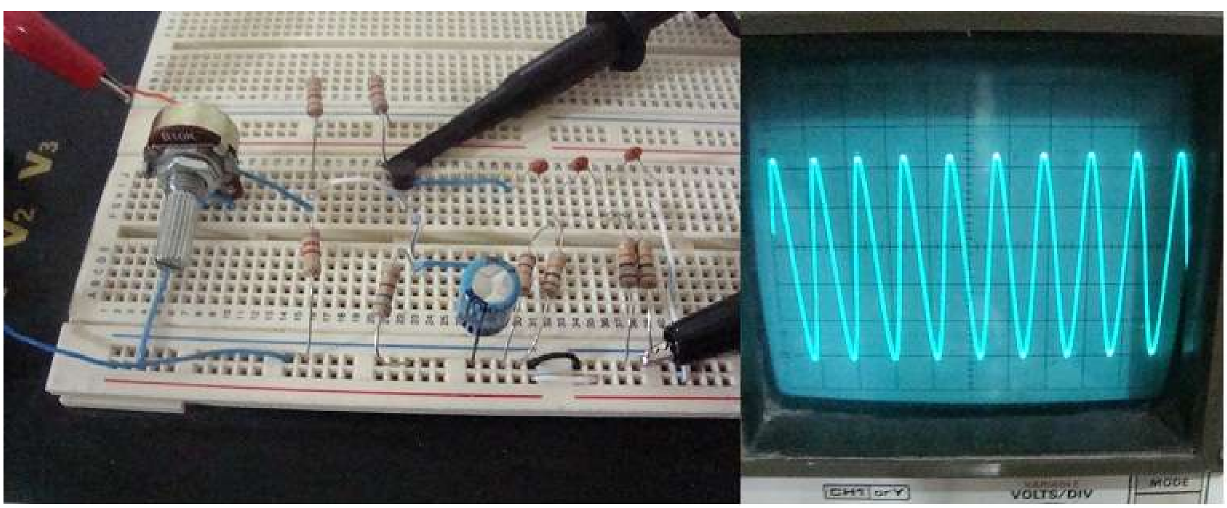
(b) Varíe el valor de la inductancia a L=1 uH y repita el paso anterior

PASO 2: OSCILADOR RC (DESPLAZAMIENTO DE FASE)

(a) Para el siguiente circuito calcule la frecuencia teóricamente con R=5K, C=0.01 uF, Rc=820 Ω y un potenciómetro POT=10 K. Calcule el hfe mínimo que debe tener el transistor para que se cumpla el criterio de Barkhausen.



Hemos usado resistores de 10k en paralelo para obtener el equivalente de 5kΩ



Compruebe el valor de la frecuencia de oscilación del circuito colocando un osciloscopio en el colector del transistor.

(b) Repita el paso anterior variando el valor de la resistencia de la red RC. No olvide variar el POT hasta conseguir la oscilación.