

Nº52: GENERADOR SINUSOIDAL DE BAJA FRECUENCIA

Juan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 16-01-09.
Sant Cugat del Vallés (Barcelona) ea3eis@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Este generador de BF que hoy se presenta, tiene un poco de historia por el hecho de haber pasado por una modificación reciente. La primera versión (05-07-00), era un diseño clásico basado en un circuito oscilador en puente de Wien (LM318), este circuito que ha sido descrito en múltiples publicaciones, es quizá el más recomendable por su sencillez y baja distorsión. Estas fueron desde buen principio, las razones principales que me indujeron a montarlo, sabiendo de antemano, que podían presentarse algunos inconvenientes como se vera más adelante.

Además del bajo nivel de distorsión, hay algunos detalles más de este generador que merecen ser destacados, incorpora un voltímetro de CA para medir el nivel de salida en Vrms de manera constante con buena precisión y también, de un atenuador por pasos que permite trabajar con señales pequeñas de valor conocido. Estas particularidades que son muy importantes en un generador de señal, ya fueron consideradas en el proyecto inicial.

Una vez realizado el primer montaje, me di cuenta en las pruebas iniciales de los inconvenientes a los que se ha hecho alusión, Partiendo de que el circuito en puente de Wien del oscilador, esta fundamentado básicamente en un amplificador realimentado mediante dos lazos de acoplamiento, uno reactivo por resistencia y capacidad variables que controla la frecuencia y otro lazo resistivo que controla y estabiliza la amplitud. Cave la consideración, de que los elementos variables que forman el lazo reactivo como son, potenciómetros en tándem y conmutador de las capacidades de los segmentos de frecuencia, deben ser de buena calidad pues de lo contrario, se originan fallos de contacto al operar dichos controles. En lo que respecta al lazo resistivo, es importante que el amplificador en cuestión, sea capaz de suministrar un nivel de potencia suficiente a la salida, con la finalidad de que esta realimentación negativa se comporte como un regulador de intensidad bien adaptado, evitando en lo posible el parpadeo de la amplitud de la oscilación al accionar cualquier mando que afecte al cambio de frecuencia.

En esta segunda versión, se ha modificado el circuito del oscilador, el potenciómetro de ajuste continuo de frecuencia, se ha utilizado uno del tipo multivuelta y se ha substituido, el dial analógico por un contador de frecuencia digital. Es evidente que estos cambios, han contribuido a mejorar las prestaciones de este generador sinusoidal de BF del cual, hago este segundo reportaje.

CARACTERÍSTICAS

Las características más destacables de este generador de BF son las siguientes:

Margen de frecuencia	: De 30 Hz a 30 KHz.
Impedancia de salida	: 50 Ohms.
Señal máxima de salida	: 3 Vrms a 50 Ohms.
Distorsión armónica	: 0,1 % estimativa.
Presentación de la frec.	: Digital (6 dígitos LCD).
Medidor de salida	: Analógico instrumento de c/m.
Atenuador	: Por pasos 3 x 20 dB y continuo.
Alimentación	: Red 220 V AC.
Dimensiones y peso	: 175x175x160 m/m y 2,5 K.

DESCRIPCIÓN

En la descripción de manera genérica, empezaremos por el oscilador en puente de Wien cuyo nombre, se debe al de un físico alemán que fue un pionero en las técnicas de HF.

Básicamente el oscilador consta de un amplificador con entrada diferencial y con dos bucles de realimentación: Positivo entre la salida y la entrada (+) no inversora y negativo entre la salida y la entrada inversora (-). El bucle positivo incorpora, una red reactiva R-C la cual, actúa como un filtro atenuador dependiente de la frecuencia, con un factor de atenuación igual a 3 con respecto a la frecuencia central de oscilación. El bucle negativo comprende, un divisor de tensión resistivo ajustable cuya misión, es la de estabilizar la amplitud o ganancia del amplificador; en esta función estabilizadora, interviene el filamento de una lamparita de incandescencia LP1 el cual, actúa como regulador de intensidad debido a su comportamiento termodinámico, a mayor intensidad mayor resistencia ohmica y en consecuencia varia el divisor de tensión bajando la ganancia y ocurriendo lo contrario, cuando disminuye la señal. Esta es la explicación de la tendencia al parpadeo en la amplitud de la señal cada vez que se varían las constantes de equilibrio del puente en el bucle reactivo R-C por ejemplo, al variar la frecuencia de forma continua o los segmentos y es que este, es uno de los inconvenientes de este tipo de circuito. La condición básica para conseguir una oscilación sinusoidal con baja distorsión, es que el bucle resistivo que controla la amplitud, quede ajustado de manera que la ganancia total del circuito amplificador, sea algo mayor que la unidad. Para más información gráfica, véase la Figura N° 1.

En el primer montaje del generador en cuestión, se utilizó como elemento activo del oscilador, un amplificador operacional (LM318) con un resultado deficiente, al variar la frecuencia el parpadeo en la amplitud de la onda senoidal era excesivo. Después de tener la oportunidad de probar con otro tipo de amplificador con un mayor nivel de potencia a la salida, he podido constatar su buen comportamiento, en la buena forma de la onda sinusoidal y también, un mínimo parpadeo aceptable al operar los mandos de cambio de frecuencia del generador.

Continuando con la descripción por partes, este generador sinusoidal de baja frecuencia, consta de los siguientes módulos: oscilador de señal, amplificador, atenuador por pasos, medidor de señal, contador de frecuencia y fuente de alimentación.

Oscilador de señal: La parte activa del nuevo oscilador en puente de Wien, está compuesta por un amplificador de BF de tres etapas con acoplamiento directo colector-base por este orden: Q1, Q2 (BC549) NPN y Q3 (BC140) NPN como elemento final de potencia. El lazo reactivo R-C, parte de la base de Q1 hacia los emisores de Q2 y Q3 mediante redes R-C en paralelo y serie respectivamente; recuérdese que este lazo reactivo, forma un filtro paso de banda variable accionado manualmente a partir de los mandos de frecuencia del generador, permitiendo el paso de la frecuencia central útil y eliminando al máximo, las frecuencias adyacentes no deseadas. El lazo resistivo, parte del emisor de Q1 hacia el emisor de Q3 y está formado por dos divisores de tensión, el de emisor de Q1 compuesto por una resistencia de 1 K en serie con la lamparita LP1 la cual, actúa como estabilizador de intensidad por su condición termodinámica y otro divisor sobre el emisor de Q3, potenciómetro de ajuste RV3 de 100 Ohms y resistencia de 390 Ohms en serie, ambos divisores quedan interconectados por un condensador de 2200 uF; el potenciómetro RV3, es el ajuste de amplitud y buena forma de onda. El ajuste continuo de frecuencia por segmento relación 1:10, corre a cargo de dos potenciómetros multivuelta de 10 K bobinados RV1 y RV2 en tándem, debo insistir que este potenciómetro II es fundamental en este tipo de osciladores, el problema es conseguirlos, yo lo he podido solucionar con dos unidades acopladas por los ejes de accionamiento mediante dos engranajes idénticos. El cambio de segmentos de frecuencia: de 30 a 300 Hz, 300 Hz a 3 KHz y 3 KHz a 30 KHz, por selector S1 de 3 posiciones 2 circuitos Freq Hz de buena calidad y condensadores de poliéster de 470 nF, 47 nF y 4,7 nF dispuestos en serie y paralelo con los potenciómetros de 10 K. La salida de señal por colector de Q3 con una amplitud de 6Vpp después de ajustar RV3, se hace mediante condensadores de 22 uF y 470 nF hacia el

amplificador y contador de frecuencia de manera respectiva; en serie con ambos condensadores de paso, se han dispuesto resistencias de 2,2 K como elementos de separación. La alimentación de dicho oscilador de señal, es a +24 V regulados con un consumo de 32 mA. El comportamiento de este oscilador, ha sido aceptable en términos de amplitud de señal, buena forma de onda y un mínimo parpadeo. Para esquema eléctrico, ver la Figura N°2.

Amplificador: El amplificador precedido por un potenciómetro de 10 K como elemento de ajuste continuo de la señal Level situado este en el panel frontal, consiste en un operacional U1 (LM318) como amplificador no inversor y posteriormente a su salida y por acoplamiento directo, un amplificador final complementario compuesto por dos transistores: Q4 y Q5 (2N2219 y 2N2905) NPN y PNP respectivamente, ambos en oposición y salida por emisor. El lazo de realimentación negativa entre la salida de emisores de Q4 y Q5 y la entrada negativa de U1 formado por la resistencia R1 de 33 K y un condensador de 2,2 pF, establece la ganancia y la respuesta en frecuencia de todo el bloque. La salida de señal por emisores, se hace a través de una resistencia de 47 Ohms, con tal de asegurar una impedancia del mismo orden hacia el atenuador por pasos y voltímetro de CA. No hace falta resaltar mucho, las ventajas que aporta el disponer a la salida de potencia de un amplificador que trabaje en oposición y como seguidor, por ejemplo: la neutralización de los armónicos pares y la baja impedancia de salida. La alimentación del amplificador, a +15 V y -15 V regulados. Para esquema eléctrico y detalles, ver la Figura N°3.

Atenuador por pasos: El atenuador por pasos, es un complemento importante de este generador el cual, permite establecer de forma voluntaria unos niveles de señal a la salida de nivel bajo y conocido sin variar la impedancia. En este caso, se han dispuesto tres células atenuadoras de 20 dB en conexión “pi” seleccionables e intercaladas dentro del circuito de salida del amplificador cuya impedancia es de 50 Ohms; cada una de las células “pi”, está compuesta por una resistencia en serie con la carga de 274 Ohms y dos en paralelo de 68,1 Ohms todas de ¼ de W y tolerancia 1%; la conexión y desconexión sobre la línea de 50 Ohms, se hace mediante tres conmutadores tipo palanca de doble vía, estos quedan ubicados dentro de las celdas de una caja metálica de plancha de zinc 0,5 m/m a título de blindaje electrostático, los tabiques metálicos de separación de dichas celdas, llevan agujeros de intercomunicación entre ellas de 4 m/m y finalmente, hacia el conector BNC de salida Output con carga de 50 Ohms (100 Ohms/2), ambos dispuestos en un compartimento contiguo de la misma caja, todo el conjunto lleva una tapa de aluminio practicable mediante cuatro tornillos M3. Para esquema y detalles, ver la Figura N°3.

Medidor de señal: El medidor de señal, consiste en un voltímetro de CA analógico conectado de manera permanente a la salida del amplificador complementario. Este voltímetro, puede dar una lectura constante de 0,2 a 3 Vrms en cualquiera de las frecuencias desde 30 Hz a 30 KHz; para facilitar más las lecturas, se dispone de dos escalas seleccionables mediante un selector de 1 y 3 Vrms situado en el panel frontal del generador.

El circuito del medidor de señal ya fue descrito con anterioridad, solamente recordar que siguiendo la señal desde la entrada, consta de un condensador de bloqueo de 1 uF, un divisor de tensión resistivo de alta impedancia, seleccionable a distancia por un relé RL1 y conmutador para el cambio de escala, a continuación el amplificador operacional U2 (LM318) como seguidor adaptador de impedancia y posteriormente, un detector de precisión de CA a cargo de U3 (LM318) y a la salida del detector, el circuito presentador analógico de alta impedancia está compuesto, por un amplificador operacional dual U4a y U4b (LF353) y un instrumento de c/m de 100 uA a fondo de escala; la sensibilidad de este medidor, viene impuesta por el propio instrumento. La alimentación es a +5 y -5 V regulados por U5 (78L05) y U6 (79L05) respectivamente. Indicar que el comportamiento de este medidor de señal se puede considerar de muy bueno. Para esquema y detalles, ver la Figura N°4.

Contador de frecuencia: El contador de frecuencia controlado por PIC, es parte destacable de este generador senoidal de baja frecuencia, la señal a controlar parte de la salida del oscilador mediante condensador de bloqueo de 1 uF y se aplica a la entrada protegida por diodos D6 y D7

(1N4148) contrapuestos para el recorte de la señal e impedancia de 1 Mg del preamplificador el cual, consta de dos etapas acopladas directamente la primera Q6 (2N3819) FET N y la segunda Q7 (2N4403) PNP, esta disposición aporta una ganancia de 12 dB y el comportamiento en frecuencia es bastante plano permitiendo el paso de las frecuencias más bajas. Esta señal de amplitud adecuada, se aplica al convertidor analógico digital U7 (74HC132) cuatro puertas NAND de lógica TTL el cual, distribuye el sincronismo y muestra de señal útil para el conteo hacia las patillas 1,2 y 3 respectivamente del PIC U8 (16FC84) el cual, trabaja con una frecuencia de reloj de 4 MHz ajustable mediante trimer de 20 pF; por las patillas de salida del PIC, se transfieren todos los datos ya procesados para ser presentados en la pantalla del display LCD, añadir que con la circuiteria SMD que incorpora, hace que estos visualizadores tengan un tamaño muy reducido con unas prestaciones muy estimables; un potenciómetro de ajuste de 10 K, permite regular el contraste de la pantalla. La alimentación es a +5 V regulados por U9 (78L05). Para esquema eléctrico, ver la Figura N°5.

Fuente de alimentación: La fuente de alimentación que aporta varias tensiones reguladas, parte de dos transformadores T1 y T2 con primarios de 220 V, secundarios de 24V/ 0,1A y 15+15V/ 0,3 A, respectivamente, estas tensiones después de rectificadas y filtradas adecuadamente, son reguladas mediante U10 (7824) regulador de +24V para alimentar el oscilador de señal; U11 (7815) regulador de +15V y U12 (7915) regulador de -15V que alimenta el amplificador; U13 (7808) regulador de +8V y U14 (7908) regulador de -8V alimentan el medidor de señal y el contador de frecuencia. Los dos transformadores, quedan ubicados en una caja confeccionada con plancha de Fe de 1,5 m/m que ejerce de pantalla magnética la cual, evita la influencia del campo disperso de los dos transformadores sobre el resto de la circuiteria, sobre todo con señales muy atenuadas. La fuente de alimentación, queda protegida por un fusible de 0,3 A y en la entrada de red, tenemos un interruptor con led de control Power. Para esquema eléctrico, ver la Figura N°6.

CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Como ya se ha indicado la construcción de este generador, se ha hecho de forma modular por tratarse de un prototipo que se puede prestar a posteriores modificaciones. Los cinco módulos que se han descrito anteriormente, se han montado sobre plaquetas Repro circuit en fibra de vidrio, donde van montados todos los componentes activos y pasivos aprovechando la distribución normalizada de los agujeros en la propia plaqueta; a continuación se han ido poniendo en marcha y optimizado por separado cada uno de los módulos.

Se ha empezado por el oscilador de señal que es el más importante de todos y este, además de la plaqueta que comprende todos los componentes, incorpora los dos potenciómetros de 10K multivuelta montados en tándem con accionamiento simultáneo, para conseguir esta particularidad fue necesario, un soporte de aluminio con separadores exagonales M3 que lo hacen solidario del panel frontal, los dos potenciómetros están provistos de un engranaje en cada eje como medio de acoplamiento, el accionamiento exterior mediante botón de mando, se hace por uno de los dos ejes. Como parte complementaria del oscilador, queda el selector de segmentos de frecuencia que es un conmutador de buena calidad 3 x 2 circuitos cuyos condensadores están montados en la plaqueta, las conexiones tanto de los potenciómetros como del conmutador, se ha procurado sean lo más cortas posible con tal de evitar influencias ajenas. En el oscilador de señal solamente hay un ajuste, el potenciómetro multivuelta de 100 Ohms RV3, que permite establecer mediante un osciloscopio, la buena forma de onda y la amplitud de la señal en 6 Vpp, con un mínimo parpadeo.

En el resto de módulos, se ha seguido el mismo sistema constructivo y no hace falta añadir nada más; en cuanto a los ajustes de la puesta en marcha solamente destacar que para conseguir los 10 Vpp de nivel máximo a la salida del amplificador sobre la carga de 50 Ohms, fue necesario dejar la resistencia de realimentación R1 en 33 K, previamente se ajustó la sensibilidad y centraje del

voltímetro de CA, mediante los potenciómetros de ajuste, con una señal conocida de 1 y 3 Vrms a fondo de escala en el instrumento de c/m.

La caja es de mercado, el material plancha de aluminio pintada de color gris, con una asa en la parte superior para facilitar la utilización y el transporte; los dos transformadores de alimentación T1 y T2, quedan en la parte posterior externa de la caja, de esta manera se ha resuelto la falta de espacio y también, la posible dispersión magnética de los transformadores al dotarles de una envolvente de Fe. La sujeción de los módulos o plaquetas, por separadores M3. La interconexión de las señales entre módulos, se ha hecho con cable coaxial RG174 U de 50 Ohms. La escala del voltímetro de CA, es una reducción fotográfica de la primera versión de este instrumento analógico, puede verse una reproducción a escala 1:1 en el esquema eléctrico del medidor de señal, Figura N°4. Para más detalles constructivos y de acabado, pueden verse las Figuras N° 7 y N°8.

Hasta aquí la modificación de este instrumento, creo que ha valido la pena el esfuerzo y el tiempo invertido en ello pues al final puedo decir, que me siento satisfecho de sus prestaciones cosa que no podía decir mucho tiempo atrás. Quiero mostrar una vez más mi reconocimiento, hacia el autor del proyecto inicial: Manfred Scholl, OE1MSA, según artículo FunkAmateur, 04-04, el cual me ha servido de estímulo, para llevar a buen término uno de los montajes y esta modificación que hoy se ha presentado. Como siempre, saludos de Joan, EA3-EIS.

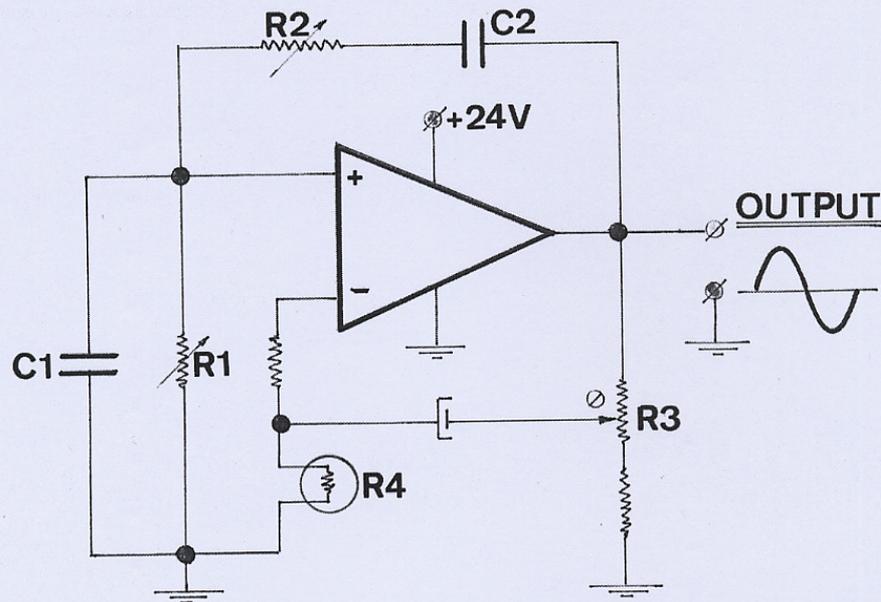


Figura N° 1: De manera genérica, el oscilador en puente de Wien es una buena solución, cuando se quiere disponer de un generador de BF senoidal y de baja distorsión. Tal como ya se ha indicado, para que se produzca la oscilación, es necesario que el giro de fase entre la salida y la entrada positiva no inversora del amplificador, sea de 0° o de 360° , además es imprescindible que los valores de los condensadores C1, C2 y de las resistencias R1, R2, que forman los brazos reactivos R-C del puente y que condicionan los segmentos de la frecuencia, sean iguales entre si. Por ejemplo, la variación de la frecuencia por décadas, se consigue seleccionando los condensadores C1 y C2, mediante selector y la variación continua de 1 a 10 para cada década, mediante los dos potenciómetros lineales en tandem, representados por las resistencias R1 y R2. Para conseguir una amplitud constante, en todo el margen de frecuencias a la salida del amplificador, tenemos el bucle resistivo R3 y R4, entre la salida del amplificador y su entrada negativa, con un factor de amplificación de 3 aproximadamente, la amplitud constante se consigue, mediante la lamparita incandescente R4, cuyo filamento de propiedades termodinámicas, actúa de regulador de intensidad, a mayor intensidad mayor resistencia ohmica y en consecuencia varia el divisor de tensión bajando la ganancia, ocurriendo lo contrario, cuando disminuye la señal. El parpadeo en la amplitud de la señal, vista en un osciloscopio, al variar las constantes R-C del puente, sigue existiendo pero de menor amplitud, si se compara con los resultados del circuito anterior cuyo elemento activo, era el amplificador operacional LM318.

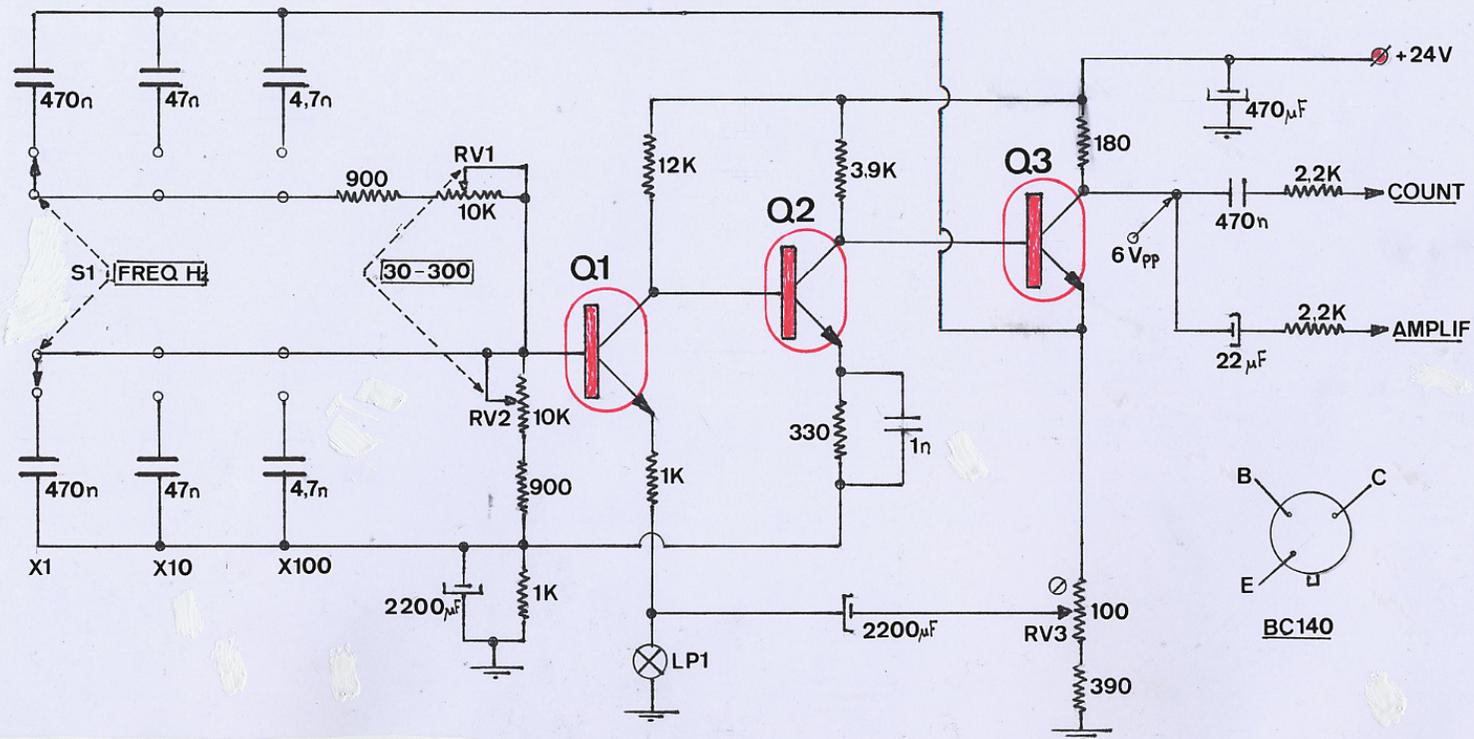


Figura N°2: Esquema eléctrico del oscilador de señal.

Q1, Q2: transistor BC549, NPN.

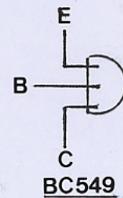
Q3: transistor BC140, NPN.

S1: selector rotativo 3 pos x 4 cir.

RV1, RV2: pot 10 K bob multi (II).

LP1: lamparita incand 6 V, 50 mA.

RV3: pot 100 Ohms multi ajuste.



**GENERADOR SENOIDAL BAJA
FRECUENCIA 30 Hz a 30 KHz
OSCILADOR DE SEÑAL**

EA3-EIS, 16-01-09.

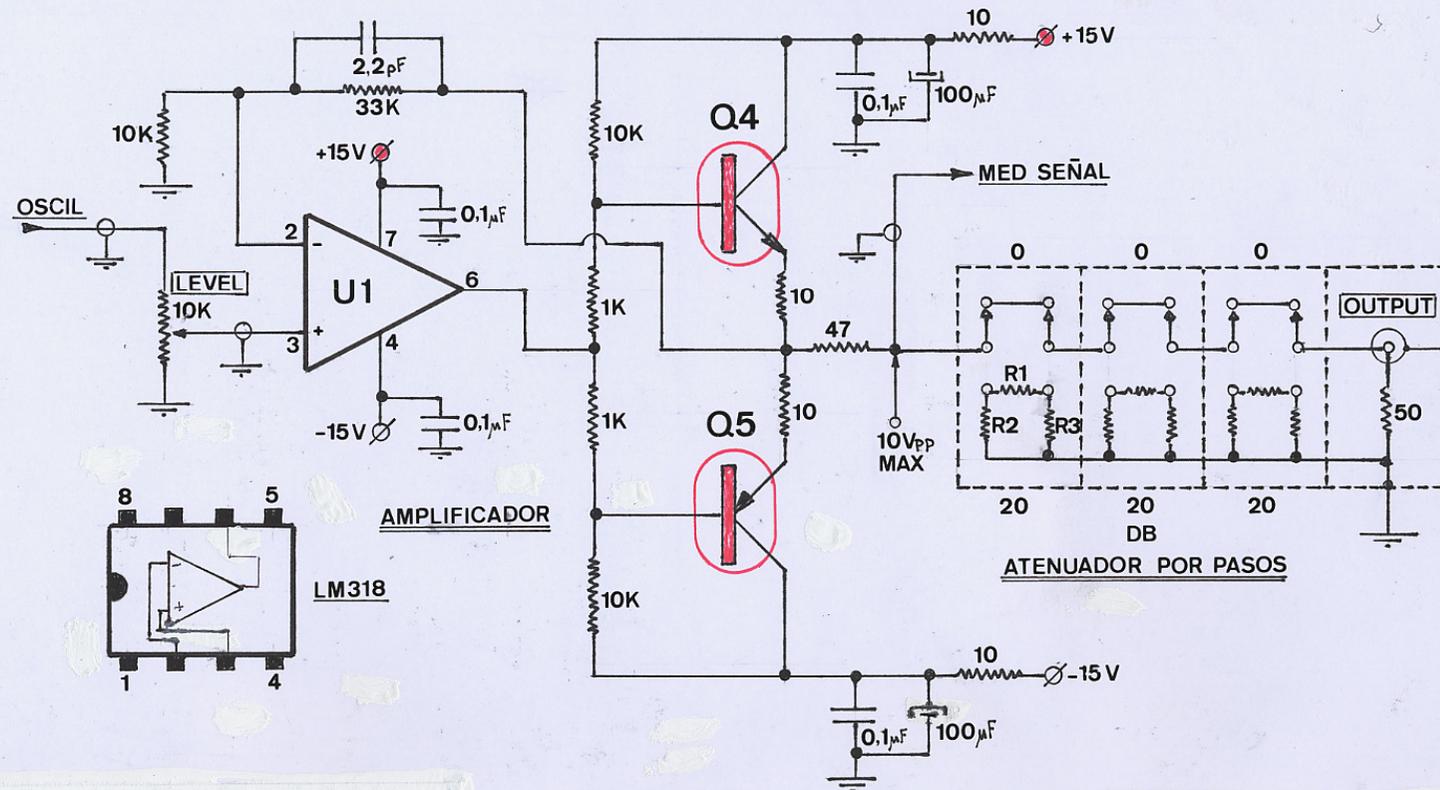
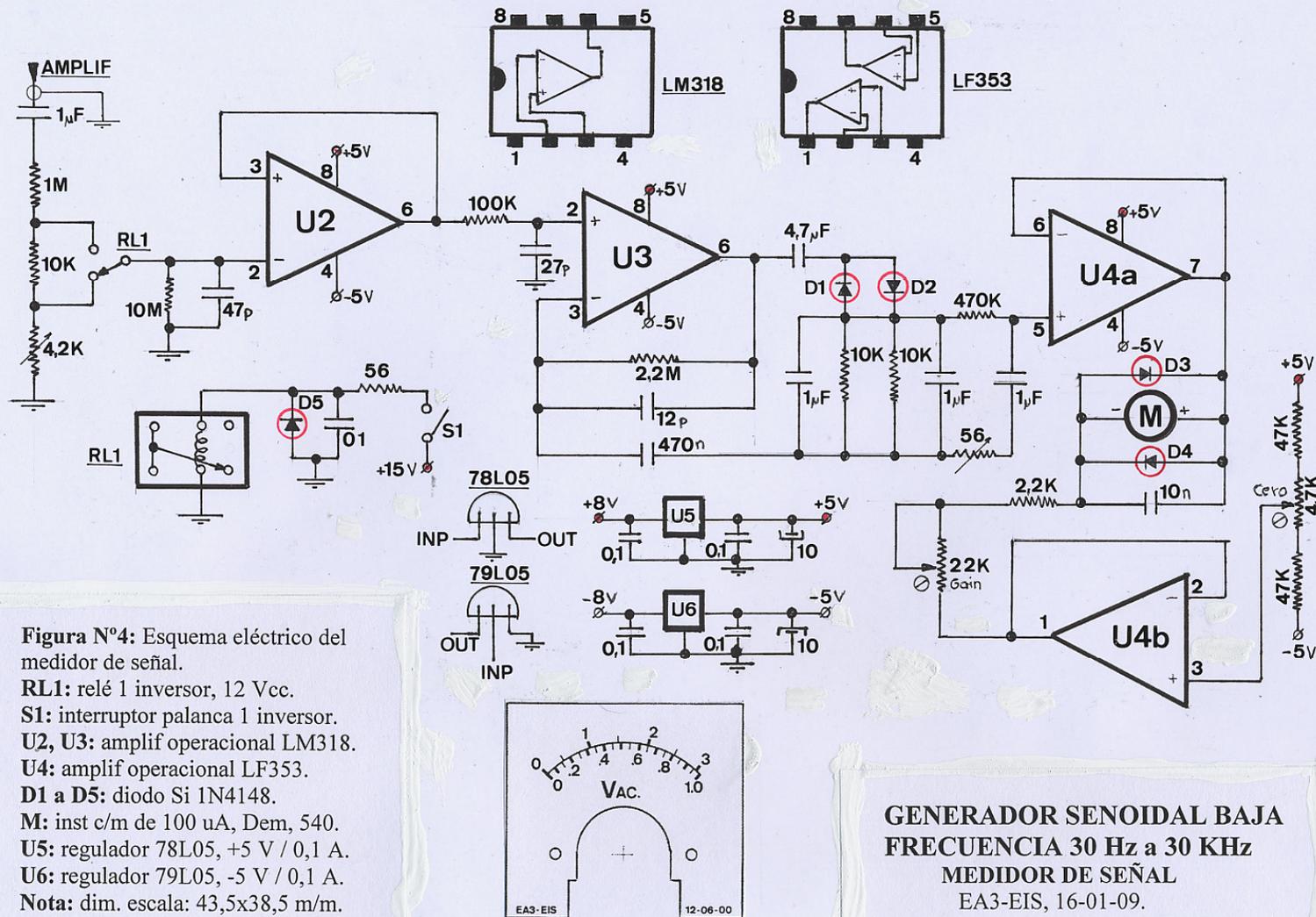


Figura N°3: Esquema eléctrico del amplificador y atenuador por pasos.
U1: amplif operacional LM318.
Q4: transistor 2N2219 A, NPN.
Q5: transistor 2N2905 A, PNP.
R1: resist 274 Ohms, ¼ W, 1 %.
R2, R3: resist 68,1 Ohms, ¼ W, 1 %.



**GENERADOR SENOIDAL BAJA
 FRECUENCIA 30 Hz a 30 KHz
 AMPLIFICADOR Y ATENUADOR
 POR PASOS**
 EA3-EIS, 16-01-09.



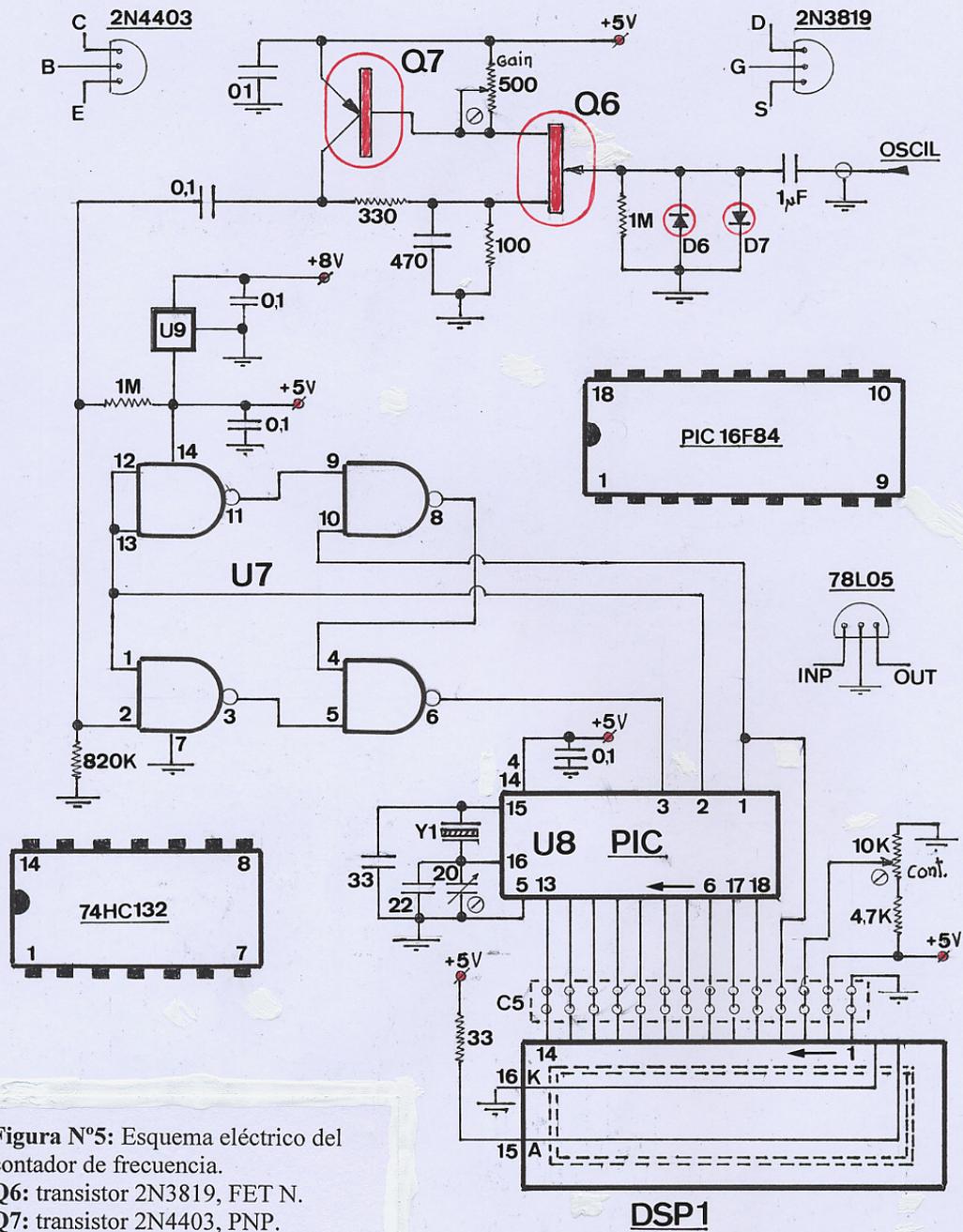


Figura N°5: Esquema eléctrico del contador de frecuencia.
Q6: transistor 2N3819, FET N.
Q7: transistor 2N4403, PNP.
U7: 74HC132, 4 puertas NAND.
U8: PIC 16F84, microcontrolador.
D6, D7: diodos Si, 1N4148.
Y1: cristal cuarzo 4 MHz.
DSP1: display LCD, PC1602L.
U9: regulador 78L05, +5V / 0,1 A.
C5: conector poste m/h, 3040/3090.

**GENERADOR SENOIDAL BAJA
 FRECUENCIA 30 Hz a 30 KHz
 CONTADOR DE FRECUENCIA
 EA3-EIS, 16-01-09.**

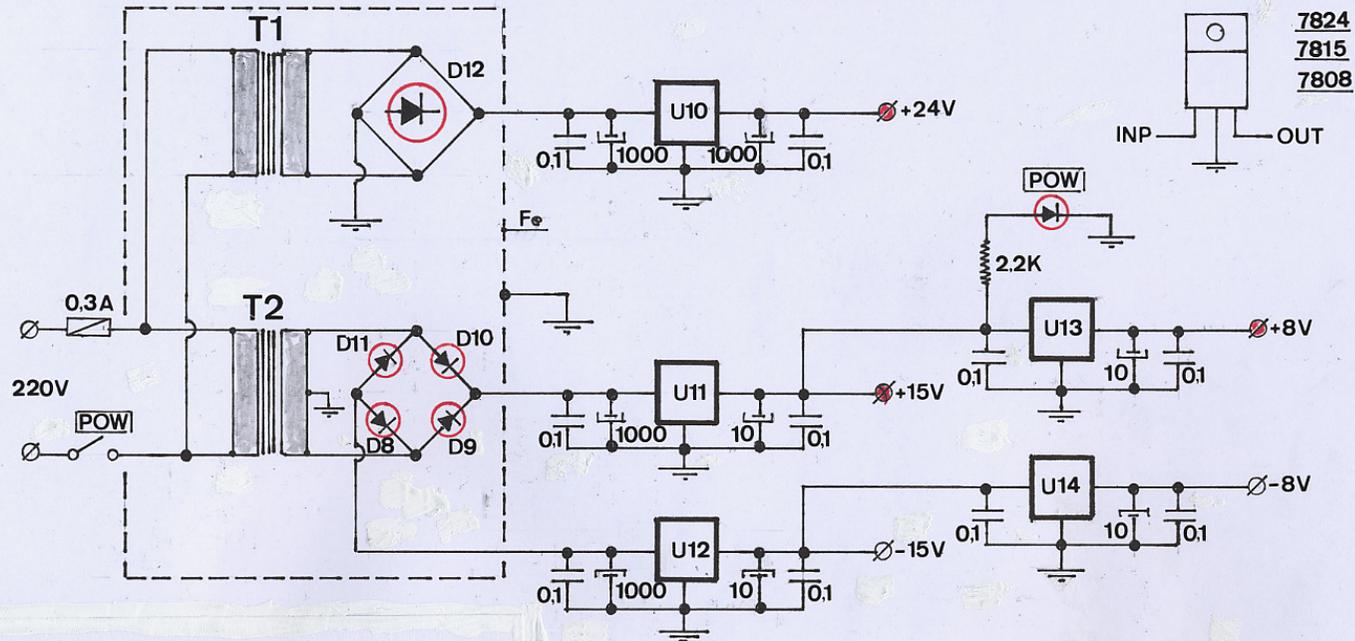


Figura N°6: Esquema eléctrico de la fuente de alimentación.

T1: transf. prim 220 V, sec 24 V / 0,1 A.

T2: transf. prim 220 V, sec 15+15 V / 0,4 A.

D8 a D11: diodos Si 1N4004, 400 V / 1 A.

D12: puente rectificador, 80 V / 0,8 A.

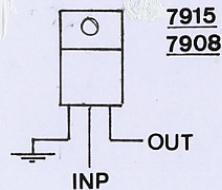
U10: regulador 7824, +24 V / 0,5 A.

U11: regulador 7815, +15 V / 0,5 A.

U12: regulador 7915, -15 V / 0,5 A.

U13: regulador 7808, +8 V / 0,5 A.

U14: regulador 7908, -8 V / 0,5 A.



**GENERADOR SENOIDAL BAJA
FRECUENCIA 30 Hz a 30 KHz
FUENTE DE ALIMENTACION**

EA3-EIS, 16-01-09.

12

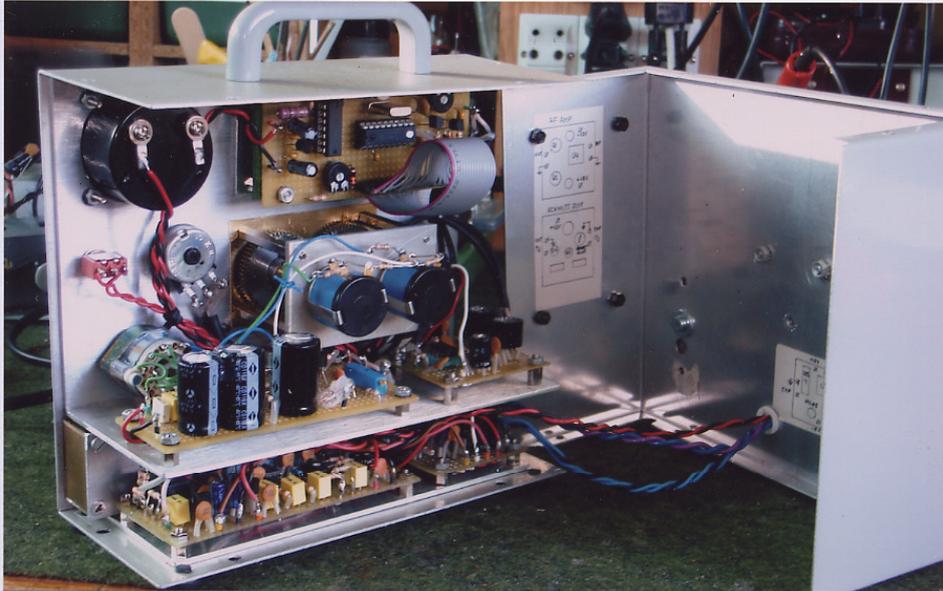


Figura N°7: Vista interior del generador senoidal de BF. Destacan el contador de frecuencia, los potenciómetros RV1 y RV2 montados en tandem y la distribución de los módulos: oscilador de señal y medidor de señal en primer término, al fondo el amplificador y fuente de alimentación.



Figura N°8: Vista exterior del generador senoidal de BF. Vemos el contador de frecuencia, el instrumento de c/m con sus escalas, los pocos mandos y más abajo, el atenuador por pasos de 20 dB seguido, de la salida BNC de señal a 50 Ohms de impedancia.