N°15: GENERADOR SINUSOIDAL DE BF (LM318)

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 05-07-00 Sant Cugat del Vallès (Barcelona) <u>ea3eis@hotmail.com</u>

INTRODUCCIÓN

El generador de baja frecuencia que hoy se presenta, es un diseño bastante clásico y el circuito oscilador de base utilizado, es un puente de Wien el cual, ha sido descrito en muchas publicaciones siendo el más recomendable, por su sencillez y baja distorsión. Creo que estas fueron, las principales razones que me indujeron a montar este aparato, sabiendo también de antemano, que hay algún inconveniente ha considerar.

Cuestiones más ha destacar, es que incorpora un voltímetro de ca que es capaz de medir la señal de salida en Vrms de manera constante y con buena precisión, también de un atenuador por pasos el cual, permite trabajar con señales pequeñas y de valor conocido.

Todos estos argumentos a favor y en contra que pueden influir, al pensar y tener que tomar la iniciativa de un proyecto como puede ser la construcción de un generador de baja frecuencia, son los que trataré de exponer en este reportaje.

CARACTERISTICAS

Las características más destacables de este generador sinusoidal de BF (LM318), son las que se indican a continuación:

Margen de frecuencia : De 30 Hz a 30 KHz, tres rangos 1-10-100. Control de frecuencia : Por escala analógica de 30 a 300 Hz.

Impedancia de salida : 50 Ohms.

Control de señal
Señal máxima de salida
Continuo y atenuador por pasos de 20 dB.
3 Vrms sin carga, 2 Vrms a 50 Ohms.

Distorsión armónica : Estimativa 0,1 %.

Medidor de salida : Analógico en Vrms, precisión 2 %.

Alimentación : Red 220 V ca.

Dimensiones y peso : 175x155x80 m/m y 2 Kg.

DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO Y CONSTRUCCIÓN

Al hacer la descripción, he de empezar por el oscilador en puente de Wien cuyo nombre, se debe al de un físico alemán (Max Wien 1866 – 1938) que fue pionero en las técnicas de HF. Básicamente el oscilador, consta de un solo amplificador operacional en montaje diferencial, con dos bucles de realimentación entre la salida y cada una de las dos entradas. La entrada (+) admite el bucle reactivo a base de resistencia y capacidad R-C, que determina la frecuencia de oscilación al actuar como filtro paso de banda. La entrada (-) del operacional, representa el otro brazo resistivo ajustable del puente el cual, es el que mantiene la amplitud constante en la oscilación, gracias a la resistencia ohmica que ejerce el filamento de la lamparita LP1, al comportarse como un regulador de intensidad debido a su condición termodinámica, a mayor intensidad de corriente mayor resistencia ohmica o viceversa y en consecuencia, varia el divisor de tensión, tendiendo a estabilizar la ganancia. Esta es la explicación del "parpadeo", cada vez que se varían las constantes de equilibrio del puente en el bucle reactivo R-C.

Después de todo lo dicho, 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, este algo por encima de la unidad. Véase la figura Nº1.

Este oscilador con el mismo principio de funcionamiento en puente de Wien, se puede hacer mediante diodos de silicio contrapuestos, como elemento estabilizador de control de la amplitud, pero tiene el inconveniente que presenta una mayor distorsión (2 %) y el ajuste es critico lo cual, no deja de ser un inconveniente que hay que tener en cuenta en caso de decidirse por esta versión. La única ventaja, es que no hay "parpadeo" en la amplitud de la señal, al efectuar algún cambio que tienda al desequilibrio del puente.

Para poder obtener el margen total de frecuencia de 30 Hz a 30 KHz, repartido en tres rangos, ha sido necesario seleccionar las capacidades C1 y C2, mediante relés: RL1, RL2, RL3 y un selector de tres posiciones S1 Frequency Hz y siguiendo la progresión: 1, 10 y 100. Puede verse a continuación, el listado de capacidades necesarias, para cada una de las décadas multiplicadoras de la escala analógica, con el margen de frecuencia correspondiente para cada uno de los rangos.

Posición S1	Rango de frecuencia	Capacidad C1 y C2
x 1	de 30 a 300 Hz	470 nF
x 10	de 300 a 3000 Hz	47 nF
x 100	de 3 a 30 KHz	4,7 nF

Para el ajuste manual de la frecuencia en cada uno de los rangos, es necesario disponer de dos potenciómetros en tándem y sobre el mismo eje (R1 y R2) de 10 K cada uno y de tipo lineal bobinado. Este potenciómetro doble, es muy importante sea de calidad reconocida y ambos del mismo valor ohmico en todo su recorrido, para obtener un comportamiento optimo; con la finalidad de conseguir mayor comodidad en el manejo, es aconsejable el disponer de un reductor 3:1 entre el potenciómetro y mando manual de accionamiento exterior. La escala analógica resultante de 30 a 300 Hz, queda comprimida en la parte alta, lo ideal seria una escala lineal pero, esto no es posible dado que tanto C1 como C2, se cargan según una ley exponencial.

El amplificador operacional utilizado como elemento activo del generador U1 (LM318), es de alta velocidad el cual, permite que se mantengan las prestaciones en el extremo alto de la frecuencia. A la salida de U1, hay dos amplificadores operacionales: U2 y U3 (LM318) como amp inversores, actuando de separadores con ganancia ajustable. A la salida de U2, tenemos el mando Level potenciómetro de 10 K en el panel frontal el cual, permite el ajuste manual continuo del nivel de señal. Esta señal ya controlada, se envía a un amp operacional U4 (LM318) no inversor y posteriormente, a un amplificador seguidor complementario a cargo de dos transistores: Q1 y Q2 (2N2219A y 2N2905A) respectivamente. El lazo de realimentación, entre la salida de emisores de Q1 y Q2 y la entrada negativa de U4, establece la ganancia y la respuesta de todo el bloque amplificador. La salida por emisores del amplificador complementario, se hace a través de una resistencia de 47 Ohms, para asegurar una impedancia del mismo orden. Ver la figura N°2.

Para poder disponer de niveles de señal bajos y también de amplitud conocida, un atenuador de tres pasos con una atenuación total de 60 dB y 20 dB por paso, ejerce una función muy importante y además, mantiene la impedancia en 50 Ohms hacia el conector BNC de salida Output.

A la salida de U3, tenemos un convertidor de señal sinusoidal a cuadrada, este dispositivo es un disparador de Schmitt, consta de dos transistores: Q3 y Q4 (BC237) los cuales, hacen la función de un multivibrador biestable, que trabaja por umbral o minima señal de disparo al transformar en una variación brusca, cualquier componente alterna que se haga presente en la entrada de dicho convertidor. Esta propiedad hace compatible, la información analógica de velocidad lenta con la lógica digital, la señal cuadrada resultante a la salida, es de 1,2 Vpp, tanto la amplitud como la configuración, son ajustables y por ello, esta señal es apta para acoplar un frecuencímetro exterior mediante el conector Counter del tipo BNC. Ver también la figura N°2.

Para poder controlar el nivel de señal en Vrms, se dispone de un voltímetro de ca conectado de manera permanente, sobre la salida del amplificador complementario o entrada del atenuador por pasos. Este voltímetro, da una lectura constante de cualquier amplitud entre 0,2 a 3 Vrms y en cualquiera de las frecuencias desde 30 Hz a 30 KHz; para facilitar más las lecturas, dispone de dos escalas: 1 y 3 Vrms, seleccionables mediante relé y conmutador S5 Meter en el panel frontal. El circuito de este voltímetro de ca, ya fue descrito con anterioridad y solamente recordaré, siguiendo el paso de la señal mediante condensador de bloqueo de 1 uF, divisor de tensión de alta impedancia para el cambio de escalas por relé R4 y a continuación, el amp operacional U5 (LM318)) como seguidor adaptador de impedancia, posteriormente un detector de precisión de ca a cargo de U6 (LM318) y a la salida del detector, un presentador analógico con alta impedancia de entrada, que esta compuesto, por un amplificador dual U7 y U8 (LF353), las lecturas se hacen con un instrumento de c / m de 100 uA con escalas de 1 y 3 Vrms. La alimentación es a +5 V y -5 V mediante dos reguladores: U12 y U13 (78L05 y 79L05) respectivamente. Para esquema eléctrico y detalles de todo lo expuesto, ver la figura N°3.

La fuente de alimentación, consiste en un transformador primario de 220 V, secundario de 15 + 15 V / 0,5 A, rectificadores de onda completa, condensadores de filtro de 1000 uF para aplanamiento de la componente pulsatoria, dos reguladores de tensión de +12 y -12 V, U8 y U9 (7812 y 7912) respectivamente y a continuación, dos reguladores de +8 y -8 V, U10 y U11 (7808 y 7908) para conseguir las tensiones estabilizadas que alimentan: El oscilador sinusoidal, los amplificadores separadores y el voltímetro de ca. Ver la figura N°3.

DETALLES CONSTRUCTIVOS Y AJUSTES

La construcción del generador sinusoidal de BF, se ha hecho siguiendo el mismo criterio modular de siempre, con tal de facilitar la puesta en marcha y también, el ensamblaje final, al permitir comprobar de manera previa, cada una de las partes importantes que comprende el montaje. Los módulos están confeccionados con placa Repro circuit CT1 en fibra de vidrio, esta solución que no deja de ser una improvisación, me libera de tener que hacer circuitos impresos, tratándose de primeras experiencias que quedan en un prototipo. Quiero añadir con respecto a este sistema de montaje de circuitos para AF, HF y sistemas digitales, que se llega a agilizar mucho el trabajo de distribución de los componentes tanto activos como pasivos, ahorrando tiempo de diseño y los resultados al final, suelen ser buenos.

La fijación de los distintos módulos, es por separadores exagonales M3. El interconexionado de señales entre módulos, se ha hecho con cable coaxial RG174 de 50 Ohms. Todos los amplificadores operacionales, se han montado con zócalos del tipo contacto torneado. La caja utilizada, es una Minibox modelo RM13 de color gris según las medidas especificadas. Para detalles de montaje y de acabado, ver las fotos del exterior y del interior del generador sinusoidal de BF, en las figuras: N°4 y N°5 respectivamente.

Los ajustes a realizar, son bastante simples si se dispone, de un osciloscopio y también, de un frecuencímetro. Empezando por el oscilador sinusoidal de BF, deberá conseguirse a la salida de dicho oscilador, una señal lo más perfecta posible, ajustando el potenciómetro R4 algo por encima del punto de arranque de la oscilación, la amplitud deberá estar sobre unos 4 Vpp. Los tres rangos de frecuencia se consiguen, con los valores de capacidad C1 y C2 que se indican en la tabla anterior. La escala de frecuencia continua de 30 a 300 Hz en el panel frontal, se ajusta añadiendo resistencias en los extremos de los potenciómetros de 10 K (R1 y R2), según se indica en el esquema eléctrico figura N°2 y limitando el giro del potenciómetro II, mediante topes mecánicos en el elemento reductor y controlando la frecuencia con un frecuencímetro, ver la escala continua de frecuencia de 30 a 300 Hz ya confeccionada en la figura N°6. El ajuste del convertidor analógico / digital, se hace retocando el potenciómetro de simetría en la frecuencia más baja (30 Hz) y la ganancia de U3, hasta dejarla en 1,2 Vpp en la salida Counter. El voltímetro de c a, tomando como

referencia la lectura máxima en cada escala de 1 y 3 Vrms, según los valores de las resistencias del divisor de tensión y la ganancia del detector U6, condicionada por la resistencia variable de 47 Ohms; también ajustar el potenciómetro de ganancia del presentador (22K) así como, el control de centrado del instrumento de c / m (4,7 K) en ausencia de señal para la indicación de cero, estos ajustes se pueden controlar, con un voltímetro de c a que este bien calibrado; puede verse dicha escala de 1 y 3 Vrms a tamaño natural, en la figura N°3.

COMENTARIOS FINALES

Una vez concluido el montaje y de haber podido efectuar algunas pruebas funcionales de aplicación, considero que aun tratándose de un producto artesanal, las prestaciones de este generador sinusoidal de BF, pueden considerarse de aceptables si partimos de las especificaciones básicas de frecuencia, amplitud y distorsión, ello dentro de nuestra actividad cual es la radioafición.

No obstante quiero remarcar algún aspecto, que creo que es mejorable, sobre todo en la parte del oscilador, como podría ser, el excesivo "parpadeo" al variar la frecuencia y controlarla en pantalla de un osciloscopio. Para minimizar este fenómeno, habría que modificar el circuito del oscilador aunque, manteniendo su filosofía en puente de Wien, este es un aspecto que dejo aparcado para más adelante. Otra cuestión de carácter constructivo, es el tipo de potenciómetro en tándem de 10 K, aquí se ha utilizado uno del mercado el cual, no ha dado el resultado apetecido, tanto en precisión eléctrica como en solidez mecánica, he pensado en el próximo proyecto, el utilizar dos potenciómetros de 10 K bobinados del tipo multivuelta I (10 vueltas) de la marca Bours o bien Spectrol, de accionamiento simultaneo, por acoplamiento axial o por ruedas dentadas, con un mando único, ya que es difícil el conseguirlos en el mercado ya montados en disposición tándem II, con ello me ahorraría el sistema reductor 3:1. También he pensado en la escala analógica de frecuencia continua, no deja de ser un inconveniente el tener que confeccionarla y la precisión en la lectura, siempre resulta un tanto estimativa en este sistema de control y por lo tanto, en el próximo generador de BF, espero dotarle de un frecuencímetro que pueda sustituir la escala analógica.

De todos modos, creo que es bueno una vez llevado a término un trabajo, el hacer una autocrítica que permita introducir ciertas mejoras en futuros proyectos. I sigo pensando, que todo aquel que aspire y tenga la posibilidad, de construirse sus propios instrumentos, que no se prive de esta oportunidad la cual, resulta estimulante e instructiva a la vez.

Entre tanto, saludos de Joan, EA3-EIS.

5

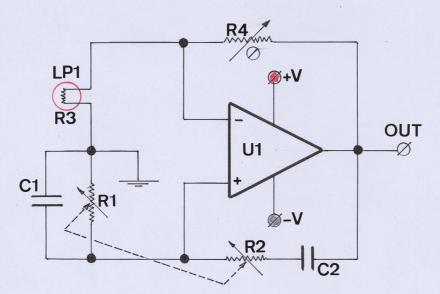
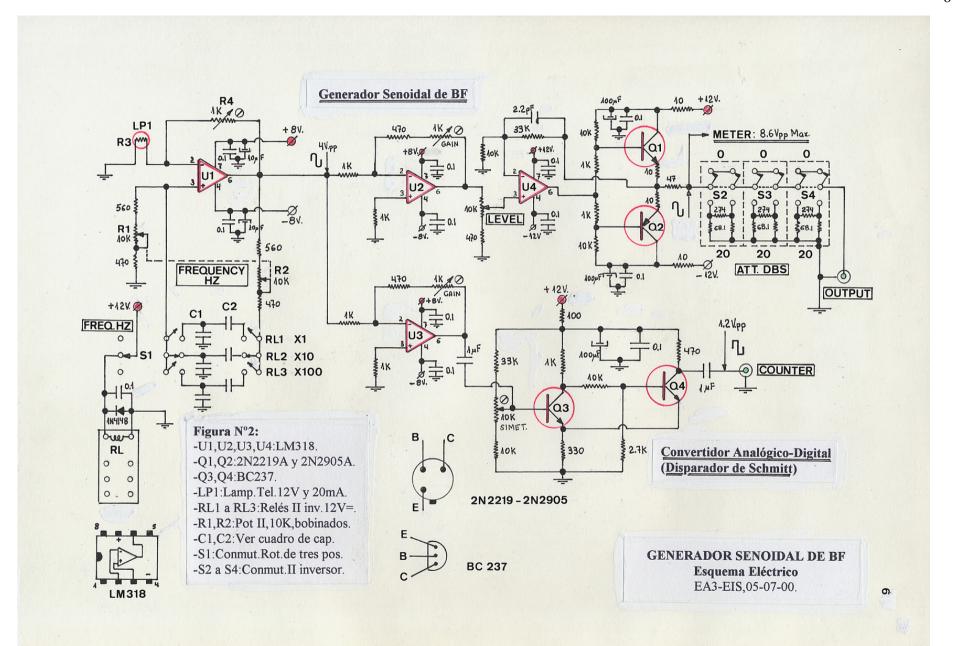
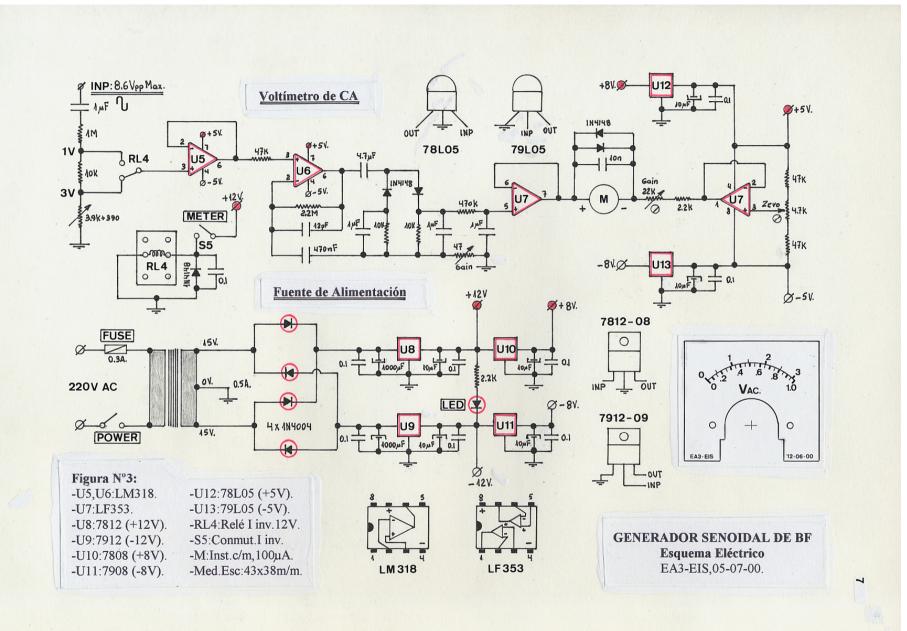


Figura Nº 1: Esquema eléctrico de un oscilador en puente de Wien. Las ondas senoidales de baja frecuencia, se pueden llegar a generar de varias maneras, Una de las más sencillas, es utilizar un amplificador operacional U1, realimentado por dos brazos o bucles, entre la salida y las dos entradas, el reactivo sobre la entrada positiva que nos da la frecuencia de oscilación y el resistivo sobre la entrada negativa que controla el nivel de señal y la buena forma de onda en la salida. El bucle reactivo, está compuesto una red selectiva R-C, que permite variar la frecuencia en cada margen, mediante el tandem R1 y R2 y los márgenes, seleccionando las capacidades C1 y C2, podríamos decir que este bucle, actúa como un filtro R-C paso de banda variable. El bucle resistivo R3 y R4, controla el nivel y buena forma de onda senoidal. El ajuste de R4, conviene dejarlo justo por encima del arranque de la oscilación senoidal, controlando visualmente mediante osciloscopio, la buena forma de onda. La lamparita LP1 (R3), es del tipo telefónico (12 V / 20 mA). Según indica la literatura consultada al respecto, cuando el circuito está ajustado óptimamente, la señal senoidal de salida, contiene aproximadamente un 0,1 % de distorsión armónica total. Cave añadir que la característica de baja distorsión, es importante en un generador de BF no obstante hay otra cuestión, cual es el parpadeo en la amplitud el cual, se genera a partir de introducir manualmente, cualquier variación tanto de frecuencia, como al cambiar de margen mediante el selector, esta es una cuestión, que siempre me ha hecho pensar, que esta aplicación de un oscilador en puente de Wien, utilizando básicamente un amplificador operacional (LM318), en un generador de BF variable, no acababa de ser la mejor solución y que en un futuro, habría que mejorar la cuestión del parpadeo.





8

Figura Nº4: Vista exterior del Generador Senoidal de BF;Lo más destacable es la simplicidad de controles:El mando contínuo y escala de frecuencia de 30 a 300 Hz;El selector de Rangos;Mando LEVEL;Atenuador por Pasos y salidas BNC:OUTPUT y COUNTER y finalmente, el Voltímetro de CA con selector de cambio de escalas:1 y 3 Vrms.

GENERATOR 30 Hz-30 kHz

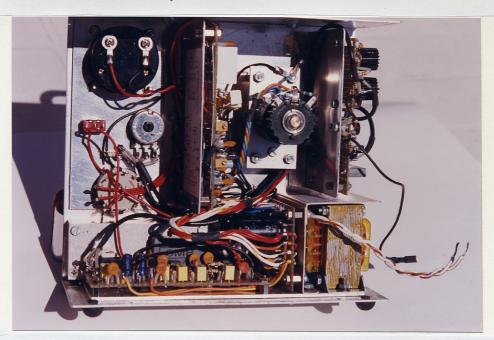


Figura N°5: Vista interior del Generador, de izquierda a derecha parte superior: El módulo Oscilador de BF; Potenciometro II de 10 K y reductor 1:3; Módulo Amp. Complementario y debajo, el Convertidor Analógico-Digital. En la parte inferior, el módulo del Voltímetro de CA y la Fuente de Alimentación.

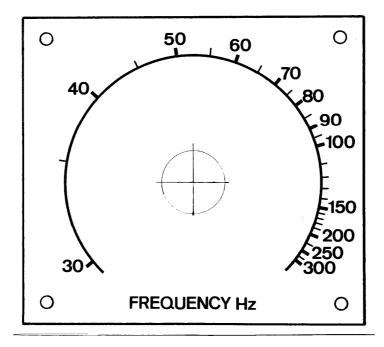


Figura Nº6: Escala continua de de 30 a 300 Hz. Obsérvese la compresión de la escala en la parte más alta de la frecuencia. Como ya se ha indicado, esto es normal en este tipo de oscilador R-C. Es por esta razón, que se ha previsto la salida Counter, para facilitar la lectura de la frecuencia en la parte más alta de la escala. La presentación de la misma, es a tamaño natural 110x100 m/m.