

## Nº16: GENERADOR DE FUNCIONES

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 10-08-00.  
Sant Cugat del Vallès (Barcelona) [ea3eis@hotmail.com](mailto:ea3eis@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Este generador de funciones que ya fue descrito en la década de los 80, como un generador de baja frecuencia muy versátil por el hecho, de poder suministrar tres tipos de señal: Cuadrada, triangular y sinusoidal, no puede reemplazar las prestaciones de un buen generador AF de onda sinusoidal en lo que concierne, a la distorsión armónica y buena forma de onda.

Haciendo un poco de análisis retrospectivo, la circuitería de este generador de funciones, está basada en el circuito integrado 8038 de Intersil el cual, fue diseñado especialmente para esta aplicación. Este C I dispone de tres salidas separadas para cada una de las formas de onda o modos: Cuadrada, triangular y sinusoidal, no necesita circuitos externos integradores o conformadores para cada uno de los modos o funciones, solamente precisa de una fuente de alimentación, de un amplificador con control de amplitud, selector de rangos y control de frecuencia continuo como mandos exteriores, para que las señales a la salida sean válidas. Esta era la idea de aplicación básica de dicho circuito integrado.

El funcionamiento del 8038 de manera muy sintetizada, se fundamenta en la generación de señales triangulares a partir de la carga y descarga de un condensador, sometido a una componente alterna rectangular de corriente constante, esta onda triangular simétrica y bien configurada, se la convierte a sinusoidal pasándola por un conformador o adaptador el cual, consiste en una matriz o red de resistencias y transistores NPN y PNP los cuales, por umbral de conducción progresiva no lineal del diodo base-emisor, tienden a redondear la pendiente de la rampa triangular a medida que esta aumenta o disminuye con el tiempo y de manera alternativa, esto ocurre tanto en el semiperiodo positivo como en el negativo.

He querido hacer esta pequeña descripción sobre el C I en cuestión, para indicar que la onda resultante después de todo el proceso, es aproximadamente sinusoidal y por lo tanto, el contenido armónico o distorsión, siempre será superior al compararlo con otro sistema clásico cual podría ser, el generador AF por puente de Wien. Este ha sido siempre el problema que más me ha preocupado de este generador de funciones, el resto de señales: Cuadrada y triangular, son bastante buenas al observarlas en la pantalla del osciloscopio, salvo la onda sinusoidal en la cual, aparece un pequeño pico en la cúspide positiva y negativa de cada semiciclo. La solución para paliar este problema, ha sido la de añadir un filtro paso de banda sintonizable, entre la salida sinusoidal del C I 8038 y el amplificador de salida lo cual, trataré de exponer a continuación. Ver esquema de principio del filtro paso de banda sintonizable, en la Figura Nº1.

### CARACTERÍSTICAS

Las características más destacables de este generador de funciones, son las siguientes:

<b>Margen de frecuencia</b>	: De 1 Hz a 100 KHz, en 5 rangos o décadas.
<b>Control de frecuencia</b>	: Continuo por dial multivuelta 1 a 100, lineal.
<b>Funciones o modos</b>	: Onda cuadrada, triangular y sinusoidal.
<b>Impedancia de salida</b>	: 50 Ohms.
<b>Control de señal</b>	: Continuo y atenuador de 0 a 60 dB (20 dB).
<b>Señal máxima de salida</b>	: 8 Vpp s/ carga, 4 Vpp 50 Ohms.
<b>Distorsión armónica</b>	: Estimativa onda sinusoidal (PB) 0,1 %.

<b>Tiempo de subida</b>	: Onda cuadrada, 50 nS, según constructor.
<b>Alimentación</b>	: Tensión de red 125 y 220 V CA.
<b>Dimensiones y peso</b>	: 200x180x60 m/m y 2 Kg.

## DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

**Oscilador:** Como ya se ha indicado en la introducción, el corazón de este generador de funciones, es el C I 8038 y creo que no es necesario añadir nada más al respecto, solamente haré mención de los complementos exteriores que forman parte de este generador y que considero, merece la pena sean tomados en cuenta. Empezaré por el circuito común cual es el sistema de variación de frecuencia, este consiste por una parte, en los rangos de frecuencia que son cinco y de ello se encarga el selector S1 Hz el cual, selecciona las cinco capacidades que corresponden a las frecuencias siguientes:

Posición de S1	Rango de frec	Capacidad
1	de 1 a 10 Hz	2 uF
2	de 10 a 100 Hz	200 nF
3	de 100 a 1000 Hz	20 nf
4	de 1 a 10 KHz	2 nF
5	de 10 a 100 KHz	200 pF

El ajuste de frecuencia en cada uno de los rangos, se hace por variación de tensión a cargo de un potenciómetro de 100 K bobinado multivuelta (10 Vueltas), con su mando reductor o dial de 1 a 100. El sistema consiste, en variar la tensión de base del transistor Q1 (BC237) produciéndose una variación del potencial de colector, este cambio a través de la patilla o entrada 8 de U1 (8038) hace que el condensador externo del selector de rangos el cual, forma parte del integrador interno de U1, se cargue más o menos rápidamente variando en consecuencia la frecuencia, a mayor voltaje mayor frecuencia o viceversa. El resultado práctico de este sistema, es que disponemos de una variación de frecuencia bastante lineal y en correspondencia, con la escala que presenta el dial reductor del potenciómetro Hz. El reglaje de frecuencia en los extremos máximo y mínimo de dicho potenciómetro, se consigue mediante resistencias y potenciómetros de ajuste los cuales además de U1, están conectados a +6 y -6 V estabilizados.

Las salidas de señal triangular y sinusoidal ya configuradas por U1, son llevadas a los respectivos potenciómetros de ajuste R6 y R7 (10K) y posteriormente al selector S2 Mode. La señal cuadrada que tiene un ajuste general R4 (10K), por una parte se lleva al ajuste R10 (10K) y al transistor Q2 (BC237) el cual, tiene la misión de asegurar una salida de señal cuadrada TTL (5V), desde la misma salida general esta señal cuadrada, es amplificada por un amplificador operacional U2 (LM318) el cual, está conectado como no inversor y a su salida, dispone de otro ajuste R5 (10K) y desde este punto, esta señal ya controlada en amplitud, también se lleva al selector Mode. Para esquema eléctrico sobre todo lo que se ha indicado, ver Figura N°2

**Filtro paso de banda sintonizable:** La señal sinusoidal según se ha indicado, no presenta una buena respuesta armónica si se compara con la de otros generadores de AF clásicos y por lo tanto, pasaré a describir un filtro paso de banda por sintonía manual el cual, es capaz de convertir la apariencia de dicha señal a la salida en una onda sinusoidal casi perfecta. Para ello, tomamos la señal sinusoidal original de la posición correspondiente del selector Mode y la trasladamos a otro circuito del propio selector S2 y a partir de la cuarta posición Sinusoidal (PB), se envía al filtro paso de banda sintonizable que consiste, en otro amp operacional U4 (LM318) conectado como inversor el cual, lleva un filtro paso bajo y paso alto de un solo polo en el bucle de realimentación, que va de su salida a la entrada negativa, esta realimentación de tipo múltiple, se comporta como una resistencia dependiente de la frecuencia, que presenta una impedancia muy alta a la frecuencia

central del filtro y una impedancia que va decreciendo a las restantes frecuencias de cada flanco. En consecuencia dentro de la frecuencia central, se tiene la máxima amplificación y en las demás frecuencias adyacentes, la ganancia se va haciendo más pequeña a medida que se desplaza la sintonía en un sentido u otro, el sistema es bastante simple y eficaz. Para que el filtro pueda cubrir un segmento de frecuencia AF suficiente, se han habilitado cuatro rangos de actuación seleccionando los condensadores C1 y C2 mediante el selector S3 Pas Band, cada uno de estos rangos de frecuencia es sintonizable, mediante un potenciómetro de (1K) Tune, advertir que todos los condensadores que forman parte de dicho filtro, deberán ser del tipo poliéster o stiroflex y de valores apareados para cada rango de frecuencia. Ver a continuación el listado de capacidades C1 y C2 en función de cada rango de frecuencia para el selector S3 Pas Band:

Posición de S3	Rango de frec	Capacidades C1y C2
1	de 40 a 200 Hz	200nF
2	de 200 a 1000 Hz	43 nF
3	de 1 a 4 KHz	10 nF
4	de 4 a 20 KHz	2,2 nF

Para tener un control visual de la sintonía, se ha dispuesto a la salida del filtro PB, un amplificador con un led indicador el cual, se activa a máxima luminosidad a la frecuencia central del filtro y se apaga totalmente fuera de ella, el amplificador consiste en un amp operacional U5 (LM741) no inversor, con salida reforzada por un transistor Q3 (BC237), cuyo emisor está conectado al led de sintonía Tune de color verde, situado en el panel frontal. La alimentación, es a +12 y -12V estabilizados. Para esquema eléctrico, ver la Figura N°2.

Obsérvese que el margen total de frecuencia que cubre el modo Sinusoidal PB, va de 40 Hz a 20 KHz esta limitación, viene impuesta por una cuestión de espacio y en cuanto a la aplicación, pienso que el margen total de frecuencia puede ser suficiente, para la mayoría de pruebas que se pueden hacer dentro de nuestro ámbito.

**Amplificador y atenuador:** A partir del selector del selector S2 Mode, ahora ya tenemos las cuatro señales disponibles: Cuadrada, triangular, sinusoidal y sinusoidal (PB). A la salida o cursor de S2, se controlan y amplifican las señales, en primer lugar tenemos un potenciómetro de 10 K Level que antecede a un amp operacional U3 (LM318) no inversor y a su salida, un amplificador seguidor complementario a cargo de los dos transistores Q4 y Q5 (2N2219A y 2N2905A) respectivamente, el lazo de realimentación entre la salida de emisores de Q4 y Q5 con la entrada negativa de U3, establece la ganancia y también la respuesta o amortiguamiento en las frecuencias altas, mediante el trimer de 22 pF en el Modo de onda cuadrada, la salida por emisores del amplificador complementario, se hace a través de una resistencia de 47 Ohms hacia el atenuador, con tal de asegurar una impedancia de salida del mismo orden. La alimentación del amplificador, es a +12 y -12 V estabilizados. Para esquema eléctrico, ver la Figura N°2.

Para poder disponer de niveles de señal bajos y también de amplitud conocida, se dispone de un atenuador rotativo S4 Att en dB, con una atenuación máxima de 60 dB, tiene cuatro posiciones: 0, 20, 40 y 60 dB, la función que ejerce es muy importante y además mantiene la impedancia en 50 Ohms hacia el conector BNC de salida Output, a la entrada del atenuador rotativo, hay un pequeño conector TP el cual, permite un control de las señales de manera simultánea y con buena amplitud. Cave destacar que las amplitudes de todas las señales, excepto la sinusoidal (PB), se mantienen constantes independientes del Modo y también de la frecuencia. Para mayor claridad de todo lo que se ha expuesto, ver esquema eléctrico en la Figura N°2.

**Fuente de alimentación:** la fuente de alimentación consiste en un transformador, primario de 125, 220 V CA y dos secundarios de 15 V / 0,5 A, dos unidades rectificadoras de onda completa tipo puente de 80 V / 0,4 A, filtros de aplanamiento de 2200 uF, reguladores de tensión de +12 y -12 V / 1 A (7812 y 7912 respectivamente) y a partir de estas dos tensiones estabilizadas, se

consiguen los +6, -6 y +5 V mediante divisores de tensión formados por resistencias y diodos de Zener de 6 y 5 Volts / 1 W. Véase esquema eléctrico en la Figura N°3.

## CONSTRUCCIÓN Y AJUSTE

La construcción de este generador de funciones, no ha presentado ninguna dificultad, el montaje de todos los componentes tanto activos como pasivos, se ha hecho con placas tipo Repro circuit CT1 en fibra de vidrio. La caja donde se ha ubicado todo el generador, es del comercio y medidas según se han especificado. Todo el interconexión de señales, se ha hecho con cable coaxial RG174 de 50 Ohms. Los circuitos integrados, se han montado todos con zócalos del tipo torneado. También se ha procurado, el separar las distintas partes, por la vía de las alimentaciones y por la influencia electrostática mediante blindajes, este último detalle puede apreciarse en las Figuras N°4 y N°5, vistas exterior e interior del generador de funciones.

Al hacer el ajuste, es necesario el disponer de un osciloscopio para verificar la forma de onda y amplitud, también será útil un frecuencímetro el cual, ha de permitir el ajuste de todos los márgenes o rangos de frecuencia, tanto del generador como del filtro paso de banda. Se presenta a continuación, un listado de todos los potenciómetros de ajuste que incorpora dicho instrumento:

Potenciómetro	Valor de resist.	Función o ajuste
R1	100 K	Forma sinusoidal
R2	100 K	Forma sinusoidal
R3	10 K	Simetría general
R4	10 K	Centrado onda cuadrada
R5	10 K	Amplitud onda cuadrada
R6	10 K	Amplitud onda triangular
R7	10 K	Amplitud onda sinusoidal
R8	10 K	Frecuencia baja dial Hz
R9	47 K	Frecuencia alta dial Hz
R10	10 K	Amplitud TTL

Antes de proceder al ajuste, es conveniente el verificar las tensiones estabilizadas de la fuente de alimentación, las cuales deberán de ser totalmente simétricas y acorde con los valores: +12, -12, +6, -6 y +5 V, con un rizado inferior a 5 mV.

el ajuste se puede iniciar en la frecuencia de 1 KHz y para ello, se situarán todos los cursores de los potenciómetros de ajuste, a la mitad de su recorrido y a continuación, se procederá al ajuste de simetría y centrado con R3 y R4 respectivamente, sobre las ondas: Triangular y cuadrada, una vez tengamos una forma de onda optima, se puede ajustar la onda sinusoidal mediante los potenciómetros R1 y R2 y a partir de estos ajustes preliminares, ya se pueden ajustar los niveles de amplitud: R5, R6 y R7, controlando en el cursor de salida del selector S2 Mode, que tengamos una señal de 2 Vpp en los tres modos: Cuadrada, triangular y sinusoidal. La amplitud de la onda sinusoidal (PB) máxima en el punto de sintonía, se puede ajustar variando la resistencia fija R11, yo la dejé en 4,7 K para un valor aproximado de 2 Vpp en el cursor de S2. Para poder ajustar los extremos de frecuencia en el potenciómetro multivuelta Hz, en concordancia con la escala del dial, se hará con los potenciómetros R8 y R9 controlando con un frecuencímetro y verificando también, cada uno de los rangos que coincidan y se solapen adecuadamente, en fin este es un trabajo de paciencia, porque hay que andar añadiendo o quitando capacidad en cada una de las escalas o rangos. La amplitud TTL de 5 Vpp en la salida BNC correspondiente, se consigue con R10. La luminosidad del led de sintonía del filtro PB, corre a cargo de la resistencia de realimentación variable R12.

En la Figura N°6 pueden verse, las formas de onda: Cuadrada, triangular, sinusoidal y sinusoidal filtrada por el filtro PB, una vez hechos los ajustes pertinentes. Obsérvese la diferencia entre la onda sinusoidal y la onda sinusoidal filtrada. En la sinusoidal sin filtrar, aparece siempre en la cúspide positiva o negativa y en todas las frecuencias, el pico residual de la onda triangular el cual, no es posible llegar a eliminar. Solamente conseguí reducirlo algo, alimentando el CI 8038 a +12 y -12 V pero yo opté por hacerlo desde principio, como lo hacen los autores americanos con tensiones de +6 y -6 V.

## COMENTARIOS FINALES

Dada la utilidad de este generador de funciones, considero que aun tratándose de un diseño no actual, puede cumplir perfectamente con las aplicaciones más habituales y sobre todo, después de haberle añadido el filtro FB. Quizá el manejo se complique un poco, pero uno se acaba acostumbrando si los resultados son buenos y de una cierta fiabilidad que en definitiva, es lo que se puede esperar de un instrumento de construcción casera.

Hay un aspecto que me gustaría remarcar cual es, el control de frecuencia por variación de tensión mediante potenciómetro multivuelta y dial. Este sistema proporciona una gran comodidad operativa, por razón de la exactitud en las lecturas de frecuencia y esto es algo que siempre se valora. A decir verdad también, después de haber podido introducir esta modificación del filtro PB sintonizable, me siento más satisfecho con mi generador de funciones pues esto lo hace ahora, un aparato plenamente versátil.

Por otra parte, ha sido muy interesante para mi y desde el punto de vista experimental, el poder aplicar este tipo de filtros PB los cuales, no había tomado nunca en consideración. En fin aquí queda todo lo dicho para aquel a quien pueda interesar. Saludos de Joan, EA3-EIS.

## BIBLIOGRAFIA

*Le Aut Parler, N°1227, pag 163.*

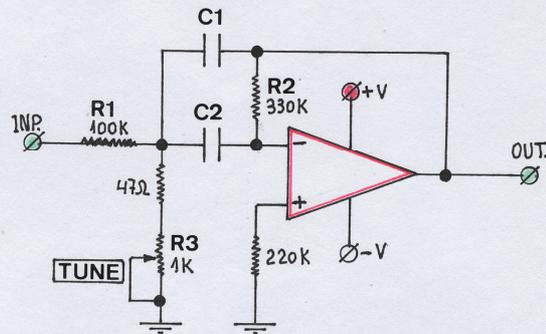
*George Pelissier, F1-BBI, QEX, December 1986.*

*Radio Handbook, William I Orr, pag 1017, Generador de audio.*

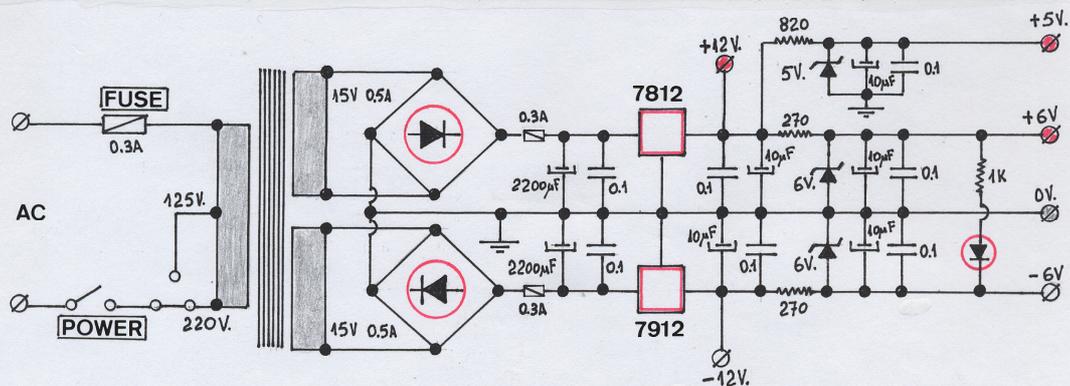
*Radio handbook, William I Orr, pag 1018, Generador de funciones.*

*Instrumentos con Amp Oper, L M Faulkemberry, pag 258.*

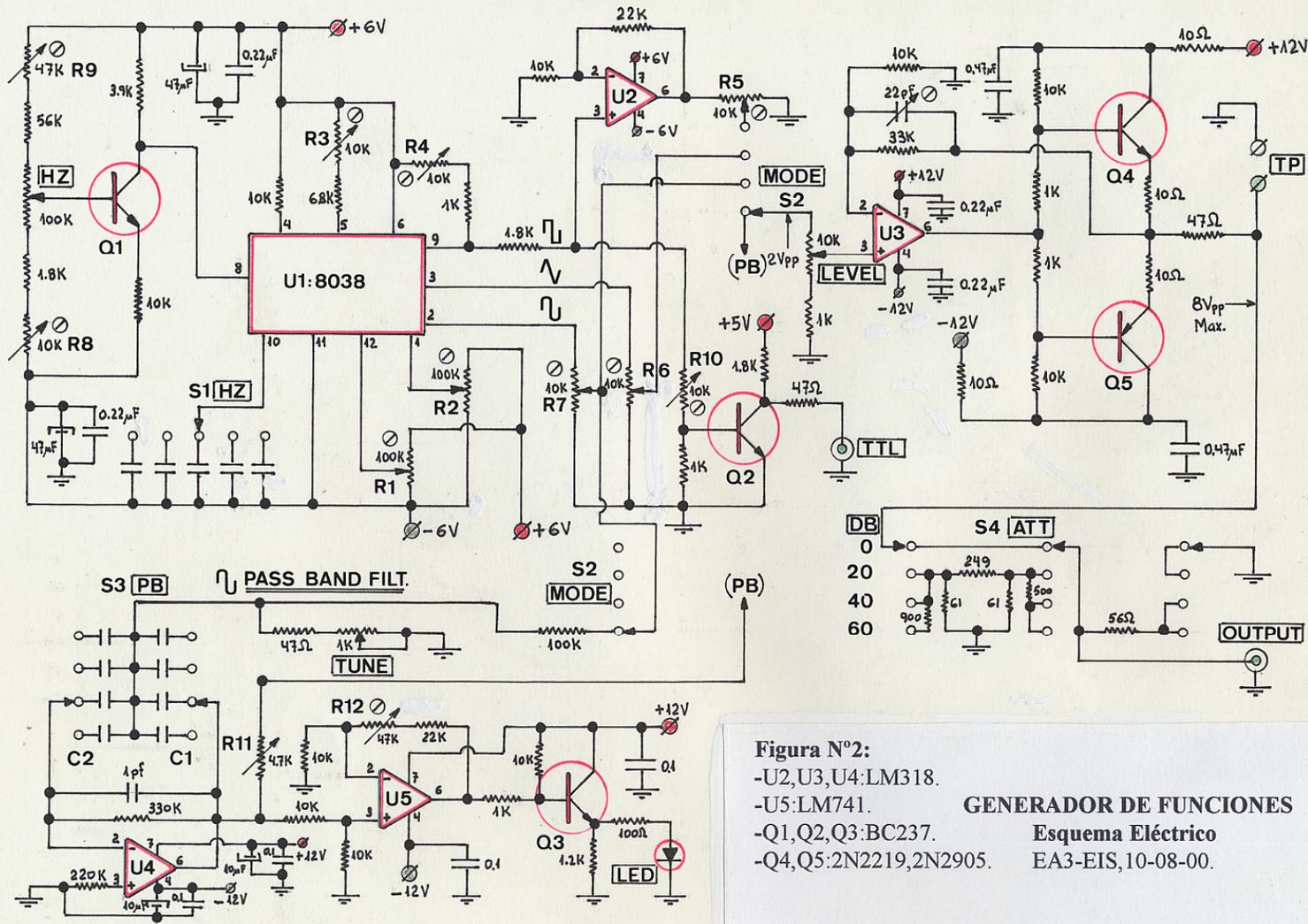
*Proyectos con Amp Oper, R M Marston, pag 55.*



**Figura N°1:** Representación y esquema eléctrico de principio, de un filtro activo paso de banda sintonizable. La realimentación múltiple, tiene lugar a través de C1 y R2, la disposición R1 y C1, proporcionan la respuesta paso bajo y C2, R2 la respuesta paso alto. La resistencia R3 Tune, es el elemento común que ejerce la función de sintonía, permitiendo desplazar dentro de cada rango, la frecuencia central del filtro, a mayor resistencia baja la frecuencia del punto de sintonía y con menos resistencia, ocurre todo lo contrario.



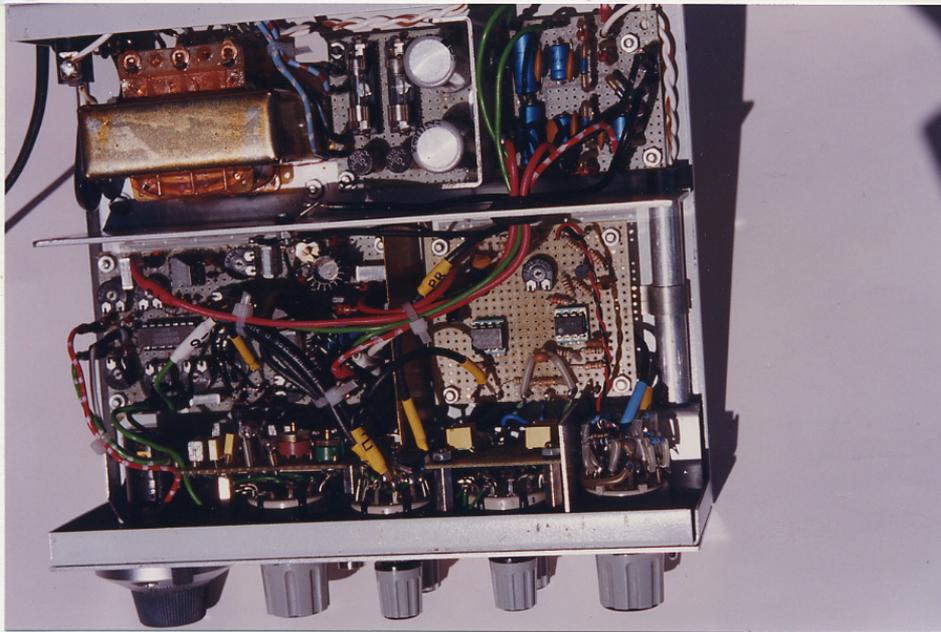
**Figura N°3:** Esquema eléctrico de la fuente de alimentación del generador de funciones. Parte de un transformador primario 125, 220 V y dos secundarios de 15 V / 0,5 A, unidades rectificadoras de onda completa tipo puente, filtros de aplanamiento de la componente pulsatoria de 2200 µf y reguladores de +12 y -12 V / 1 A (7812 y 7912), para conseguir las tensiones estabilizadas respectivas, a continuación unos divisores de tensión formados por resistencias y diodos zener de 6 y 5 V / 1W que nos darán las tensiones estabilizadas de: +6, -6 y +5 V.



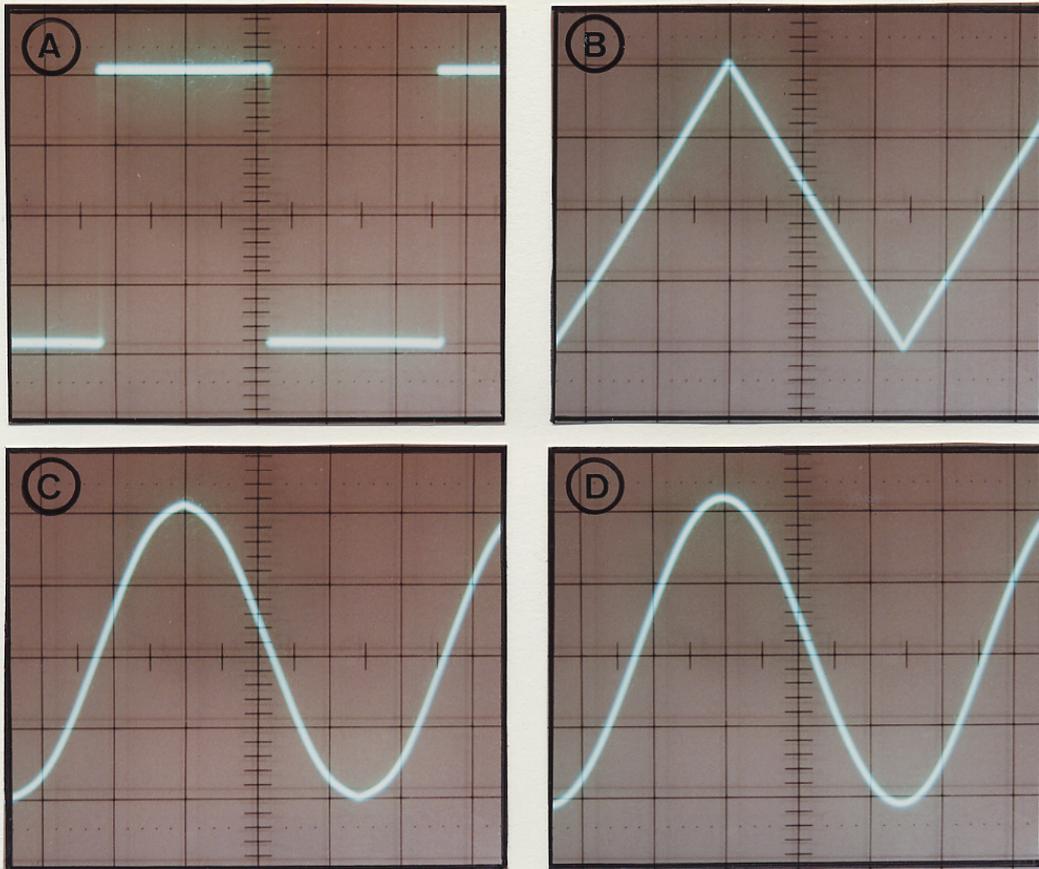
**Figura N°2:**  
 -U2,U3,U4:LM318.  
 -U5:LM741.  
 -Q1,Q2,Q3:BC237.  
 -Q4,Q5:2N2219,2N2905.  
**GENERADOR DE FUNCIONES**  
**Esquema Eléctrico**  
 EA3-EIS,10-08-00.



**Figura N°4:**Generador de Funciones vista exterior.De izquierda a derecha,el control de variación de Frecuencia a cargo de potenciómetro multivuelta y Dial reductor 1:10;Selector de Rangos Hz;Selector de Funciones MODE;Selector Filtro PB Khz y Atenuador Rotativo de 60 dB (Pasos de 20 dB).En la parte inferior y también de izquierda a derecha,Conectores BNC para las dos salidas:TTL y OUTPUT;Mando de amplitud LEVEL;Conector de salida directa T-P;Control de sintonía del Filtro PB TUNE y LED correspondiente.



**Figura N°5:**Vista interior del Generador de Funciones.En la parte superior de la foto,la Fuente de Alimentación;En la parte inferior a partir de la izquierda,el módulo del Generador de Funciones con todas las capacidades del Selector de Rangos Hz y a continuación, la placa del Filtro Paso de Banda con el Selector de capacidades Khz que permite el cambio de Rango.



**Figura N°6:** Representación gráfica en pantalla del Osciloscopio, de las señales en la salida directa del Generador de Funciones:

- (A)** Onda Cuadrada.
- (B)** Onda Triangular.
- (C)** Onda Senoidal.
- (D)** Onda Senoidal Filtrada (PB).

-La amplitud de las cuatro señales, corresponde a 8 Vpp que es la señal máxima de salida en circuito abierto. La Frecuencia en todos los Modos, es de 1 KHz. Las condiciones de trabajo del Osciloscopio, son las siguientes: Vertical 2 V/cm y Horizontal 0,2 mSeg/cm.

-Observe el flanco de subida y bajada de la Onda Cuadrada apenas perceptible y estando la luminosidad del TRC al máximo para poder impresionar la película fotográfica.

-También es importante, la relación entre la Onda Triangular (B) y la Senoidal (C) véase, el pequeño pico que aparece en la cresta de cada semiciclo de la Senoide a pesar del conformador o redondeador de la Onda Triangular que incorpora el CI 8038; No ha sido posible mejorar este problema de distorsión.

-La foto (D) Onda Senoidal, es la señal una vez filtrada por el dispositivo Paso de Banda; Véase que la forma de Onda resultante, es prácticamente perfecta; Este es el motivo principal que me ha llevado a introducir la modificación o añadido del Filtro PB en el Modo Senoidal de este Generador.