# N°57: ANALIZADOR DE ESPECTROS PARA HF

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 18-02-06. Sant Cugat del Vallés (Barcelona) <u>ea3eis@hotmail.com</u>

#### INTRODUCCION

Empezaré por comentar que un analizador de espectros, es uno de los instrumentos más deseados y soñados por que no, de una buena parte de los amantes de los montajes de RF, entre los cuales se encuentra un servidor, pero siempre hay un impedimento que se interpone, el precio muy elevado de un aparato de procedencia comercial y de características que se adapten a las necesidades de cada uno, no obstante siempre se puede considerar el mercado de segunda mano.

Este montaje corresponde al trabajo, Simple Spectrum Analyser (de 1 a 90 MHz), publicado en la revista Radio Comunications de Noviembre de 1989, autor Roger Bladwell, G4PMK. Anteriormente y de manera paralela en el ámbito americano, se han publicado otros trabajos con la misma idea de llevar a término, analizadores de espectro con un rango de 50 KHz a 70 MHz. A todos ellos, mi reconocimiento y agradecimiento, por haber puesto a nuestro alcance este tipo de proyectos, con un buen contenido conceptual didáctico y practico en forma de Kits.

Quiero hacer constar, la dedicación de este reportaje a mi amigo Paco Ortiz, EA3-RN, gran radioaficionado y persona, lamentablemente ya no está con nosotros, pero en vida tuvo la gentileza de cederme dicho Kit montado por él, gracias Paco por tu generosidad pues con la ayuda de este instrumento, he podido reconsiderar y mejorar a posteriori, las prestaciones de algunos trabajos sobre RF de los cuales, no acababa de estar plenamente satisfecho.

#### **CARACTERISTICAS**

Las características más destacables de este analizador de espectros para HF, son las que se indican a continuación:

**Conexión osciloscopio** : entradas función X - Y.

**Rango de frecuencias**: de 1 a 80 MHz.

**Resolución pantalla (X)** : 0,2-0,5-1-2-5-10, MHz / división.

Filtros de FI (paso banda) : 15 KHz y 250 KHz.

**Impedancia entrada RF** : 50 Ohms..

**Atenuador RF entrada** : pasos 10-10-20 dB (max 40 dB).

**Max señal RF entrada** : -20 dBm a 50 Ohms.

Nivel de ruido : -93 dBm, 10 MHz, filt 250 KHz, s/r 10 dB.

Margen dinám. MC3356 : 60 dB

Filtro de vídeo : On – Off, control manual.
Frecuencia de barrido : de 15 a 30 Hz continuo manual.
Marcador de frecuencias : 2-5-10 MHz (oscilador cuarzo).

Alimentación : red 220 V CA.

**Dimensiones y peso** : 250x200x60 m/m y 2 Kg.

### **DESCRIPCION**

Un analizador de espectros es esencialmente en nuestro caso, un receptor superheterodino de doble conversión para poder cubrir de manera continua el rango de frecuencias de 1 a 80 MHz, dotado de sintonía automática a partir de un VCO el cual, está controlado por una señal de barrido

repetitiva tipo diente de sierra cuya rampa ascendente, es aplicable de manera simultánea a la entrada horizontal (X) de un osciloscopio y también, sobre el diodo varicap que controla la sintonía del VCO. La señal de RF más o menos compleja que es capaz de analizar el receptor, después de los procesos de mezcla, filtrado, amplificación logarítmica y detección, es convertida en una señal de vídeo que se aplica también a la entrada vertical (Y) del mismo osciloscopio. La finalidad es obtener, una gráfica de posicionamiento espectral en pantalla del TRC, en tiempo real de las distintas frecuencias como podrían ser, la señal fundamental seguida de sus armónicos superiores más próximos, a la salida de un oscilador de RF o un amplificador de RF, valgan como ejemplos.

Esta es en síntesis, la filosofía de principio de funcionamiento de este analizador de espectros para HF del cual, se hace una descripción más detallada a continuación. Además del sistema atenuador de entrada de RF, consta de solo cuatro módulos separados; el primero que es el más importante, corresponde a la unidad de recepción de 1 a 80 MHz, el segundo al generador de barrido horizontal (X) más un amplificador de Video (Y), el tercero comprende la fuente de alimentación y el cuarto, un marcador de frecuencias. Ver diagrama de bloques en la Figura Nº1.

**Sistema atenuador de entrada de RF:** siguiendo la señal desde la entrada de RF, tenemos un atenuador de tres pasos: 10, 10 y 20 dB, en configuración Pi con una impedancia de 50 Ohms, también estas tres células debidamente combinadas, nos dan una atenuación que va de 0 dB hasta 40 dB con pasos de 10 dB y manteniendo la impedancia en 50 Ohms, desde la entrada a la salida en toda la red atenuadora hacia el receptor. Para esquema eléctrico y detalles, ver la Figura N°2.

Unidad de recepción de 1 a 80 MHz: la señal de RF después de pasar por el atenuador por pasos, es sometida a otra atenuación fija en disposición Pi de 6 dB y 50 Ohms de impedancia, a la salida mediante una capacidad de bloqueo de 1 nF se aplica a un filtro paso bajos LPF formado por L1 y capacidades afines con tal de recortar todas las frecuencias que estén por encima de 80 MHz; a partir de aquí, la señal va al primer mezclador patilla 20 el cual, está situado dentro de un circuito integrado muy especial U1a (MC3356), este elemento activo es un receptor integrado para FSK de altas prestaciones, consta de un oscilador local y un mezclador activo los cuales, pueden llegar a trabajar con frecuencias de VHF, un limitador, amplificador de FI y un detector. Del integrado U1a, se utiliza el oscilador local patillas 2 y 3 el cual, actúa de VCO en disposición Colpitts y como elementos externos de sintonía de 146 a 225 MHz, tenemos la inductancia L2 ajustable y el diodo varicap D1 (BB209) controlado por la señal de barrido (X) a través de un filtro RC, para rechazar la RF hacia el amplificador VCO (C) situado en otra unidad aparte. El mezclador con salida por la patilla 5, donde confluye la alimentación +12 V a través de un choque de RF L3, representa la primera FI por diferencia de mezcla la cual, es sometida a un filtro paso de banda helicoidal FL1 con una frecuencia central de 145 MHz ajustable, este filtro FL1 está conectado mediante condensadores de bloqueo a la entrada y salida de 100 pF tipo cerámico. La alimentación de esta parte del receptor, es a +12 V estabilizados. Siguiendo el camino de la señal, contamos con una segunda etapa mezcladora a cargo de U2 (NE602), este integrado bien conocido es un clásico de los montajes compactos, pues está compuesto por un mezclador activo y un oscilador local, la señal de 145 MHz va a la entrada del mezclador U2 patilla 1, para habilitar el oscilador local interno se utilizan las patillas 7, 6 y 8, esta ultima como alimentación a +5 V mediante U3 (78L05), la inductancia L4 ajustable y las capacidades correspondientes forman una disposición Colpitts, la frecuencia de este oscilador local después del ajuste queda en 134, 3 MHz; a la salida del mezclador patilla 4, tenemos una segunda FI por diferencia de 10,7 MHz, mediante condensador de paso de 1 nF hacia el filtro FI 10,7 MHz (B), ver esquema eléctrico parcial en la Figura N°2.

Para que esta señal sea útil, es necesario someterla a un filtrado paso de banda y para ello, contamos con dos filtros seleccionables de la misma frecuencia central de 10,7 MHz, uno de banda estrecha FL2 de 15 KHz y otro de banda ancha tipo cerámico FL3 de 250 KHz, ambos filtros se conmutan a distancia mediante relés RL1 y RL2 a +12 V y un selector en el panel frontal S4 como IF Width, estos filtros también quedan conectados mediante condensadores de bloqueo de 1 nF; la salida de los filtros, va a una etapa amplificadora Q1 (2N2222) NPN la cual, además de adaptar las

impedancias, aporta una ganancia de 20 dB, la alimentación de Q1 es a +12 V estabilizados, a la salida por colector de Q1 tenemos otro filtro cerámico FL4 de idénticas características al anterior 10,7 MHz y 250 KHz, esta señal filtrada va hacia otro amplificador de FI pero de tipo logarítmico el cual, está integrado dentro de U1b (MC3356). La función de este amplificador logarítmico es básica para esta aplicación, al permitir aumentar el margen dinámico de ganancia (Y) en pantalla y también, al poder establecer una escala vertical en la retícula del TRC de 10 dB / div indicados linealmente hacia arriba y hacia abajo. La filosofía de funcionamiento de este tipo de amplificador, consiste en autocomprimir la ganancia con el fin de obtener una presentación lineal de salida dentro de un amplio margen dinámico, el márgen dinámico de este amplificador logarítmico es de 60 dB, no obstante en la aplicación practica, se ha dejado en 50 dB. La visualización de una señal en un osciloscopio corriente, es directamente proporcional a la tensión de la señal de entrada expresada en V, con un margen dinámico limitado después de ser amplificada; por ejemplo, aplicando una señal de 1 V a la entrada vertical de un osciloscopio y ajustando la ganancia a máxima deflexión en la escala del TRC, al reducir esta señal a la mitad de la amplitud o sea 0,5 V, la señal en pantalla también quedará reducida a la mitad de la escala lo cual, no seria viable en un analizador de espectros, donde es necesario un margen dinámico de ganancia más amplio así como, la presentación de forma logaritmica lineal expresada en dB. La señal de FI de 10,7 MHz se aplica a la patilla 7 de U1b, donde es amplificada de la forma expuesta, detectada y filtrada hasta obtener una envolvente de video; la salida de esta señal útil, es por la patilla 14 donde tenemos un condensador de 470 pF y una resistencia de 470 Ohms los cuales, actúan de primer filtro de RF hacia el ultimo amplificador U8, salida video (D). La alimentación de esta parte amplificadora de U1b, es a +5 V estabilizados. Para esquema eléctrico parcial del receptor, ver la Figura Nº3.

Generador de barrido horizontal (X), blanking y amplificador de video (Y): De manera inicial el circuito de este generador de barrido horizontal (X), parte de un generador de rampas U4 (555), por las patillas 2 y 6, está asociado a un operacional U5 (LM741) como control de tiempo, por la patilla 7 al transistor Q2 (BC327) PNP como generador de corriente; el control manual de frecuencia de este generador, se hace mediante un potenciometro de 10 K Sweep Rate en el panel frontal; U4 por la patilla 3 también se encarga, de generar los pulsos de borrado del retorno rápido no deseado los cuales, forman parte de la señal de barrido en diente de sierra. La salida del generador, es a partir de la intersección de U4 y la salida de U5 patilla 6 que va hacia un operacional U6 (LM741) el cual, actúa de separador a cuya salida patilla 6, tenemos un potenciometro de 10 K, que asume la función X Level desde el panel frontal cuyo cursor, va hacia la salida de señal X Output, que permite conectar con la correspondiente entrada del osciloscopio, con este mando se puede ajustar manualmente la resolución MHz / div, acorde con la escala horizontal del TRC. La alimentación es a +12 y -12 V. Para esquema parcial, ver la Figura Nº4.

Sobre el blanking y amplificador de video (Y) a partir de la patilla 3 de U4 (555), tenemos unos impulsos positivos muy rápidos con la misma frecuencia de la señal de barrido (X), que se aplican a la entrada negativa de un operacional U7 (LM741) patilla 2, este trabaja como comparador con respecto a la tensión constante del diodo zener D3 de 5 V, sobre la entrada positiva patilla 3 y esta disposición, hace que cuando tenemos un impulso en la entrada 2 que sobrepasa el nivel de comparación de la entrada 3, se produce otro impulso positivo a la salida 6 también de característica rápida y estos impulsos a través de un diodo direccional 1N4148, se aplican al amplificador de video (Y) U8 (LM741) entrada negativa 2, de manera simultánea sobre la entrada positiva 3, tenemos las ráfagas de señal de video con los flancos de tendencia negativa, que corresponden a los retornos no deseados de la señal en diente de sierra del barrido (X), el resultado es que por diferenciación, estas dos señales de signo contrario, tienden a anularse a la salida 6 de U8 y por lo tanto, no aparecen en la pantalla del TRC. Sobre este mismo amplificador de video (Y) U8, se ha implementado un filtro de video paso bajo, que es optativo manualmente mediante un interruptor S5 Video filter en el panel frontal, este filtro es de naturaleza activa por el hecho de que la capacidad optativa de 220 pF, forma parte del lazo de realimentación resistiva de U8. La salida de señal útil de

video por la patilla 6 de U8, va a un potenciometro de 10 K con la función Y Level en el panel frontal y desde el cursor del potenciometro hacia el conector Y Output. Con este mando se ajusta manualmente la amplitud vertical, de las señales máximas de RF que forman parte del espectro, en correspondencia con la escala de dB en la pantalla del TRC, esta posibilidad debe de entenderse, como una medición de carácter relativo no absoluto. La alimentación es a +12 y -12 V estabilizados. Para esquema eléctrico parcial y detalles, ver la Figura Nº4.

Amplificador y control VCO: La misma señal de barrido procedente del generador salida (E), se aplica al selector S6 MHz / Div situado en el panel frontal el cual, actúa de divisor de tensión, al controlar la amplitud de la señal en diente de sierra o margen total de frecuencias que están presentes en la pantalla del TRC, esta señal va hacia el amp operacional U9 (LM741) conectado como separador seguidor no inversor, la salida del mismo patilla 6, pasa por un potenciometro de ajuste de amplitud RV2 de 20 K hacia la entrada de otro operacional U10 (LM741) el cual, tiene la misión de amplificar y controlar la señal de barrido sobre el VCO; esta función de control, tiene dos aspectos interesantes, por una parte tenemos un potenciometro RV1 de 100 K multivuelta como Center Freq en el panel frontal con dial de referencia, que permite el centrado manual en pantalla del VCO, cada vez que se cambia la resolución de MHz / Div; con la finalidad de compensar la falta de linealidad horizontal del sistema, o de correspondencia con la escala MHz / Div, se ha dispuesto de otro ajuste interno RV3 potenciometro de 10 K el cual, forma parte del lazo de realimentación de U10 entre la entrada negativa patilla 2 y la salida 6 mediante divisor resistivo, en el que interviene un elemento no lineal como es el diodo D5 (1N4148), de esta manera por ajuste se puede conseguir una presentación óptima. Por lo tanto a partir de la patilla 6 de U10, tenemos la señal de barrido salida (C) VCO, que nos permite controlar el diodo varicap D1. La alimentación es a +12 y -12 V estabilizados. Para esquema parcial y detalles, ver la Figura N°5.

**Fuente de alimentación:** La fuente de alimentación, consiste en un transformador T1 con primario conectable de 120 - 240 V y secundario de 15+15 V / 0,7 A con toma media referida a masa, un puente rectificador D6 de 40 V / 0,5 A este con salidas rectificadas positiva y negativa independientes hacia dos filtros C1 y C2 de 1000 uF / 50V, dos reguladores de tensión U11 y U12 (7812) y (7912) de +12 V / 1 A y -12 V / 1 A respectivamente y filtros a la salida. Esta fuente queda controlada y protegida, mediante interruptor S7 y led Power y por un fusible, en primario del transformador de 0,3 A. Para esquema eléctrico, ver la figura N°5.

Marcador de frecuencias: El marcador de frecuencias de 2, 5 y 10 MHz, consiste en tres osciladores seleccionables, controlados por cristal de cuarzo; las salidas de dichos osciladores, confluyen sobre una etapa separadora con ajuste interno de amplitud y salida hacia un conector BNC situado en el panel posterior que permite, la interconexión mediante cables coaxiales, de un atenuador por pasos de 1 a 100 dB, hacia la entrada de RF del analizador. Este complemento es de gran utilidad, al poder ajustar manualmente de manera optima, la amplitud de barrido (X) o resolución MHz / div, con la frecuencia de entrada y también, la amplitud vertical (Y) en 10 dB / div para un máximo de 50 dB. El circuito de los tres osciladores es el mismo en versión Pierce, donde los cristales de cuarzo Y1, Y2 y Y3 ( 2, 5, y 10 MHz), forman parte del lazo de realimentación positiva, estableciendo el arranque y las frecuencias de oscilación, como elementos activos, tenemos los transistores Q3, Q4 y Q5, (J310) FET N, la salida de señal de cada oscilador es por surtidor mediante capacidades de 100 pF y diodos direccionales hacia otra etapa separadora Q6 (2N2222) NPN, que hace de separador, la salida del mismo por emisor, va a un potenciometro de ajuste de 500 Ohms el cual, permite disponer de una señal máxima de 6 mW sobre una carga de 50 Ohms, aplicable a la entrada de RF del analizador a título de patrón referencial. La selección de dichos osciladores, se hace mediante un conmutador rotativo S8 MHz Marker el cual, aplica la tensión de +12 V sobre cada oscilador y da paso a la señal de RF, por la conducción de cada diodo seleccionado, una cuarta posición, interrumpe dicha tensión de alimentación quedando inactivos los osciladores de RF. Para esquema eléctrico y detalles, ver la Figura N6.

#### CONSTRUCCION

La construcción de este analizador de espectros para HF, es bastante asequible dado que la unidad de RF o receptor, viene dispuesta en una placa de una sola cara con superficie de Cu estañado la cual, permite buenos retornos de masa de todos los elementos activos y pasivos, esta particularidad es muy importante en VHF, para obtener un resultado óptimo y con la misma finalidad, esta unidad queda envuelta por una caja metálica que actúa de blindaje electrostático, los circuitos integrados están montados mediante zócalos con contactos torneados, la sujeción de la placa y blindaje a la base de la caja es por separadores exagonales M3. El conector y atenuadores de entrada de RF, consisten en un conector BNC hembra y tres conmutadores inversores II de palanca miniatura, montados todos en el panel frontal, ubicados dentro de compartimentos estancos practicables y comunicados por cable, mediante pequeños taladros en los tabiques de separación. La placa del generador de barrido horizontal (X) y amplificador de video (Y), es más simple al manipular baja frecuencia y señal de video, todos los circuitos integrados están montados mediante zócalos del mismo tipo, dicha placa va montada con separadores exagonales M3. En el marcador de frecuencias y fuente de alimentación, se ha utilizado placa Repro circuit CT-17, para situar todos los elementos activos y pasivos con buenos resultados, la sujeción de ambas también con separadores exagonales M3. Todas las uniones entre unidades de RF y salidas hacia los potenciometros y conectores BNC hembra X – Y del osciloscopio, se han hecho con cable coaxial RG174 de 50 Ohms. La caja utilizada según las medidas indicadas, es de construcción propia y está hecha con plancha de aluminio de 1 m/m, con el mecanizado correspondiente. He de confesar que a mi, el hacer las cajas de los instrumentos, con su distribución, mecanizado y acabado con las indicaciones impresas, siempre me ha gustado y es por este motivo principal que no he podido evitar, el dotar a este analizador de un envoltorio adecuado. Para detalles constructivos y de distribución, ver vistas interior y exterior, en la Figura Nº7.

## **COMPROBACION Y AJUSTES**

Una vez concluido el montaje de las placas, es necesario el proceder a su comprobación de modo unitario antes de proceder al ensamblado y por lo tanto empezaremos por la Fuente de alimentación, verificando las tensiones estabilizadas de +12 V y -12 V que sean correctas. A continuación se pondrá en marcha el Marcador de frecuencias, asegurando el arranque, oscilación, frecuencia y amplitud, en cada uno de los osciladores por separado, para ello será necesario utilizar un osciloscopio y un frecuencímetro con el cual, mediante el trimer de ajuste de cada oscilador, se situaran en las frecuencias de 2, 5 y 10 MHz, la señal a la salida, deberá ser de 0,56 Vrms sobre 50 ohms en las tres frecuencias; posteriormente dicha señal, se aplicará directamente a la entrada BNC de RF del analizador, intercalando un atenuador por pasos de 1 a 100 dB, con tal de acomodar dicha señal y no sobrecargar la entrada del receptor.

Con respecto al módulo Generador de barrido horizontal (X) y amp de video (Y), es necesario a título provisional, conectar los controles externos de frecuencia de barrido Sweep Rate, el selector S6 MHz / división y el potenciometro multivuelta centrador de frecuencia Cent Freq, todo ello con el fin de poder comprobar mediante un osciloscopio, la variación de frecuencia de barrido, su forma de onda y la amplitud; los extremos de variación de frecuencia, se ajustan mediante resistencias fijas en serie con el potenciometro Sweep Rate para cubrir el margen de 15 a 30 Hz /seg; la amplitud en la salida Horizontal X, con el mando X level de mínimo a máximo va de 0 a 12 Vpp. Se comprobará sobre la salida hacia el VCO, que la pendiente de subida de la onda en diente de sierra, se acorta o se alarga en función de la posición del selector S6 MHz / división, por ejemplo a 0,2 MHz tenemos 1,4 Vpp y a 10 Mhz 20 Vpp, en ambos casos con el mando centrador de frecuencia Cent Freq en el punto optimo de centrado. A la salida Vertical Y con el mando Y level al máximo, se comprobara la presencia de pulsos negativos muy rápidos para el borrado del

retorno de barrido con una amplitud constante de 10 Vpp, es evidente que sobre esta salida hacia el osciloscopio faltaría la señal de video la cual, confluye sobre la entrada positiva de U8 procedente de la salida del módulo del receptor.

La unidad de recepción de 1 a 80 MHz, requiere además de la alimentación a +12 V, de la interconexión con la placa generadora de barrido y las salidas X Y sobre las correspondientes entradas del osciloscopio con una amplitud de 0,1V / división y barrido horizontal exterior. Para proceder al ajuste preliminar del receptor, es necesario cortocircuitar la entrada de RF a masa, una frecuencia de barrido de 20 Hz aproximadamente, el filtro de FI ancho (250 KHz), bajo estas condiciones y utilizando una fuente de RF externa de 145 MHz cual puede ser, un generador de RF o un transceptor a minima potencia modo CW o FM provistos de una pequeña antena, situar esta cerca del filtro helicoidal FL1 y aparecerá en pantalla del TRC sobre la traza de barrido horizontal, una envolvente vertical de poca amplitud lo cual demuestra, que el segundo mezclador U2 con su oscilador local y amplificador logarítmico de FI (10,7 MHz) están activos a partir de aquí, se procederá al ajuste de L4 que es parte del oscilador local (134,3 MHz) a máxima amplitud en pantalla, reduciendo la señal de entrada si es necesario. Para el ajuste de la parte frontal del receptor, hay que suprimir el cortocircuito en la entrada de RF y en este caso, si que sería necesario el disponer de un generador de RF cuyo margen de frecuencia pueda cubrir el rango que indican las características de 1 a 80 MHz y también, es importante el contar con el atenuador de entrada por pasos de 10 dB con una atenuación total de 40 dB, para no sobrepasar el nivel de señal máxima en la entrada de RF de -20 dBm sobre una impedancia de 50 Ohms, el primer ajuste a realizar por tanteo es sobre L2 la cual, forma parte del VCO del primer mezclador U1a, hasta conseguir que aparezcan en pantalla del TRC debidamente centradas, las distintas frecuencias desde 1 a 80 MHz, en esta operación es necesario el ajuste del filtro helicoidal FL1 (145 MHz) y el de FI paso de banda estrecha FL2 (10,7 MHz), controlando la amplitud y forma de onda de manera optima en la pantalla del TRC, todos estos ajustes finales requieren de un cierto grado de paciencia. Otra cuestión importante, es la de conseguir un cierto grado de linealidad de las escalas tanto horizontal X como vertical Y en la pantalla del TRC, ello con respecto a la frecuencia MHz / división y dB / división. Para la escala horizontal X, es necesario el disponer del marcador de frecuencias de 2, 5 y 10 MHz, este generador de RF auxiliar tiene la particularidad de aportar además de la frecuencia fundamental, sus respectivos armónicos de orden superior los cuales, están siempre presentes actuando de patrones sobre el eje horizontal X, para conseguir este grado de linealidad en toda la escala, es necesario proceder al ajuste de los potenciometros que forman parte del amplificador y control del VCO RV2 y RV3, el primero interviene en la amplitud y el segundo, lo hace con la linealidad, una vez concluido dicho ajuste visual en pantalla, se actuara siempre con el mando exterior X Level, para acomodar la escala MHz / div previamente con el marcador y después con la frecuencia que se esté analizando. En cuanto a la escala vertical Y, además del mando exterior de amplitud Y, tenemos el atenuador de RF de 10, 10 y 20 dB y un atenuador exterior por pasos de 1 a 100 dB, este dispositivo nos ha de permitir, acomodar la señal fundamental en pantalla del TRC, con una amplitud relativa máxima de 50 dB que corresponderia a 10 dB / división. Bajo estas condiciones indicadas, se consiguen unas amplitudes y presentación optimas de señal a las salidas X Y del analizador de espectros, al ser conectado a un osciloscopio de servicio Hameg HM 203, en modo X Y, barrido exterior y con los controles de amplitud horizontal X y vertical Y en 0,1 V / división. Ver diagrama de interconexión en la Figura Nº 8

#### APLICACION Y COMENTARIOS

Como se ha visto al principio, las prestaciones de este instrumento no son comparables a las de otros analizadores de mercado, pero si pueden ser útiles dentro de nuestro campo de actividades cual serían, el comportamiento armónico de osciladores de RF de todo tipo, el análisis armónico en transceptores decametricos y amplificadores lineales para HF y además, la influencia de los filtros

paso bajo LPF a la salida de dichos dispositivos de RF, a primera vista es lo que se me ocurre pensar en cuanto a posibles aplicaciones.

Para efectuar la comprobación de un oscilador o generador de RF que este dentro del ámbito de HF y cuya potencia de salida no exceda de 100 mW, +20 dBm, sobre una impedancia de 50 Ohms, es necesario un atenuador exterior por pasos de 1 a 100 dB para acomodar el nivel de potencia sobre la entrada de RF del analizador, contando con el atenuador de 10, 10 y 20 dB, que incorpora el analizador de espectros. El resultado es ver y comprobar la presencia de la señal fundamental seguida de los armónicos segundo y tercero en orden de amplitud, téngase presente que la evaluación de este parámetro en dB es de carácter relativo con respecto a la señal fundamental la cual, no expresa potencia si no una amplitud relativa en pantalla del TRC, las otras magnitudes armónicas se expresan en dB de manera comparativa. Ver diagrama de interconexión y aplicación básica, en la Figura N°8.

En un análisis sobre la respuesta armónica de un transmisor o amplificador de RF para HF, modalidad CW, ocurre que el nivel de potencia de RF a la salida hacia la carga, no permite el acoplamiento directo, dado que los niveles pueden ser de 1 a 10 W sobre impedancia de 50 Ohms en equipos QRP y de 10 a 500 W impedancia de 50 Ohms para equipos decametricos, bajo estas condiciones de potencia, es necesario el intercalar un sistema, que permita extraer una pequeña muestra de señal con el fin, de activar el analizador de espectros, sin alterar la transferencia de potencia hacia la carga. Un elemento que puede resultar muy útil, es un acoplador direccional el cual, está fundamentado en el principio de funcionamiento de los transformadores de intensidad en técnicas de medición sobre las líneas de transmisión de energía eléctrica, consta de una porción muy corta de cable coaxial de 50 Ohms entre dos conectores PL de entrada y salida, esta se intercala entre la fuente de potencia y la carga artificial de 50 Ohms, este segmento de cable actúa como primario de este transformador de intensidad; como núcleo y devanado secundario de este transformador, tenemos un toroide de ferrita FT50-61 con una permeabilidad de 125 sobre el cual, se han bobinado 30 espiras de hilo esmaltado de 0,4 m/m de diámetro, el coaxial transcurre por el agujero interior del núcleo como si de una sola espira se tratase. Esta disposición ya operativa del acoplador direccional, sobre la línea de transmisión entre la potencia y la carga, le confiere un factor de acoplamiento o de atenuación, de unos 32 dB y la respuesta en frecuencia es de 1 a 80 MHz (-2 dB), de tal manera, que si tenemos una potencia en transmisión de 100 W, +50 dBm, sobre 50 Ohms y modalidad CW, a la salida del acoplador direccional, dispondremos de 63 mW, +18 dBm, a 50 Ohms. Para poder acomodar esta muestra de potencia, hacia la entrada de RF del analizador, contamos primero con atenuadores fijos exteriores e independientes, de 10 dB, 50 Ohms y con una disipación de 0,25 y 2 W, además del atenuador por pasos de 1 a 100 dB con lo cual, el sistema permite, la comprobación de la respuesta armónica en amplificadores de RF de hasta 500 W de potencia de salida. En todos los casos que se han expuesto y con este sistema de análisis, se puede comprobar la influencia positiva de los filtros paso bajo LPF, al atenuar de manera eficaz los armónicos de orden superior no deseados y es por ello, que los vemos formando parte integrante a la salida de cualquier generador o amplificador de RF. Ver dos diagramas de aplicación, con el acoplador direccional y atenuadores, en la Figura Nº9. Esquema eléctrico, detalles constructivos y de acabado, del acoplador direccional y atenuadores fijos de 0,25 y 2 W, 50 Ohms, en las Figuras Nº10 y Nº11. Fotos de construcción y acabado del acoplador direccional y atenuadores fijos en la Figura Nº12. y finalmente, la exposición de resultados, con imágenes de ensayos reales, en las Figuras del N°13 al N°18.

Después de todo lo expuesto, cave pensar en la utilidad de este instrumento como sistema de comprobación preliminar, en futuros proyectos de transceptores y amplificadores lineales para HF los cuales, deberán cumplir con la normativa que regula los valores de toda radiación no esencial.

Entre tanto, saludos de Joan, EA3-EIS.

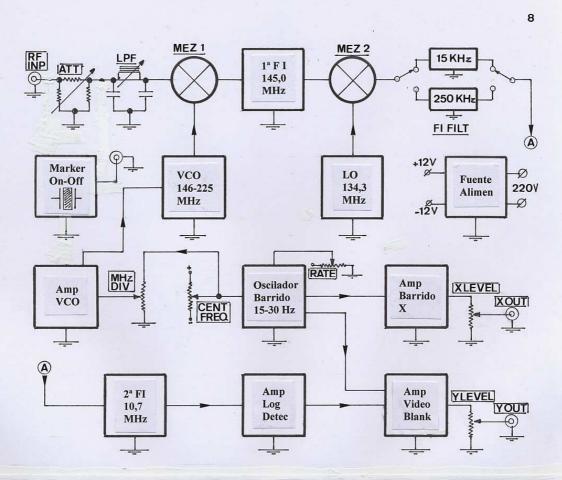
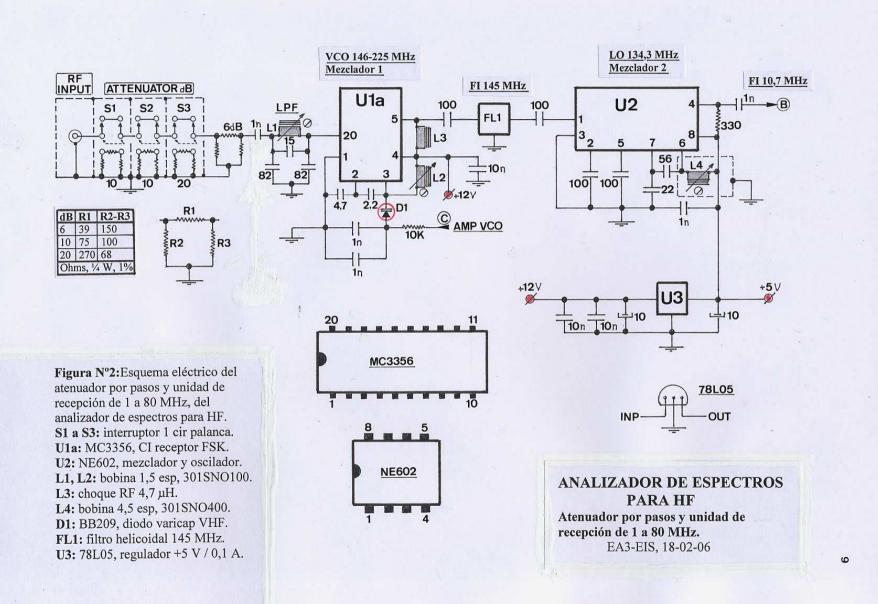
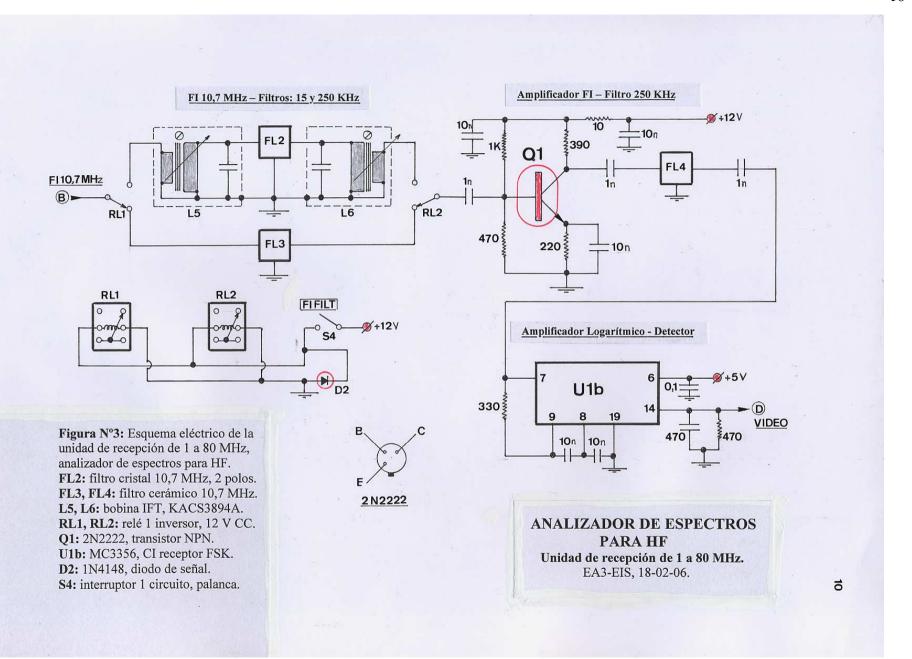


Figura Nº1: Diagrama de bloques del analizador de espectros para HF el cual, conectado a las entradas X-Y de un osciloscopio ha de permitir, hacer un análisis preliminar de la respuesta armónica, de osciladores, transceptores HF en la función Tx modalidad CW y también, de amplificadores lineales. Como se ha indicado este proyecto y realización, consiste básicamente en un receptor superheterodino de doble conversión y cobertura continua de 1 a 80 MHz, mediante sintonía automática por VCO controlado este, por una señal de barrido repetitiva en diente de sierra, una vez seguido el proceso de recepción y detección de la señal de RF, esta es aplicada a la entrada vertical Y de un osciloscopio, al mismo tiempo que la señal de barrido también se aplica a la entrada horizontal X del mismo instrumento de visualización, obteniéndose en la pantalla del TRC, una imagen espectral de las señales de RF en tiempo real, este seria en síntesis el principio de funcionamiento del sistema. Como descripción simplificada y partiendo de la señal de RF de entrada, tenemos un atenuador por pasos, un filtro LPF de 0 a 80 MHz, el primer mezclador donde confluye el VCO de 146 a 225 MHz, obteniéndose una primera FI de 145 MHz, segundo mezclador con entrada de un oscilador local LO de 134, 3 MHz, una segunda FI de 10,7 MHz con filtros seleccionables de 15 KHz y 250 KHz, amplificador logarítmico de FI y detector, amplificador de vídeo con supresión de traza de retorno en pantalla del TRC y control de amplitud Y Level hacia la salida vertical Y Output. A parte del receptor, tenemos un generador de diente de sierra que mediante controles: de frecuencia de barrido de 15 a 30 Hz, amplitud MHz / división y centrado Center freq, actúan sobre el VCO y la salida X Output hacia el osciloscopio, precedida esta por un control de amplitud X. Los mandos de amplitud, permiten ajustar las escalas vertical y horizontal del TRC de acuerdo con la amplitud relativa de las señales en dB y la frecuencia en MHz.







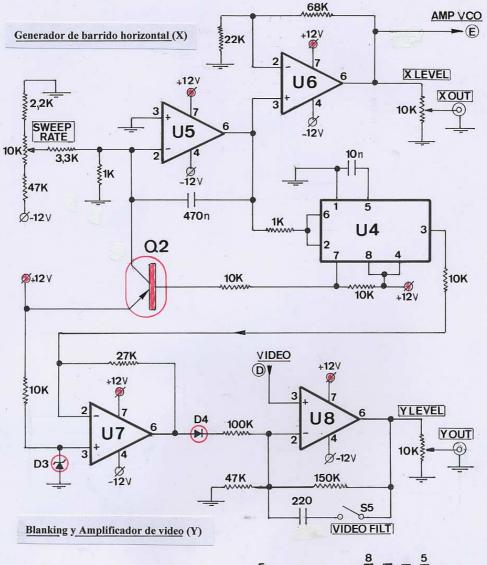
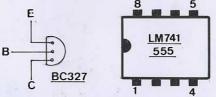
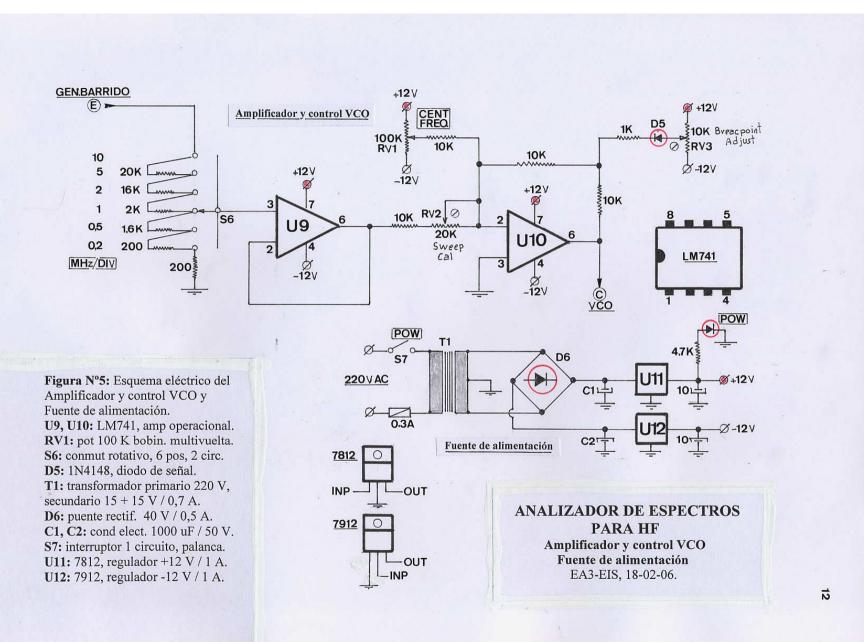


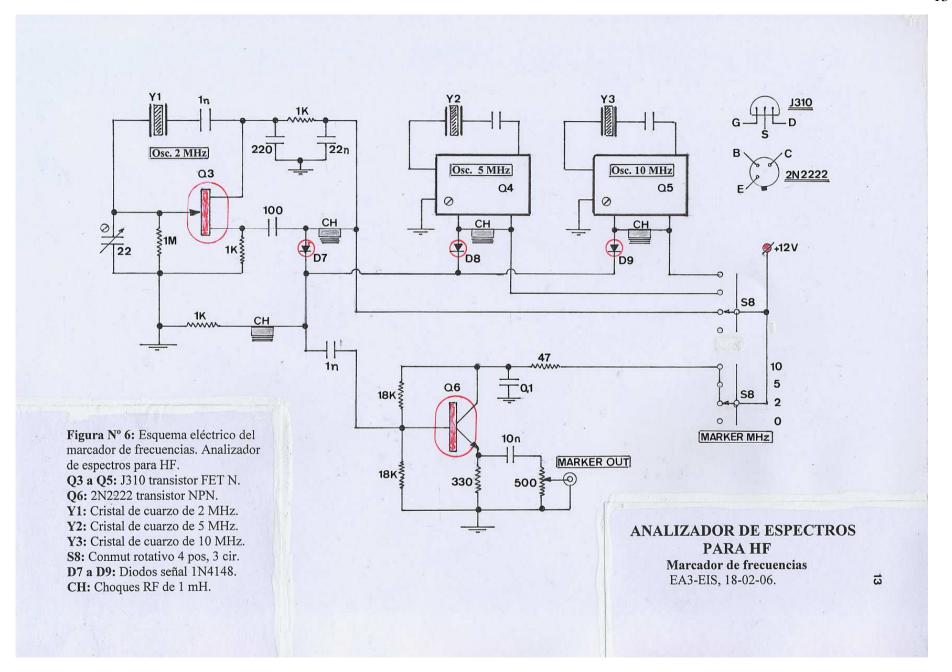
Figura N°4: Esquema eléctrico del Generador de barrido (X), Blanking y Amplificador de video (Y).
U4: 555, oscilador integrado TTL.
U5 a U8: LM741, amp operacional.
Q2: BC327, transistor PNP.
D3: diodo Zener, 5,1 V.
D4: 1N4148, diodo de señal.
S5: interruptor 1 circuito, palanca.



# ANALIZADOR DE ESPECTROS PARA HF

Generador de barrido horizontal (X) Blanking y Amplificador de video (Y) EA3-EIS, 18-02-06.









**Figura Nº7:** Analizador de espectros para HF. En la foto de arriba una vista interior del mismo, de izquierda a derecha, el marcador de frecuencias con la salida de señal hacia el conector BNC en el panel posterior, la fuente de alimentación y al fondo el amplificador de video, en primer término la unidad de recepción de 1 a 80 MHz con su respectivo blindaje. En la foto inferior, el analizador ya operativo con un atenuador por pasos interconectado para hacer la calibración en pantalla del TRC, véase también, la distribución en el panel frontal, de todos los mandos y conectores BNC.

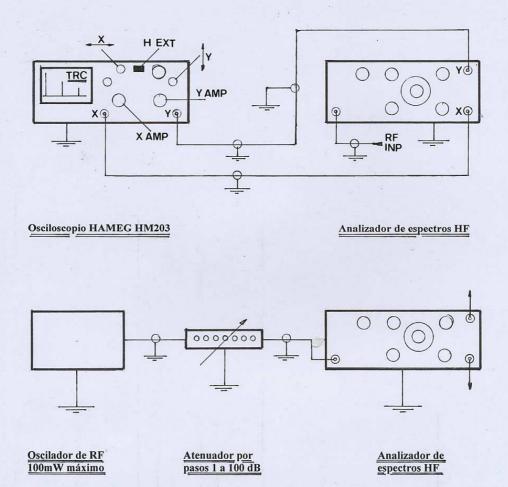


Figura Nº8: En la parte superior, tenemos el diagrama de interconexión, entre el analizador de espectros HF y un osciloscopio de servicio HAMEG modelo HM203. El interconexionado consiste, en dos cables coaxiales de 50 Ohms, con sus conectores BNC macho en cada uno de sus extremos los cuales, han de permitir la unión, entre las respectivas salidas y entradas X-Y de ambos instrumentos. De manera previa algunos de los mandos del osciloscopio, como la amplitud horizontal (X) y vertical (Y), deben estar a 0,1 V / div, la deflexión horizontal del TRC en exterior y el desplazamiento X-Y del TRC según los mandos de posicionamiento. En la parte inferior, un diagrama de aplicación elemental, este seria el caso de un oscilador o generador de RF, cuya potencia de salida, no exceda de 100 mW sobre una impedancia de 50 Ohms, para esta potencia extrema de +20 dBm seria necesario, utilizar un atenuador por pasos de 1 a 100 dB, con tal de acomodar el nivel de potencia a unos -20 dBm como máximo, para no sobrecargar la entrada de RF del analizador, téngase presente que es necesario dejar un margen de amplitud, para el ajuste de la señal relativa en dB sobre la pantalla del TRC. Se ha comprobado, que una amplitud relativa máxima en pantalla de 50 dB para la señal fundamental, tiene un comportamiento bastante lineal, a razón de 10 dB por división, tanto en la señal fundamental como en los productos armónicos de segundo y tercer orden.

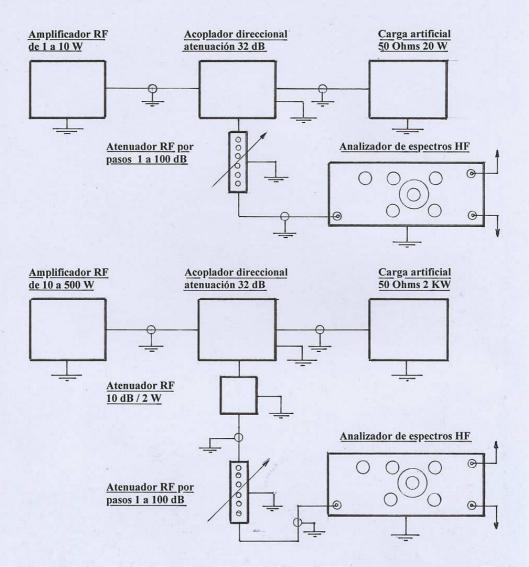
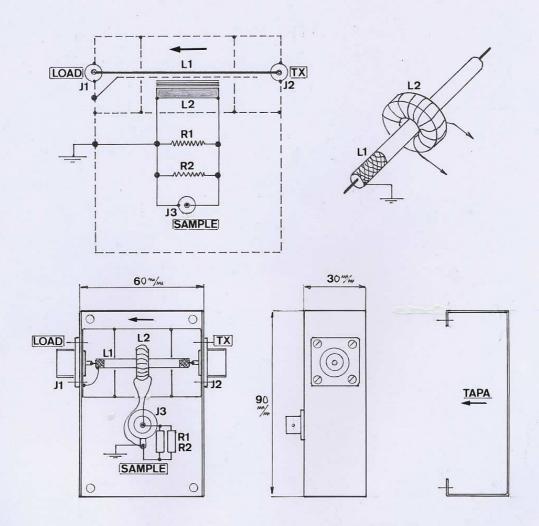


Figura N°9: En la parte superior, diagrama de aplicación en un transmisor o amplificador de RF modalidad CW, Con una potencia de 1 a 10 W (QRP) equivalente a un máximo de +40 dBm, en este caso como elemento de muestreo, se utiliza un acoplador direccional cuyo factor de atenuación es de32 dB, esta señal puede ser apta para aplicar a la entrada de RF del analizador, a través de un atenuador por pasos de 1 a 100 dB y 0,25 W por célula. En la parte inferior, otra posible disposición, para aplicar en el análisis espectrográfico, de potencias de 10 a 500 W, como podrían ser, transceptores o amplificadores de RF para HF en la modalidad de CW, aquí como elemento de muestreo, tenemos el mismo acoplador direccional, cuya atenuación hacia el analizador de espectros es de 32 dB, a diferencia del ejemplo anterior, en la salida BNC del acoplador direccional, se ha intercalado un atenuador fijo de 10 dB / 50 Ohms / 2 W, más un atenuador por pasos de 1 a 100 dB / 0,25 W con lo cual, se asegura que la amplitud de señal hacia la entrada de RF del analizador es adaptable, con tal de conseguir una amplitud relativa de 50 dB, en la escala reticulada del TRC del osciloscopio y sobre la señal fundamental que se está analizando.



**Figura Nº10:** Esquema eléctrico y detalles del acoplador direccional para el analizador de espectros HF.

L1: cable coaxial RG223, longitud 50 cm.
L2: nuc toro FT50-61, 30 esp, hilo 0,4 di.
J1, J2: conector PL hembra, suj c/ tor M3.
J3: conector BNC hembra, suj c/ tuerca.
R1, R2: resistencia 100 Ohms, 2 W, 10 %.
Notas: la caja es del comercio, aluminio anodizado y s/ medidas; la caja comparti mentada, es de plancha de Zinc 0,5 m/m, soldada con estaño y c/ tapa a presión.

## CARACTERISTICAS GENERALES

Margen de frec: de 1 a 80 MHz (-2 dB). Atenuación a la salida: 32 dB (Sample). Potencia máxima: 300 W (Load). Impedancia: 50 Ohms.

## ANALIZADOR DE ESPECTROS PARA HF

Acoplador direccional EA3-EIS, 18-02-06.



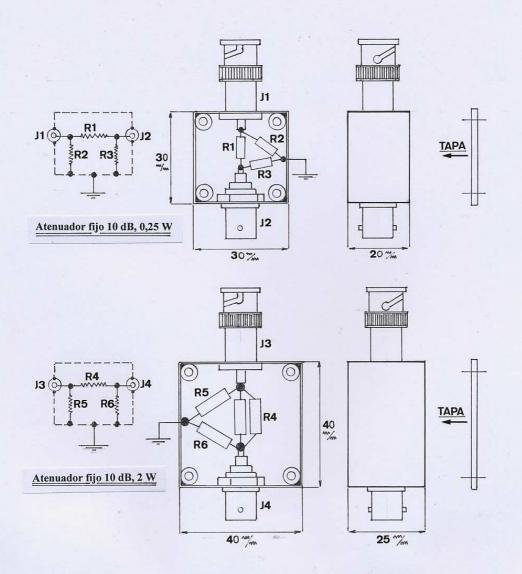


Figura N°11: Esquema eléctrico y detalles de los atenuadores fijos de 10 dB, para el analizador de espectros HF.

J1, J3: conector BNC macho RG174.

J2, J4: conector BNC hembra c/ tuerca.

R1: resistencia 71,5 Ohms, 0,2 W, 1%.

R2, R3: resistencia 95,3 Ohms, 0,2W, 1%.

R4: 2 resist 150 Ohms, 1W, 5%, paralelo.

R5, R6: resistencia 100 Ohms, 2 W, 5%.

Nota: las cajas son de plancha de Cu de 0,5 m/m soldado con estaño, las tapas de aluminio, sujetas con tornillos M3.

# CARACTERISTICAS GENERALES

Atenuación a la salida: 10 dB.

Impedancia: 50 Ohms.

Margen de frecuencia: 1 a 160 MHz.

Potencia disipación máx: 0,25 y 2 W.

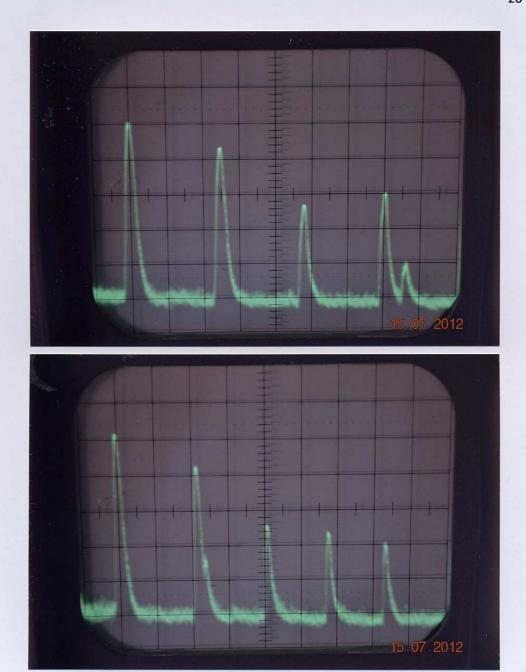
## ANALIZADOR DE ESPECTROS PARA HF

Atenuadores de RF fijos, de 10 dB EA3-EIS, 06-06-09.



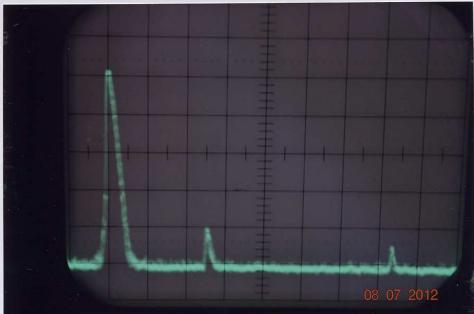


**Figura Nº12:** Vista exterior del acoplador direccional y de los atenuadores. En la foto superior por la izquierda, tenemos el acoplador direccional con los conectores PL de entrada y salida hacia la carga de 50 Ohms y encima del mismo, el conector BNC para la señal de muestra con una atenuación de 32 dB, le siguen tres atenuadores fijos de 10 dB / 0,25 y 2 W de potencia máxima. En la foto inferior, dos atenuadores de 1 a 100 dB / 0,25 W de potencia máxima por célula, este atenuador es de suma importancia al hacer las mediciones, para más detalles sobre el mismo, ver el reportaje Nº12, atenuadores por pasos de baja potencia.



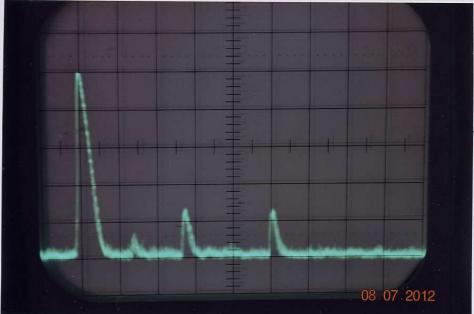
**Figura Nº13:** Espectrogramas de las señales de los marcadores de frecuencia. La foto superior, corresponde a la frecuencia de 5 MHz, con una resolución horizontal de 2 MHz / div y una amplitud vertical máxima, de 50 dB relativos a razón de 10 dB / div. En la foto inferior, otra de las frecuencias la de 10 MHz, con una resolución horizontal de 5 MHz / div, con la misma amplitud máxima y también con 10 dB / div. En ambos casos, la primera señal de más amplitud o fundamental, seguida de los armónicos más próximos de amplitud decreciente, permiten establecer una calibración relativa, tanto de la frecuencia en MHz, como de la amplitud en dB.





**Figura Nº14:** Análisis de un VFO exterior PLL de 5 a 5,5 MHz. En la foto superior, el VFO conectado con la entrada de RF del analizador, a través de un atenuador por pasos de 1 a 100 dB, con tal de poder acomodar la señal, previa calibración de la pantalla del TRC, con el marcador de frecuencias. En la foto inferior el resultado del ensayo, con la señal fundamental a 5250 KHz, con una amplitud máxima de 50 dB relativos, seguida del segundo armónico 40 dB por debajo, la señal que aparece más a la derecha, es una espícula no deseada del propio sistema, la resolución horizontal es de 2 MHz / div y la vertical 10 dB / div.





**Figura Nº15:** Análisis de un amplificador lineal para HF (2 x 2SC1971) 10 W de potencia, sin filtros LPF. En la foto superior, solamente el amplificador de referencia el cual, suelo utilizar para efectuar pruebas con filtros y antenas, activado este por un generador de RF a 14,200 KHz, atenuador por pasos de 1 a 100 dB y a la salida hacia el vatímetro con carga artificial de 50 Ohms, un acoplador direccional con atenuadores, que permiten acomodar la señal a la entrada de RF del analizador. En la foto inferior el resultado de las pruebas, donde tenemos la señal fundamental, seguida de los armónicos segundo y tercero, cuyas amplitudes, son excesivas debido a la falta de filtros LPF. La resolución horizontal es de 5 MHz / div y la vertical 10 dB / div.



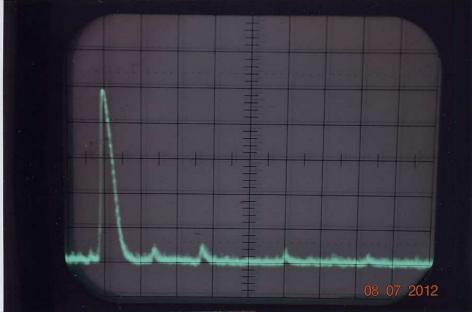


Figura Nº16: Análisis de un amplificador lineal para HF (2 x 2SC1971) 10 W de potencia, con filtros LPF, frecuencia 14200 KHz, modo CW. En la foto superior, además del amplificador HF multibanda, todo el dispositivo necesario para efectuar dicho ensayo, de izquierda a derecha, el amplificador lineal, los atenuadores por pasos de 1 a 100 dB, el analizador de espectros, encima el acoplador direccional con atenuador de 10 dB / 2 W y al fondo, el vatímetro con la carga artificial conectada. En al foto inferior el resultado del análisis, con la señal fundamental de amplitud máxima de 50 dB seguida de los armónicos segundo y tercero, a más de 40 dB por debajo. La resolución horizontal es de 5 MHz / div y la vertical 10 dB / div.



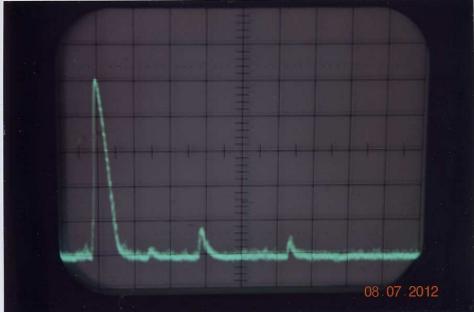


Figura Nº17: Análisis armónico, en un transceptor HF multibanda de baja potencia (2 X 2SC1972) 15 W de salida, frecuencia 14200 KHz, modo CW. En la foto superior, buena parte del sistema conectado ya operativo, de izquierda a derecha, el transceptor a cuya salida de antena, queda intercalado el acoplador direccional, hacia el vatímetro y carga de 50 Ohms, a la salida del acoplador hacia la entrada de RF del analizador, los dos atenuadores, fijo y variable. En la foto inferior, tenemos el resultado del ensayo, con la señal fundamental de 50 dB, seguida de los armónicos segundo y tercero cuya amplitud, está a más de 40 dB por debajo de la primera señal. La resolución horizontal, es de 5 MHz / div y la vertical 10 dB / div.





**Figura Nº18:** Análisis armónico, en un transceptor FT897, potencia de salida 100 W, frecuencia 14200 KHz, modo CW. En la foto superior, el transceptor bajo prueba funcionando, acompañado de todos los elementos necesarios, para llevar a buen término la prueba pertinente, obsérvese que en estas potencias, se hace imprescindible el acoplador direccional y el atenuador fijo de 10 dB / 2 W. En la foto inferior, tenemos el resultado de la prueba, con la señal fundamental a la frecuencia indicada, seguida del segundo armónico el cual, está más de 40 dB por debajo y el tercer armónico, no se hace visible. La resolución horizontal es de 5 MHz / div y la vertical de 10 dB / div.