# N°29: SINTETIZADORES DE 5 A 5,5 MHz (II)

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 31-05-04. Sant Cugat del Vallés (Barcelona) <u>ea3eis@hotmail.com</u>

#### INTRODUCCION

Tal como ya indiqué en el último artículo sobre sintetizadores, hoy se presenta un sistema cuyo control de sintonía, se hace mediante un codificador óptico del tipo rotativo al igual, que un mando frontal de sintonía clásico. Este dispositivo, ha permitido una operatividad del PLL mucho más cómoda, pues con los conmutadores de programación manual: N0 a N10 era más bien, de una eficacia demostrativa del sistema básico, como quedó bien claro en el trabajo anterior.

Para poder llevar a término esta experiencia totalmente nueva para mi, he de decir que me inspiré, en un artículo de la revista Le Haut-Parleur N° 1743 autor M. Lebrel el cual, me fué facilitado por EA3-ZA, gracias Miquel por la información. De este trabajo solamente tuve en cuenta, el circuito de programación del sintetizador MC145151 que se hace, por contadores sincronos adelante/atrás, con un presentador de la frecuencia de tres dígitos que puede ser opcional y codificador óptico rotativo para la sintonía por saltos de 1 KHz. El resto de la circuiteria que comprende este sintetizador, es similar a la versión anterior (I) con alguna variante.

#### **CARACTERISTICAS**

Las características más importantes de este sintetizador de 5 a 5,5 MHz (II), son las que se indican a continuación:

**Margen de frecuencia** : de 5 a 5,5 Mhz.

Sistema de sintonía : por codificador óptico rotativo.

Salto programado : 1 KHz. Enclavamiento frec. : 5250 KHz.

Presentación frecuencia : digital, tres dígitos.Deriva en la frecuencia : 5 Hz, después de 30 min.

Ajuste fino (RIT) : 2,2 KHz.

**Señal de salida** : máximo 2 Vpp, senoidal.

**Impedancia de salida** : 50 Ohms.

**Alimentación** : tensión de red 220 Volts AC. **Dimensiones y peso** : 155x175x75 m/m y 1,6 Kg.

#### **DESCRIPCION**

En esta descripción, se pasarán por alto algunos aspectos de principio los cuales, ya fueron expuestos con anterioridad, solamente el poner de manifiesto, que el circuito integrado MC145151 se ha mostrado muy apto para esta aplicación y que las entradas binarias de 14 bits (N0 a N13) que incorpora, se pueden programar y controlar perfectamente mediante contadores síncronos adelante/atrás, los impulsos de control, son generados por un codificador óptico rotativo manual y circuito detector de sentido de giro con antirrebote. También he de decir que este sintetizador, se ha pensado para aquellos equipos monobanda QRP que no incorporen frecuencímetro y cuyo VFO, esté dentro del margen de la frecuencia; con esta intención, se ha previsto de manera opcional, un contador de impulsos Up/Down, con tres displays indicadores de los tres últimos dígitos más significativos de dicha frecuencia expresada en KHz. Los módulos que comprende este sintetizador,

son los siguientes: PLL y control, frecuencímetro, codificador óptico, VCO, oscilador de referencia y fuente de alimentación.

PLL v control: Sobre este módulo, procuraré dejar de lado el PLL v haré más énfasis en el control sobre las entradas binarias N0 a N10 de U1 (MC145151) dicho control digital, corre a cargo de un contador binario Up / Down que tiene la particularidad, de programar y controlar en tiempo real, la combinación necesaria de U1; este dispositivo, consta de tres contadores en cascada: U2, U3 y U4, (40193) contadores adelante/atrás, binarios sincronos de cuatro bits programables, esta programación y conteo se hace a partir de la interconexión de N0 a N10 y las salidas de datos de U2, U3, y U4 patillas: 7, 6, 2 y 3. Para conseguir el enclavamiento de la frecuencia a 5250 Khz, al poner en marcha el sintetizador, las entradas de preselección de U2, U3 y U4, patillas: 9, 10, 1 y 15, se han programado o activado (1) según el código binario de N0 a N10 y en correspondencia con dicha frecuencia: 4096+1024+128+2 = 5250; la entrada N12 (4096), está permanentemente activada sobre U1 patilla 22. Esta programación inicial, se ha previsto para una mejor comodidad operativa del sintetizador al cambiar la frecuencia, partiendo desde el centro del margen de 5 a 5,5 MHz; hay que evidenciar, la ventaja del salto de 1 KHz. El desplazamiento de la frecuencia en sentido ascendente o descendente al sintonizar el VCO, se hace al aplicar los impulsos provenientes del codificador óptico rotativo, sobre las dos entradas de reloj adelante/atrás (up – down) de U4, patillas: 5 y 4 y a la vez en el mismo contador U4, los impulsos estarán presentes en las salidas de acarreo adelante/atrás patillas: 12 y 13 y de manera sucesiva, sobre U3 y U2; partiendo de estas secuencias, se establece el control digital de forma manual sobre U1. La alimentación del módulo, es a +12V y +8V estabilizados por U 5 (78L08). Ver esquema eléctrico, en la Figura Nº1.

Frecuencímetro: El contador de frecuencia de tres dígitos, presenta las tres cifras más significativas en KHz y está formado básicamente, por: U6, U7 y U8, (40192) como décadas contadoras adelante/atrás, decimales programables. El conteo se hace también, aplicando los pulsos que provienen del codificador óptico ya sean, en sentido ascendente o descendente (up – down), sobre las dos entradas de reloj adelante/atrás de U6 patillas: 5 y 4; después de efectuado el conteo decimal en la década, un pulso de acarreo estará presente en las patillas: 12 o 13, adelante/atrás del mismo CI y así de forma sucesiva sobre U7 y U8. La situación de enclavamiento a 5250 KHz al poner en marcha, viene dada por estar activadas o desactivadas (1 ó 0) las entradas de datos de U6, U7, y U8, patillas: 9, 10, 1 y 15, ver tabla II. Para memorizar y activar los displays de presentación, se cuenta con tres decodificadores BCD de siete segmentos con memoria y excitador: U9, U10 y U11, (4511) cada uno de los cuales, patillas: 6, 2, 1 y 7, está unido a las salidas de datos de cada década contadora, patillas: 7, 6, 2 y 3, de manera respectiva. Las salidas decodificadoras de siete segmentos: a, b, c, d, e, f, g, patillas: 13, 12, 11, 10, 9, 15 y 14 respectivamente de: U9, U10 y U11 a través de resistencias de 1K, van hacia los ánodos de cada uno de los tres presentadores: DS1, DS2 y DS3 (LC4341-11) displays de cátodo común, color rojo. La alimentación del frecuencímetro opcional, se hace a +12V estabilizados a partir de la fuente de alimentación general. Ver esquema eléctrico, en la Figura Nº 2.

Codificador óptico: El codificador óptico de tipo rotativo, es quizá la parte más laboriosa de este montaje, está formado por un diodo emisor infrarrojo D1 (TSUS3400) y dos fototransistores receptores de característica espectral similar: Q2 y Q3 (L932P3C), NPN estos últimos en batería y montados en uno de los dos brazos de una "U" de aluminio a título de soporte y también de acoplamiento óptico al estar los elementos activos, emisor-receptores dispuestos frente a frente con un espacio de separación por el cual, discurre un disco obturador de doce delgas rectangulares o espacios de luz y sombra; este disco es también, solidario mediante eje de 6 m/m, de un selector mecánico de disco dentado y muelle con doce posiciones que coinciden con el estado de sombra (reposo) y de un botón de accionamiento en el panel frontal; todo este dispositivo de sintonía, queda ensamblado en otra "U" de aluminio de dimensiones apropiadas; tanto el soporte de los sensores ópticos como el disco obturador, están pintados ambos, de color negro óptico (mate). La filosofía y principio de funcionamiento de este codificador óptico, generador de los impulsos de reloj

adelante/atrás, se podría expresar partiendo del diodo D1 el cual, alimentado a +12V, estará emitiendo de manera permanente, pero al girar el mando de sintonía y al pasar de la situación de sombra (reposo) a la de luz sobre Q2 y Q3 por efecto del disco obturador, se activarán los fototransistores produciéndose dos impulsos sucesivos al incidir la luz sobre cada uno de ellos; el primer impulso a la salida de colector de Q2 o Q3, dependerá del sentido de giro de dicho mando y por lo tanto, será necesario en primer lugar, configurar dichos impulsos o convertirlos en ondas cuadradas uniformes, tanto en tiempo como en amplitud, esta función corre a cargo de U12 (7400) CI de cuatro puertas NAND de doble entrada, se utilizan dos puertas para cada sentido conectadas como disparadores de Schmitt, a cuyas salidas, patillas: 6 y 11, tenemos pulsos rectangulares de 30 ms y 7V; estos pulsos, separados por un pequeño intervalo de tiempo y generados de principio por los fototransistores Q2 y Q3, son enviados a un circuito separador U13 (7400) el cual, se encarga también de distribuirlos de manera adecuada, a partir de sus salidas, patillas: 3, 6 y 8, 11 hacia un doble flip-flop U14 (7474) de tal manera, que este CI con su disposición, es capaz de descriminar el primer pulso e inhibir el segundo, ya sea en un sentido u otro de giro del mando de sintonía; después de todo este proceso y a las salidas de U14 patillas: 6 y 8, ya tenemos de manera muy definida y según el sentido de giro del mando de sintonía, los pulsos de reloj adelante/atrás, aplicables mediante adaptación resistiva TTL a CMOS, sobre el control del PLL y frecuencímetro de manera simultánea. Cave añadir, que este circuito tiene un comportamiento antirrebote excelente, pues no se produce ninguna alteración en el conteo de la frecuencia por pulsos erráticos. La alimentación de toda la circuiteria excepto D1, es a +8V estabilizados por U15 (78L08). Para esquema eléctrico y detalles constructivos de este codificador óptico rotativo, ver Figura Nº 3.

**VCO:** El VCO es un circuito oscilador en versión Colpitts, como elemento activo tenemos, el transistor Q4 (BF494) con salida por emisor y mediante una pequeña capacidad de acoplamiento (47pF), se aplica la señal de RF de unos 2Vpp sobre la patilla 1 de U1 lo cual ha de permitir, efectuar el proceso de división y comparación con la otra señal de referencia. La salida útil de RF, se hace partiendo del devanado de acoplamiento del transformador sintonizable L1 hacia la base de Q5 (BC546), con salida de baja impedancia por emisor y a continuación la señal de RF, pasa por un filtro paso bajo LPF con el fin, de obtener una forma de onda senoidal, de amplitud máxima de 2Vpp regulable y exenta de armónicos de orden superior. La sintonía de L1, corre a cargo del diodo varicap D2 (BB112), cuya capacidad varia en función de la tensión continua filtrada y proveniente, de la salida del comparador de fase de U1 patilla 4 de tal manera, que a la frecuencia de 5 MHz, correspondería una tensión sobre el diodo D2 de + 4 V y a 5,5 MHz seria de + 5,6 V . La alimentación de dicho VCO, es de + 8V estabilizados por U18 (78L08). Se ha previsto un blindaje electrostático de separación del resto de circuiteria. Para el esquema eléctrico del VCO, ver la Figura N° 4.

Oscilador de referencia: El oscilador de referencia, consiste en un oscilador TTL ya conocido U20 (7400) con un cristal de 10240 KHz y a continuación, una década contadora TTL U21 (7490) que divide por diez, obteniéndose a su salida los 1024 KHz necesarios para aplicar a la patilla 27 de U1 lo cual, permite hacer la comparación y establecer, el salto mínimo de 1 KHz al operar la sintonía mediante el codificador óptico rotativo. Para conseguir el ajuste fino de frecuencia RIT, tanto en recepción como en transmisión, se ha dispuesto en serie con el cristal de 10240 KHz, un pequeño condensador variable con reductor de 2x15 pF, con las dos secciones conectadas en serie el cual, accionado por un mando exterior en el panel frontal, permite una variación continua en la frecuencia útil resultante de 2,2 KHz; el pequeño condensador de 3,3 pF, es el que establece la capacidad mínima en serie que ha de permitir, un buen arranque y amplitud de la señal en todas las condiciones de trabajo. La prestación de 2,2 KHz, era importante para poder solapar de manera holgada el salto de 1 KHz. La alimentación, es a + 5 V por un regulador de tensión U19 (78L05). El esquema eléctrico puede verse, en la Figura Nº 4.

**Fuente de alimentación:** La fuente de alimentación, parte de la red por transformador primario a 220 V y secundario de 18 V / 0,5 Amp. rectificador puente, filtro y regulador de tensión

de +12V / 1 Amp U17 (7812) esta es la tensión de suministro general; un interruptor y led rojo de control Power permiten la conexión o desconexión de la red de 220 Volts. Esta fuente, se ha previsto para una mayor versatilidad del sintetizador al ser conectado a la toma de VFO exterior de cualquier transceptor de características afines. Por motivos de dispersión electromagnética, ha sido necesario el separar el transformador del resto de circuiteria mediante blindaje de Fe y Al; téngase presente, que por el hecho de hacer la comparación de fase y salto a 1 KHz, existe cierta captación del campo disperso de 50 HZ. Ver esquema eléctrico, en la Figura Nº 1.

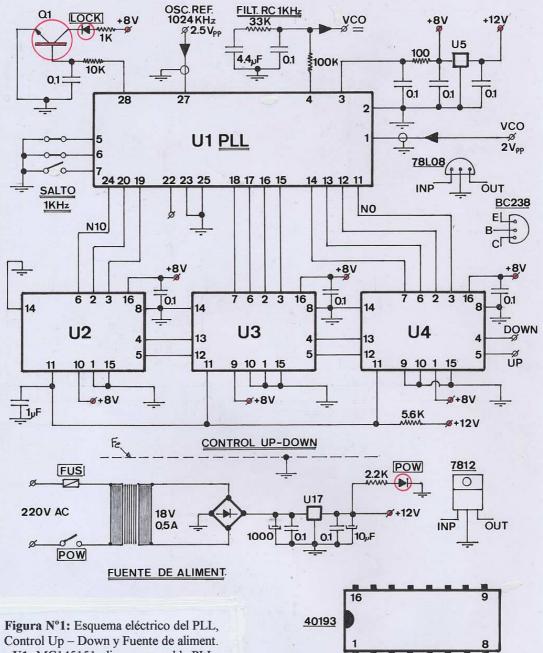
### CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Este montaje, queda ubicado dentro de una caja del mercado marca Retex según las medidas indicadas y de color gris. Todos los módulos, se han confeccionado con placa Repro Circuit; los circuitos integrados, van montados con zócalos tipo contacto torneado y cada placa, queda sujeta mediante separadores exagonales M3. La salida de la señal útil de RF, se hace por un conector BNC situado en la parte posterior. Todos los detalles de montaje, pueden verse en las fotos de vista interior i exterior, Figuras Nº 5 y 6.

En lo que respecta a la puesta en marcha, hay que tener en cuenta el funcionamiento previo y correcto, del codificador óptico, VCO y oscilador de referencia. El codificador óptico, requiere de una cierta habilidad mecánica para la confección de todas las piezas que se indican en el dibujo correspondiente Figura N°3 asi como, del montaje del diodo fotoemisor D1 y de los dos fototransistores Q2 y Q3 en su pequeño soporte en forma de "U" y su posterior ensamblado a nivel de conjunto, con el disco opturador y selector. Después de esta fase inicial, es conveniente su comprobación, aplicando con polaridad correcta las tensiones adecuadas a través, de una resistencia limitadora sobre el diodo emisor D1 y divisores resistivos en los colectores de Q2 y Q3, bajo estas condiciones y estando el disco opturador en la posición de sombra (reposo), al girar el codificador en un sentido u otro, deben aparecer impulsos negativos de forma sucesiva, en las dos salidas por colector y en cada uno de los saltos lo cual, nos dará una indicación de su buen funcionamiento. El VCO requiere que pueda funcionar de manera independiente y para ello, es necesario alimentar provisionalmente el diodo varicap D2 con una tensión de +5V con el fin, de tener una capacidad asociada que permita el ajuste del núcleo y trimer de L1 a la frecuencia central de 5250 KHz y de esta manera, el margen de captura del PLL es mínimo, una vez esté en marcha el VCO según lo especificado, se comprobarán además de los extremos de frecuencia, la forma de onda, el arranque y las amplitudes en las dos salidas del VCO que deberá ser de unos 2 Vpp. La puesta en marcha del oscilador de referencia, no debe presentar ningún problema dado que su funcionamiento no es crítico y no requiere ajustes previos al depender su frecuencia de oscilación, del cristal de 10240 KHz el cual, queda en serie con un condensador de 2x15 pF que permite, un pequeño margen de sintonía, las únicas comprobaciones que hay que efectuar, son las frecuencias, del oscilador a cristal y la de 1024 KHz a la salida del divisor por diez y su amplitud, de unos 2 Vpp, la variación de frecuencia en este punto de salida, es de 450 Hz que se convierten una vez pasados por el PLL a la salida útil de RF, en unos 2,2 KHz siendo este, el margen de ajuste manual resultante. Una vez disponemos de estos tres módulos funcionando correctamente, ya se pueden interconectar con el PLL y frecuencímetro los cuales, no requieren de ningún ajuste para efectuar la prueba definitiva.

En cuanto a la cuestión del ruido de fase, dado que la filosofía y principio de funcionamiento se han mantenido, con la excepción de las variantes, del control del PLL y el frecuencímetro, quiero comentar, que después de las pruebas a nivel comparativo, considero que la magnitud de dicho parámetro, es aceptable. Con respecto a la operatividad, es remarcable la comodidad al variar la frecuencia con el mando rotativo en un sentido u otro dentro del segmento de 500 KHz, además de la estabilidad en frecuencia y por lo tanto, recomendaría este montaje para complementar aquellos equipos un tanto desfasados por el paso del tiempo. Saludos de Joan, EA3-EIS.

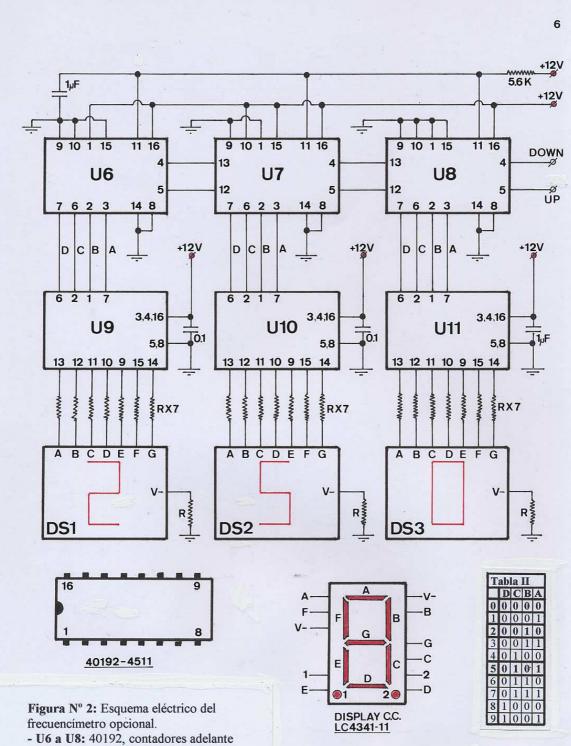




- U1: MC145151, div programable PLL.
- U2, U3, U4: 40193, contador adelante atrás, binario síncrono.
- U5: 78L08, regulador de +8 V / 0,1 A.
- Q1: BC238, NPN, 30V, 250 MHz.
- U17: 7812, regulador de +12 V / 1 A. Nota: El cond. de 4,4 µF, son 2 en paralelo de 2,2 µF, tipo pequeño.

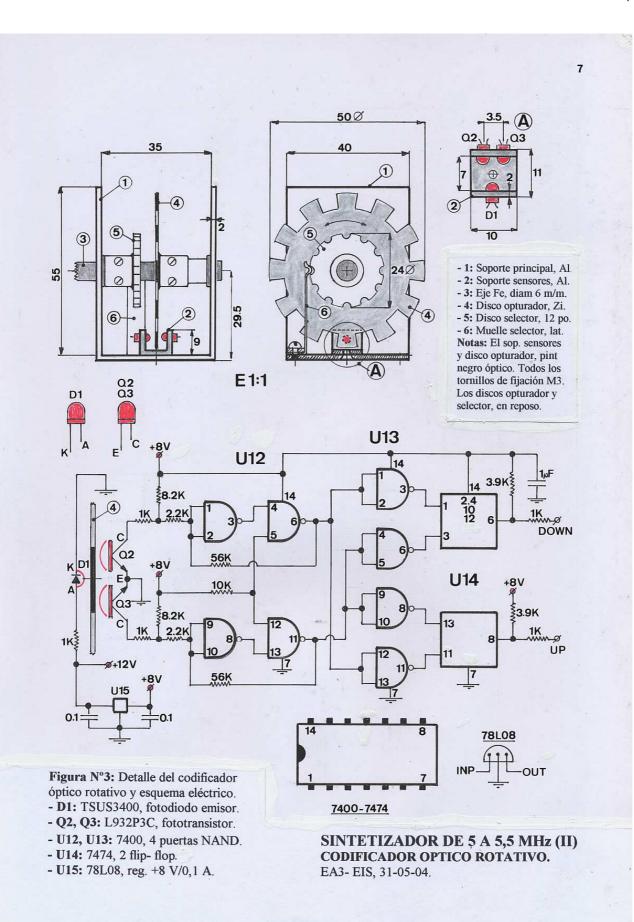


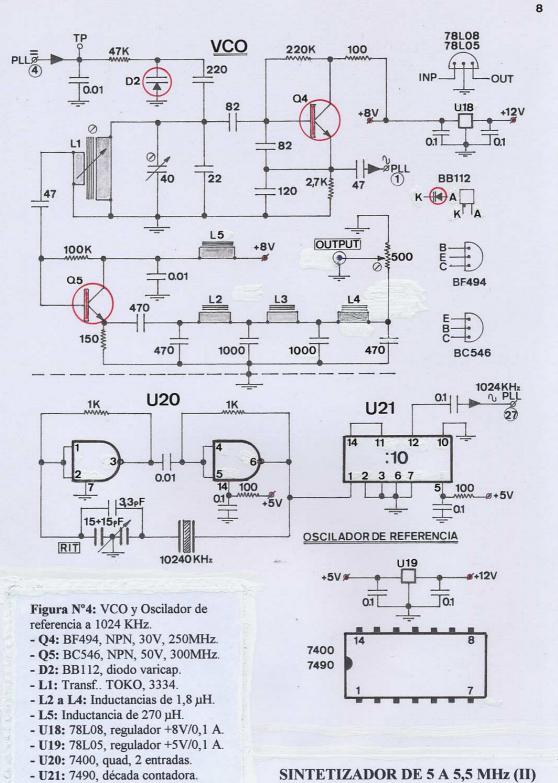
SINTETIZADOR DE 5 A 5,5 MHz (II) PLL, CONTROL UP - DOWN Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN EA3-EIS, 31-05-04.



- U6 a U8: 40192, contadores adelante atrás, decimal programables.
- U9 a U11: 4511, decodificador BCD siete segmentos, memoria y excitador.
- DS1 a DS3: Display 7 segmentos, cc.
- R: Resistencias 1 K, 1/4 W, 5%.





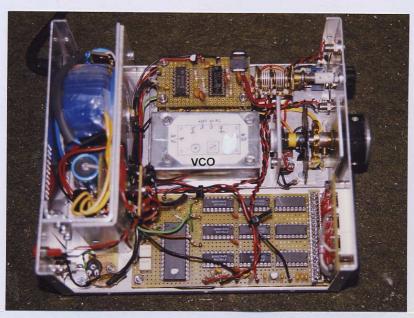


Nota: La tensión del varicap en TP,

es 4V a 5,0MHz y 5,6V a 5,5MHz.

SINTETIZADOR DE 5 A 5,5 MHz (II) VCO Y OSCILADOR DE REFERENCIA EA3-EIS, 31-05-04.

9

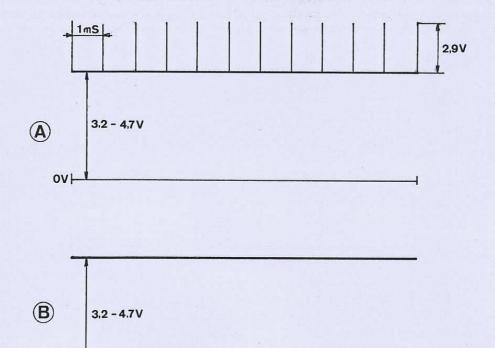


**Figura Nº5:** Vista interior del sintetizador de 5 a 5,5 MHz (II). En la parte superior, el oscilador de referencia y condensador de 15+15 pF; a continuación por la izquierda, la fuente de alimentación separada por un blindaje, el VCO y decodificador óptico rotativo de sintonia por saltos de 1 KHz. Más abajo, el PLL (145151) control y contador de frecuencia de tres dígitos.



Figura Nº6: Vista exterior del sintetizador. Detalle del panel frontal de izquierda a derecha, el presentador de la frecuencia de tres dígitos, mando del decodificador óptico rotativo de sintonia, el ajuste o RIT de 2,2 KHz, indicador de enganche LOCK e interruptor e indicador POWER.

## SINTETIZADOR DE 5 A 5,5 MHz PLL Señales a la salida del detector de fase



Sintetizador de 5 a 5,5 MHz PLL (MC145151): Representación gráfica demostrativa de señales, tal como se verían en la pantalla de un osciloscopio las cuales, estarían presentes a la salida patilla Nº4 del detector de fase integrado dentro del mismo elemento (MC145151). La figura (A) de la parte superior y partiendo del nivel cero, nos indica una tensión continua que es producto de la detección de fase cuya amplitud, varia en función de la frecuencia de salida del VCO de tal manera, que a 5,000 MHz tenemos 3,2 V y a 5,500 MHz 4,7 V; las espículas que aparecen sobre dicho nivel, corresponden a la frecuencia de comparación de fase o de salto de 1 KHz con un espacio de 1 mS y una amplitud de 2,9 Vp. En la Figura (B) se puede apreciar el resultado y es que la señal precedente, no es aplicable al VCO para controlar la sintonía mediante el diodo varicap (BB112) y por lo tanto es necesario, el proceder a un filtrado mediante la intercalación de un filtro pasivo RC paso bajos, con una frecuencia de corte Fc muy baja (1 a 15 Hz), con tal de eliminar totalmente, la presencia de los picos de comparación sobre el nivel de señal continua variable la cual, presenta la misma amplitud indicada en función de la frecuencia del VCO. El comportamiento del sintetizador como generador de RF, en cuanto a ruido de fase se ha verificado de manera unitaria, mediante un receptor de comunicaciones de forma auditiva en la modalidad CW, el resultado ha sido aceptable al ser una comprobación de tipo subjetivo que no es posible cuantificar. También hay que añadir que uno de estos sintetizadores, desde hace tiempo ha entrado a formar parte externa, de un transceptor multibanda, todo modo, QRP de construcción propia, con buenos resultados en comunicados casi a diario en la banda de 80 metros LSB.