

Nº31: SINTETIZADORES DE 5 A 5,5 MHz (IV)

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 25-12-04.
Sant Cugat del Vallés (Barcelona) ea3eis@hotmail.com

INTRODUCCION

Este último sintetizador que se presenta, es una versión muy similar al segundo de los montajes anteriores con la única excepción, de no incorporar frecuencímetro y esto evidencia que solamente es apto, para complementar aquellos equipos provistos de VFO analógico y que ya disponen de un contador de frecuencia desde origen; esta situación que puede darse todavía en muchos casos cual es el mío, ha podido tener solución al contar con este sintetizador que actúa como VFO exterior, aportando además de precisión, la estabilidad en la frecuencia, parámetro a destacar en un transceptor para HF.

Además de la variante que se ha indicado, con respecto a la supresión del frecuencímetro y de algún cambio en el VCO como se verá más adelante, las prestaciones de este sintetizador, siguen siendo prácticamente las mismas, por haber partido de la misma filosofía, tanto del diseño como también del montaje posterior.

CARACTERISTICAS

Las características más importantes a destacar de este sintetizador de 5 a 5,5 MHz (IV), son las siguientes:

| | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Margen de frecuencia | : de 5 a 5,5 MHz. |
| Sistema de sintonía | : por codificador óptico rotativo. |
| Salto programado | : 1 KHz. |
| Enclavamiento frec. | : 5250 KHz. |
| 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 1,5 Kg. |

DESCRIPCION

En esta descripción, también se omitirá toda la información de principio que hace referencia al funcionamiento y comportamiento del circuito integrado MC145151, sobre todo en lo que respecta a su aplicación como divisor programable, pues tanto la circuitería del PLL como también la del control Up/Down, son idénticas a la versión anterior: Sintetizador de 5 a 5,5 MHz (II).

No obstante de manera muy resumida y como recordatorio, decir que las entradas binarias N0 a N10 de U1 (MC145151), son activadas o desactivadas en tiempo real, mediante un contador adelante – atrás binario programable; este contador, es excitado por un generador de impulsos o codificador óptico rotativo manual el cual, incorpora un detector de sentido de giro y circuito antirrebote. Los módulos que comprende este sintetizador, son los siguientes: PLL y control, codificador óptico, VCO, oscilador de referencia y fuente de alimentación.

PLL y control: Sobre este módulo, también se pasará por alto el PLL, remarcando solamente, el control que se hace sobre las entradas binarias N0 a N10 de U1 (MC145151), dicho

control digital, corre a cargo de un contador binario adelante – atrás el cual, tiene la particularidad de poder 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 sincronicos 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 inicial de la frecuencia en 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 de 5250 KHz resultando: $4096+1024+128+2 = 5250$; 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 tener que cambiar la frecuencia, partiendo siempre 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 (Up / Down), al sintonizar el VCO, se hace al aplicar los impulsos provenientes del codificador óptico rotativo, sobre las dos entradas de reloj 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 +12 V y +8 V estabilizados por U5 (78L08). Ver esquema eléctrico, en la Figura N°1.

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 obturador es solidario mediante eje de 6 m/m, de un selector mecánico o 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 +12 V, 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 U6 (7400) circuito integrado 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 unos 30 ms y 7 V; 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 U7 (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 U8 (7474) de tal manera, que este circuito integrado con su disposición, es capaz de discriminar 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 U7 patillas: 6 y 8, 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. 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 circuitería excepto D1, es a +8 V estabilizados por U9 (78L08). Para esquema eléctrico y detalles constructivos de este codificador óptico, ver Figura N°2.

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 capacidad de acoplamiento (47pF), se aplica la señal de RF de unos 2 Vpp 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 propio tanque L-C del oscilador a través de una pequeña capacidad de 4,7 pF, acoplamiento de alta impedancia hacia la base del transistor Q5 (BC546), la salida de señal de RF por emisor, se aplica a un filtro LPF con el fin, de obtener una señal senoidal de 2 Vpp exenta de productos de orden superior. La sintonía de L1, corre a cargo del diodo varicap D2 (BB112) cuya capacidad, varía en función de la tensión continua proveniente del PLL patilla 4 de U1 la cual, ha sido filtrada por un filtro RC de 1 KHz; esta tensión varía 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 sería de +5,6 V. La separación por la vía de alimentación a +8 V, se hace por un regulador de tensión U10 (78L08) y la electrostática, por un blindaje de Zinc. Para esquema eléctrico, ver la Figura N°3.

Oscilador de referencia: El oscilador de referencia, consiste en un oscilador TTL ya conocido U12 (7400) con un cristal de 10240 KHz y a continuación, una década contadora TTL U13 (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 U11 (78L05). El esquema eléctrico puede verse, en la Figura N°3.

Fuente de alimentación: La fuente de alimentación, parte de la red por transformador primario a 220 V y secundario de 18 V / 0,5 A, rectificador puente, filtro y regulador de tensión de +12 V / 1 Amp. U14 (7812), esta es la tensión de suministro general del sintetizador; un interruptor y led rojo de control Power permiten la conexión o desconexión de la red. 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 circuitería mediante blindaje de Fe y Al; téngase presente, que por el hecho de hacer la comparación de fase y salto a 1 KHz en el PLL, existe cierta captación del campo disperso de 50 Hz. Ver esquema eléctrico, en la figura N°3.

CONSTRUCCION 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 conector BNC situado en la parte posterior. Todos los detalles de montaje y acabado, pueden verse en las fotos de vista interior y exterior, Figuras N°4 y N°5.

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°2, del montaje del diodo fotoemisor D1, 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 obturador 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 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 +5 V 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 la 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 el cual, no requiere 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 salvo las variantes ya indicadas, quiero comentar, que después de las pruebas a nivel comparativo efectuadas, considero que la magnitud de dicho parámetro, es aceptable.

También quiero comentar, que de buen principio se intentó hacer el ajuste de frecuencia o RIT, por varicap en lugar de emplear el condensador de 2x15 pF en serie, pero no dio resultado, al quedar un margen de ajuste, por debajo del salto de 1 KHz.

Con respecto a la operatividad, es remarcable la comodidad y toque del selector al variar la frecuencia con el mando rotativo en un sentido u otro dentro del segmento de 500 KHz, además de la estabilidad en la frecuencia que es el motivo principal.

He de admitir que aun viniendo del mundo analógico, la digitalización se puede convertir en una actividad estimulante al experimentar y llevar a buen término, proyectos que podemos tener en la mente a la espera de darles forma y por lo tanto, si recomendaría alguno de estos montajes que he intentado exponer de una manera práctica, a todos aquellos lectores que puedan sentir estas mismas inquietudes radioeléctricas. Entre tanto, saludos de Joan, EA3-EIS.

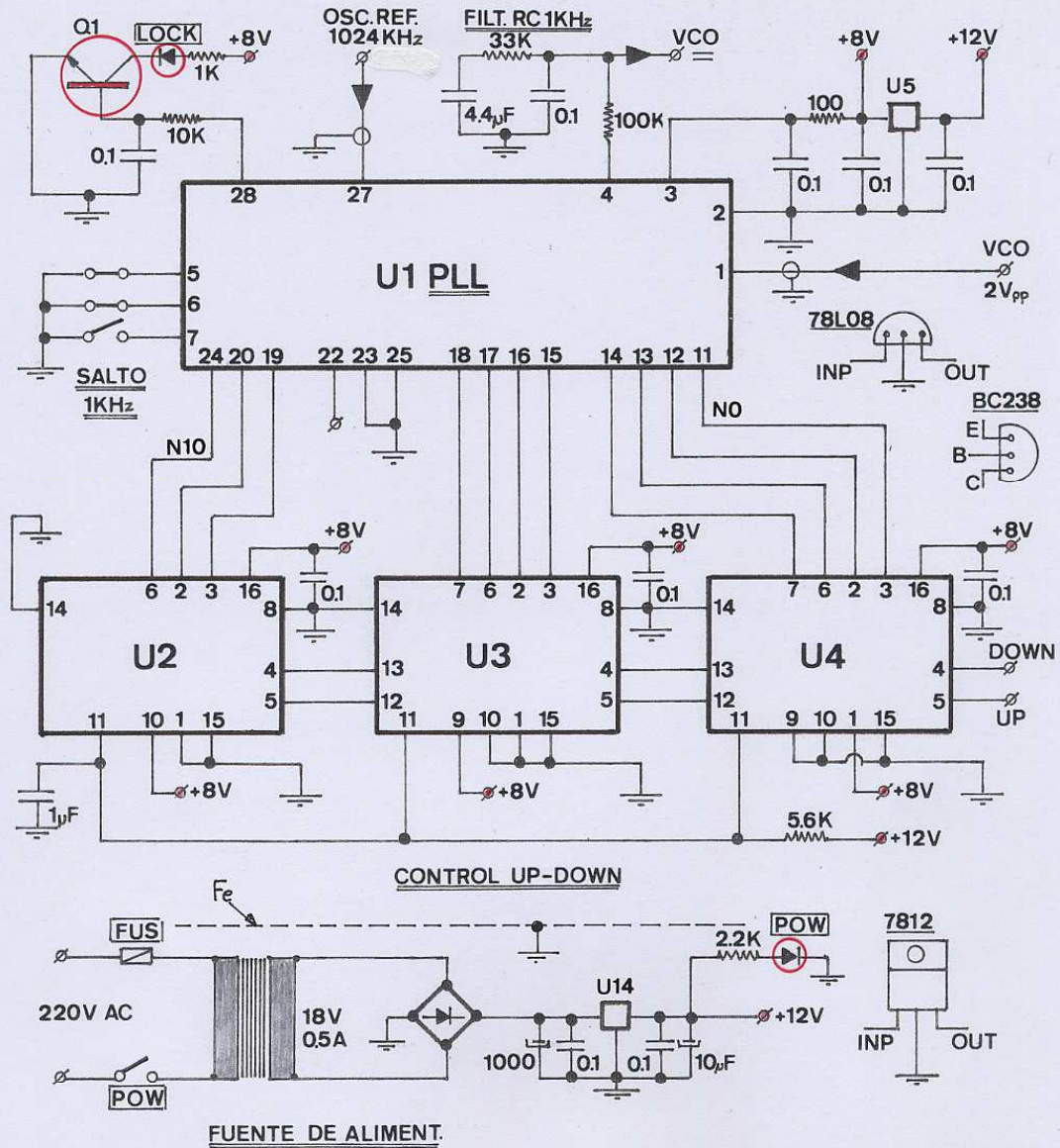
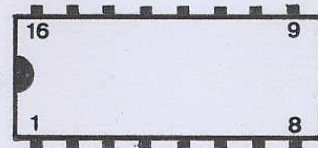


Figura N°1: Esquema eléctrico del PLL, Control Up / Down y Fuente de aliment.

- U1: MC145151, div programable PLL.
 - U2, U3, U4: 40193, contador adelante atrás, binario, sincrónico, programable.
 - U5: 78L08, regulador +8 V / 0,1 A.
 - Q1: BC238, NPN, 30V, 250 MHz.
 - U14: 7812, regulador, +12 V / 1 A.
- Nota:** El cond. de 4,4 µF, son 2 en paralelo de 2,2 µF, tipo pequeño.

40193



SINTETIZADOR DE 5 A 5,5 MHz (IV)
PLL, CONTROL UP - DOWN Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN
 EA3-EIS, 25-12.04.

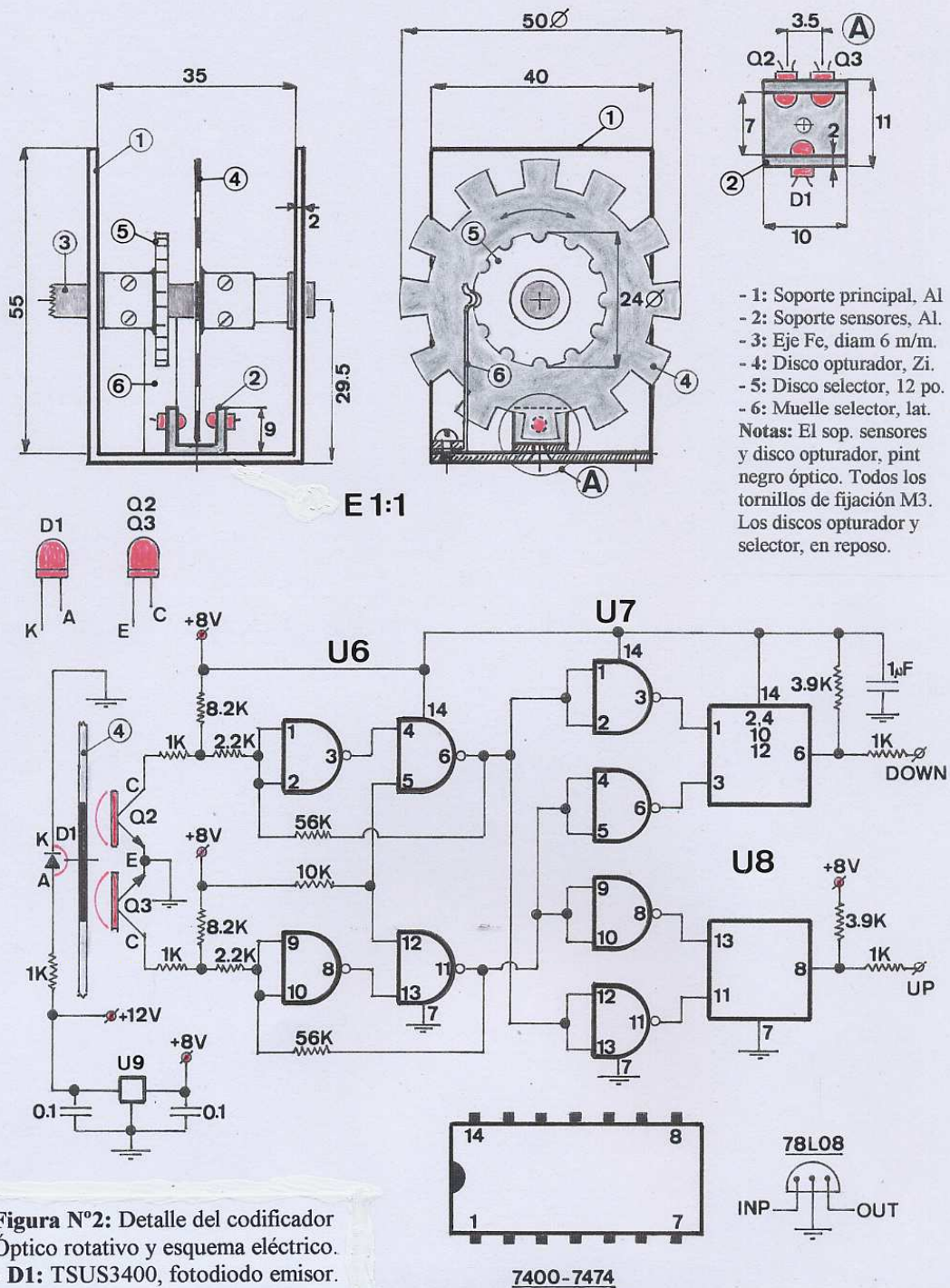


Figura N°2: Detalle del codificador Óptico rotativo y esquema eléctrico.
 - **D1:** TSUS3400, fotodiodo emisor.
 - **Q2, Q3:** L932P3C, fototransistor.
 - **U6, U7:** 7400, 4 puertas NAND.
 - **U8:** 7474, 2 flip - flop.
 - **U9:** 78L08, reg +8 V / 0,1 A.

SINTETIZADOR DE 5 A 5,5 MHz (IV)
CODIFICADOR OPTICO ROTATIVO
 EA3-EIS, 25-12-04.

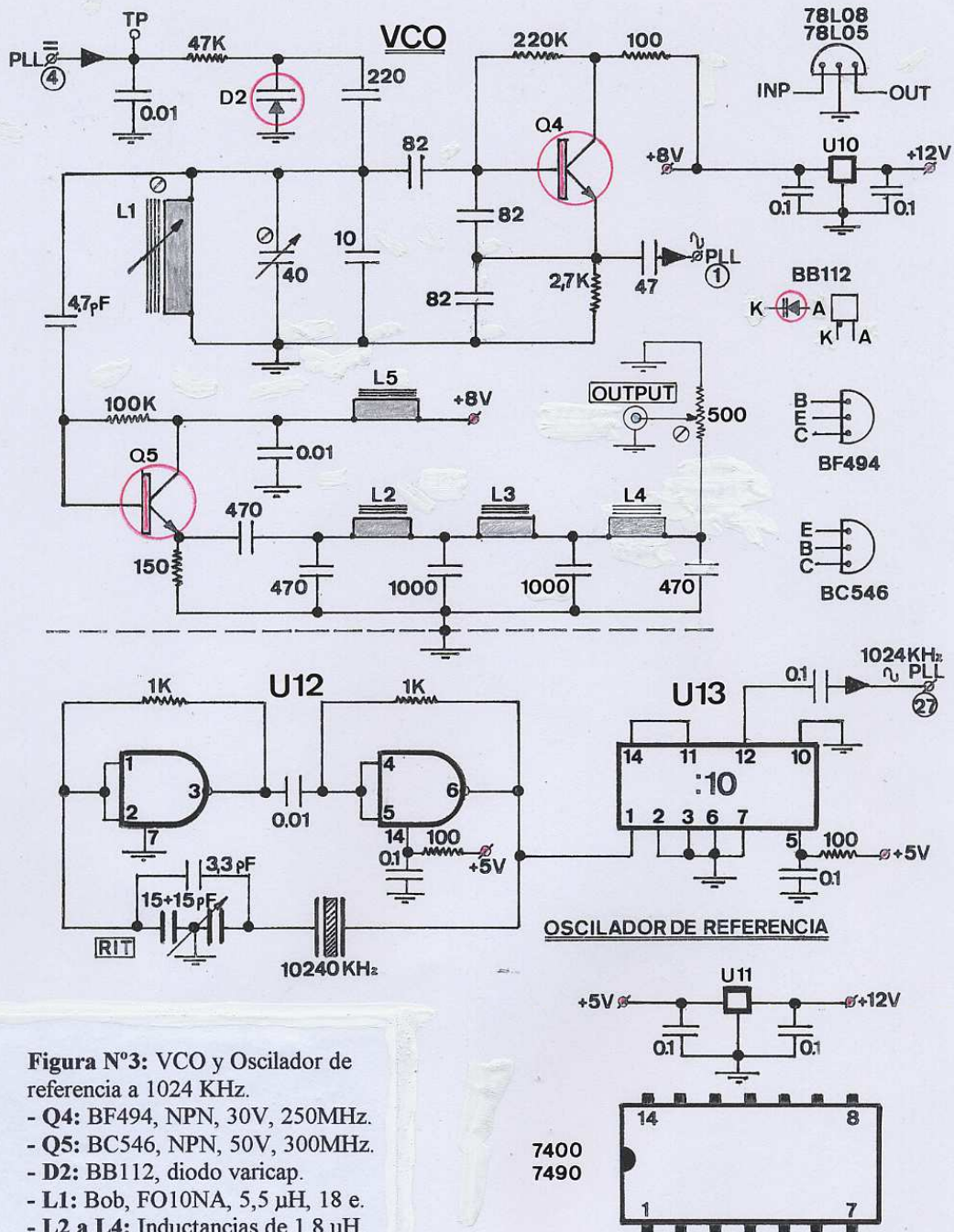


Figura N°3: VCO y Oscilador de referencia a 1024 KHz.

- Q4: BF494, NPN, 30V, 250MHz.
- Q5: BC546, NPN, 50V, 300MHz.
- D2: BB112, diodo varicap.
- L1: Bob, FO10NA, 5,5 μ H, 18 e.
- L2 a L4: Inductancias de 1,8 μ H.
- L5: Inductancia de 270 μ H.
- U10: 78L08, regulador +8V/0,1 A.
- U11: 78L05, regulador +5V/0,1 A.
- U12: 7400, quad, 2 entradas.
- U13: 7490, década contadora.

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 (IV)
VCO Y OSCILADOR DE REFERENCIA
EA3-EIS, 25-12-04.**

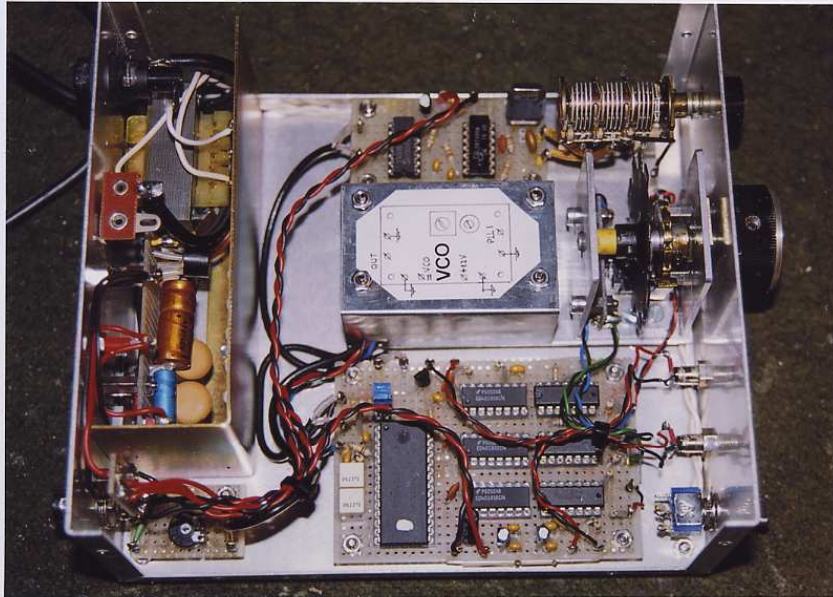
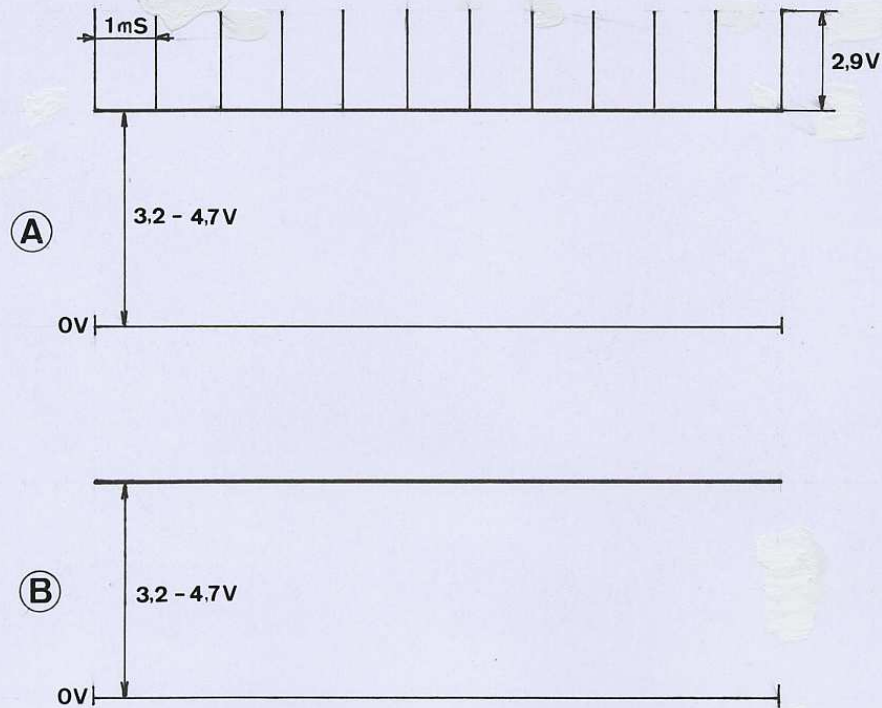


Figura N°4: Vista interior del sintetizador de 5 a 5,5 MHz (IV). En la parte superior, el oscilador de referencia y condensador de 15+15 pF; debajo de izquierda a derecha, la fuente de alimentación separada por un blindaje de Fe, el VCO, el decodificador óptico rotativo de sintonía por saltos de 1 KHz. Más abajo, el PLL (145151) y control.



Figura N°5: Vista exterior del sintetizador. Detalle del panel frontal de izquierda a derecha, el interruptor e indicador POWER, indicador LOCK, mando del decodificador óptico rotativo de sintonía y el ajuste de frecuencia o RIT de 2,2 KHz.

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 N°4 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, varía 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 F_c 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.