

Transverter para 2320 Mhz

En la década de los 60, es decir, cuando se desarrolló el gran impulso de la carrera espacial que llevó al hombre a la Luna y lo trajo de regreso sano, salvo y contento, no había gran cosa que poner delante de un mezclador a diodos para mejorar la figura de ruido de un receptor a 2 Ghz a menos que se fuera la NASA, quienes, ellos sí, podían disponer de amplificadores paramétricos criogenizados en nitrógeno líquido y cosas por el estilo lo que, evidentemente, no estaba al alcance del aficionado medio de la época. Para conseguir una decena de vatios entonces, sin más remedio, había que recurrir a las lámparas.



Foto 1: Transverter y radio de VHF

Para complicar más aun las cosas, las técnicas de construcción estaban muy próximas a lo que podríamos llamar “fontanería de rf” lo que limitaba enormemente las posibilidades de experimentación.

Felizmente, las cosas han cambiado mucho: Figuras de ruido cada vez más cercanas a 0 dB- 0,5 dB, 0,3 dB- son fácilmente asequibles con medios caseros y los módulos de potencia, aunque no son baratos, están al alcance de la mano. En todo caso resulta más económico construir un amplificador con los medios disponibles hoy que con una 2C39.

Justificación del diseño:

En este tipo de aparatos hay que considerar cuatro características de orden radioeléctrico que deben ser conciliables con el tamaño del equipo y con lo que se espera de él, buscando por tanto la simplicidad sin olvidar, claro, unas especificaciones que lo hagan

verdaderamente interesante: Figura de ruido, rango dinámico potencia y linealidad ya que ha de poder trabajar también en banda lateral.

La figura de ruido es inferior a dos dB. En términos prácticos eso significa que señales de -123 dBm son perfectamente legibles en FM. Cifras de ruido inferiores a 2 dB complican el diseño, lo encarece y no se gana gran cosa en esta aplicación concreta. Es decir, hay que ajustar los medios al fin: para un aparato portátil de medio watio lo importante es que funcione en todas partes sin saturarse. Para rebote lunar, sin embargo, hace falta un amplificador rx de bajo ruido, un amplificador tx potente y un buen sistema de antenas. Por tanto, se ha optado por un amplificador de algo menos de 2 dB de figura de ruido que incorpora un filtro pasa altos que atenuará notablemente las señales por debajo de 2 Ghz y, por tanto, hará que el aparato funcione en el mundo real razonablemente bien. Conviene recordar que para comunicaciones terrestres, una figura de ruido inferior a 1 dB no mejora sustancialmente la sensibilidad del receptor ya que el ambiente en el que se desarrollan las comunicaciones está, de promedio, a 300° K, por tanto, carece de sentido que la temperatura de ruido de nuestro receptor sea inferior a eso. Otra cosa muy distinta son las comunicaciones espaciales en donde la temperatura de fondo del espacio es de 3°K (sólo 3) y que, como se sabe, se debe al Big Bang. Claro, esa es la temperatura mínima del espacio profundo. Cualquier objeto celeste incrementará notablemente ese valor.

Por tanto, mi opción ha sido utilizar un amplificador de antena MGA86576 que, según el fabricante ofrece una cifra de ruido de algo menos de 2dBs y una ganancia de 23,7 dB. Como las pérdidas que espero son, más o menos de 3.2 dB en el filtro y aproximadamente 6 dB en el mezclador, tendré unas pérdidas de 9.2 dB totales. Ya que la ganancia es de 23,7 dB, aun me quedan 14.5 dB. Con la conocida fórmula para sistemas en cascada $N_f = F_1 + F_2 - 1/G_1 + F_3 - 1/G_1G_2 + \dots$ salta a la vista que la cifra de ruido aumentará muy poco después de la atenuación prevista en el paso siguiente. La distorsión de tercer orden u orden mayor se mantiene dentro de lo razonable ya que el punto de intersección IP3 del dispositivo es de 16 dBm, de manera tal que el transverter soporta ambientes de alta densidad espectral sin desensibilizarse. Como queda dicho, para favorecer justamente el trabajo en zonas en donde cabe esperar señales fuertes, la entrada del amplificador de rx lleva un filtro pasa alto que rechazará en gran medida todas las señales por debajo de 2 Ghz, es decir, telefonía móvil y sobre todo las emisiones de TDT. En cuanto a la potencia, medio watio, es más que suficiente para el tráfico local desde base y con una antena de ganancia moderada, desde el monte, el alcance es prácticamente ilimitado a condición de que haya alcance óptico teórico entre las antenas. ¿Por qué es eso así? Siempre que la ganancia del sistema sea superior a las pérdidas de atenuación del vano, podremos comunicar.

Sabido es que la atenuación de las señales de radio en el espacio libre es:

Atn: $32,4 + 20\log F + 20 \log D$ (F en megaciclos y D en Kilómetros)

La ganancia del sistema es la suma en dB de la sensibilidad mínima del receptor para una relación señal/ruido determinada + los dBm del transmisor+ la ganancia de la antena de tx+ la ganancia de antena de Rx - las pérdidas de los cables coaxiales. Por tanto, suponiendo que en los dos extremos del vano haya dos transverters idénticos y suponiendo que empleemos antenas de 12 dBi y 2 dB de atenuación en los cables y que el receptor sea capaz de

producir 10 dB de relación señal ruido con -120 dBm, la ganancia de nuestro sistema será de $120+27+24-2 = 169$ dB.

Para un vano de 100 Kmtrs, por ejemplo, la atenuación será de $32,4+ 20\log 2320+20 \log 100 =139,6$ dB

Así, la diferencia entre la ganancia del sistema y las pérdidas de atenuación en el espacio libre son 30,6 dB que es lo que se llama ***margen de fading***. Dicho de otra manera, la relación señal de ruido del sistema será igual al margen de fading más el umbral que hayamos definido como mínima relación s/r. En este caso se partió de una s/r de 10 dB. Por tanto la relación señal/ruido de un enlace hecho con estos aparatitos a 100 Kms de distancia será de 40,6 dB, lo que no está nada mal.

Para el trabajo en DX y en modos de propagación tales como tropo o esporádica, evidentemente, hará falta un amplificador de potencia con su correspondiente amplificador de bajo ruido que deberá ir montado SIEMPRE muy cerquita de la antena; Si no, prácticamente no sirve para nada. No obstante, mi record con este aparato está en 450 Kms empleando antenas yagui en ambos lados del vano con señales 59 tanto en FM como en banda lateral. Como radio escucha, ese record se extiende hasta los 60.000 Kms, el apogeo del AO-40 ya que le escuchaba con un conversor muy parecido al empleado en el tverter.

Concepción:

El transverter se ha construido en dos módulos:

Oscilador local capaz de entregar + 7dBm al mezclador

Convertidor TX/RX, conmutador de antena y conmutador de FI.

Descripción oscilador local.

Por el esquema de la fig 1 puede verse que

es un montaje clásico, aunque en realidad se ha pensado para que pueda usarse tanto para 1296 Mhz como para trasverters de 2.3 Ghz. Para 1296 Mhz simplemente no se monta el último paso que es un doblador.

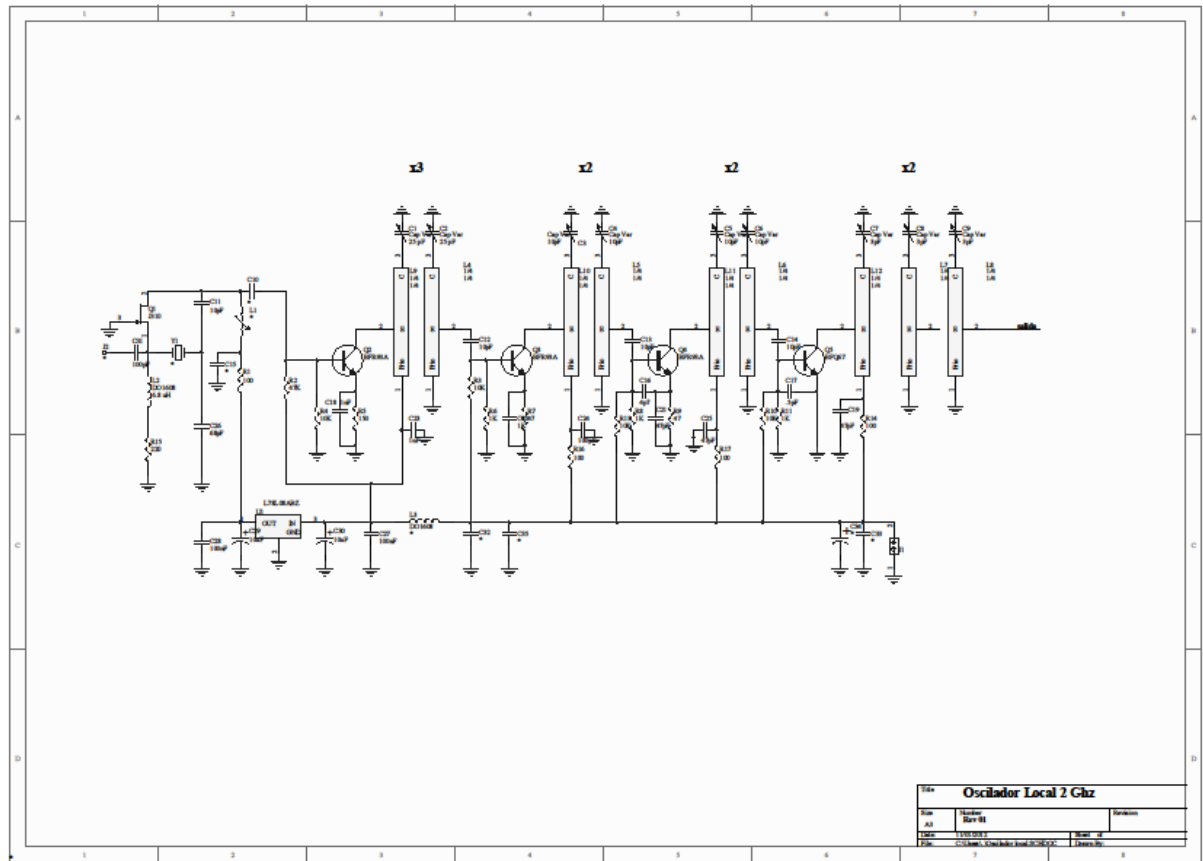


Fig 1

A decir verdad, este oscilador local lo empleo también en los transvetrer de 5,7 Ghz y en el de 10 Ghz. Solo hay que cambiar, lógicamente, el cuarzo para la banda correspondiente. En esta aplicación, un cristal de sobretono a 90,666 Mhz gobernará el sistema. Después de multiplicaciones sucesivas se llega a la frecuencia de 2176 Mhz. Un filtro triple sintonizado a esa frecuencia impedirá que se inyecten señales espurias al mezclador. He usado siempre esta disposición porque es simple, es estable y muy poco ruidosa. En la foto se puede ver el módulo sin algunos de los componentes montados para mayor claridad y en la foto 3 el espectro a la salida del OL.

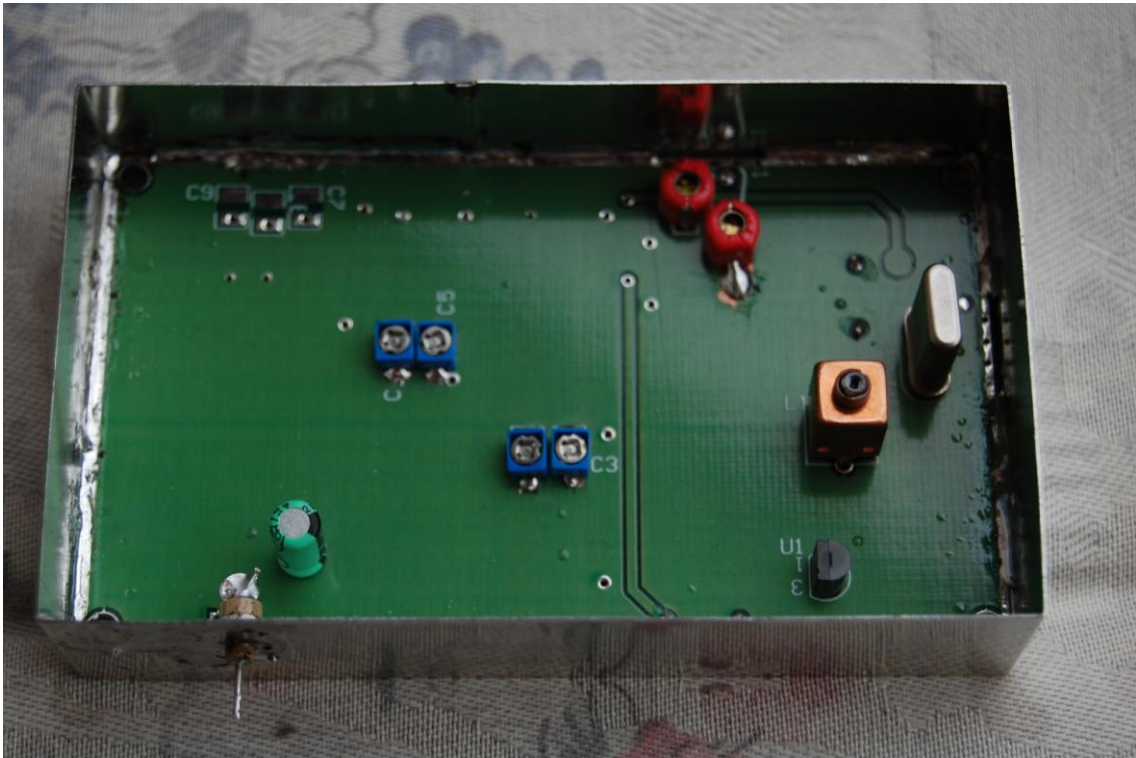
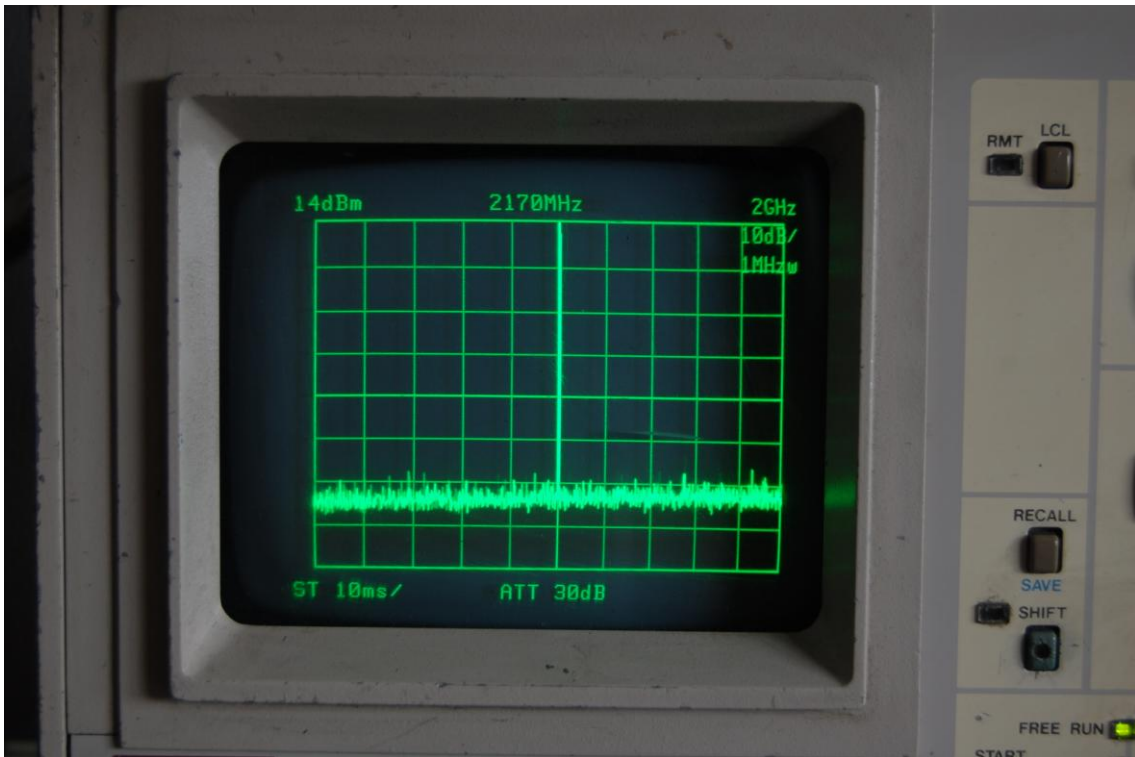


Foto2: Modulo oscilador local



Fotot 3: Espectro OL

El convertidor

El corazón del convertidor es, obviamente, el mezclador.

Se trata de un mezclador en anillo que aunque introduce pérdidas en las señales, sus productos de tercer orden tienen un valor bastante bajo lo que se traduce en una buena calidad de las señales que enviamos al éter. Se han empleado filtros helicoidales allí donde hacía falta filtrar, básicamente, porque son de tamaño reducido y el ajuste es muy sencillo. La señal que procede de la antena pasa por un filtro pasa bajos que es común para emisión y recepción. Esa señal se amplifica en U1, se filtra para evitar el deterioro de 3 db de la frecuencia imagen y, a través de un conmutador a diodos, se lleva al mezclador. En este se combina la señal de 2320 Mhz con la del oscilador local para generar una frecuencia que es producto de la conversión, a 144 Mhz.

En transmisión, la señal de 144 Mhz se mezcla con la de oscilador local a 2176 Mhz para dar 2320 Mhz con un nivel muy bajo y con 2 bandas laterales más la señal de oscilador local. Ambas, imagen y oscilador local, que hay que eliminarlas en T1, dejando pasar la útil levemente atenuada. Dos amplificadores MMIC amplificarán la señal hasta un nivel suficiente como para atacar certeramente al amplificador final, que dará 1/2 watio.

Contrariamente a lo que suele ser común, se ha incorporado el relé de antena en el mismo circuito impreso. Eso ha sido posible porque empieza a haber relés hasta 3 Ghz a precios asequibles. La fig 2 muestra el esquema del módulo.

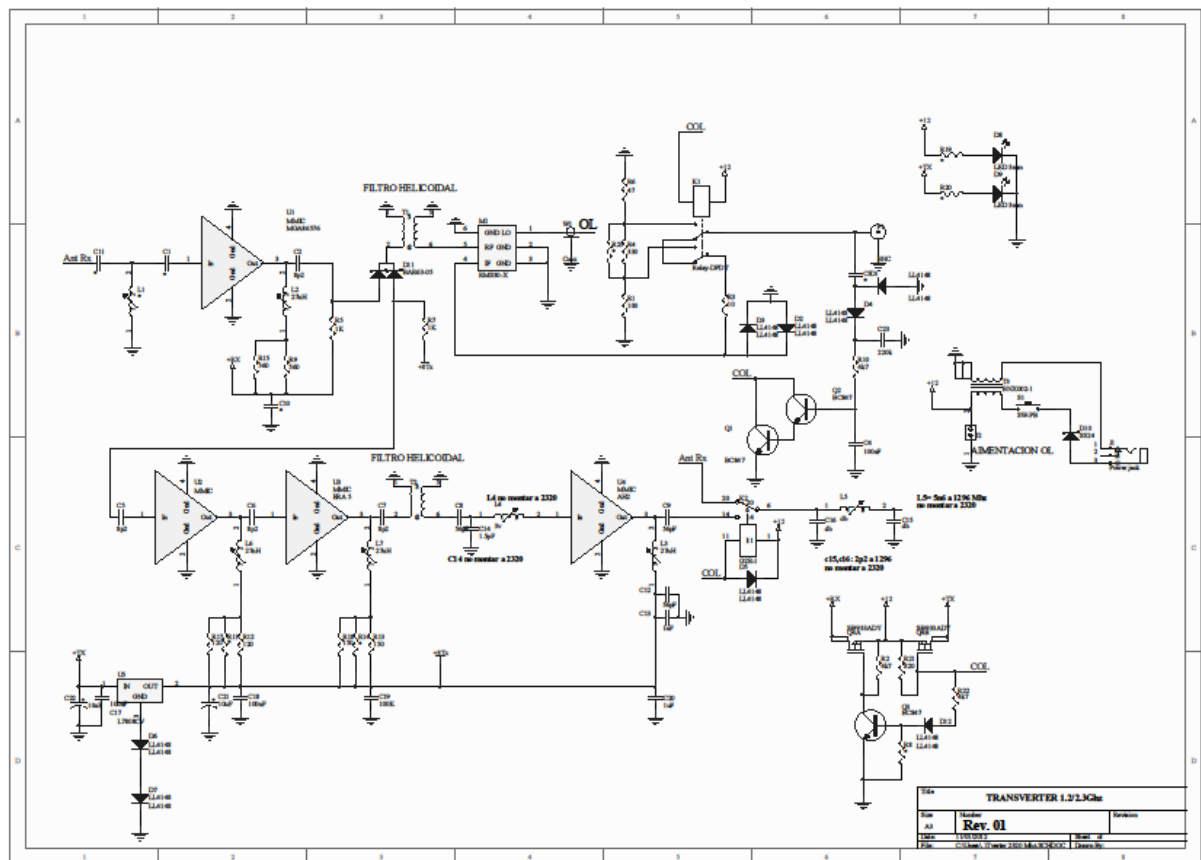


Fig.2

Linealidad

Cuando se pretende hacer pasar señales que no admiten ningún tipo de recorte, limitación o distorsión como en el caso de la banda lateral, AM o señales QAM, etc, es necesario ser particularmente riguroso con la linealidad de la cadena de amplificación de potencia.

No sólo el amplificador debe reproducir todo el recorrido del ciclo de la señal, es decir, reproducir con fidelidad la señal que se trata de amplificar lo que es relativamente fácil con amplificadores en clase A o AB sino que, además, los productos de intermodulación deben reducirse al mínimo. Los productos de intermodulación se producen, como es sabido, porque todo amplificador, no importa la clase de su polarización, producirá armónicos de la señal que amplifica, es decir, que a la salida tendremos la señal de entrada multiplicada por la función de transferencia del amplificador (en este caso la ganancia o S12) más uno o más armónicos.

La calidad de un amplificador se mide por la IP3, es decir por el punto de intersección que es aquel en el que la señal útil amplificada y el armónico generado se cruzan. Fatalmente, el armónico o armónicos crecen con el cubo de la señal de entrada, o sea, que por cada decibelio que aumente la salida de señal útil, aumenta 3 dB el armónico. La fig.3 ilustra este engorroso fenómeno de la física.

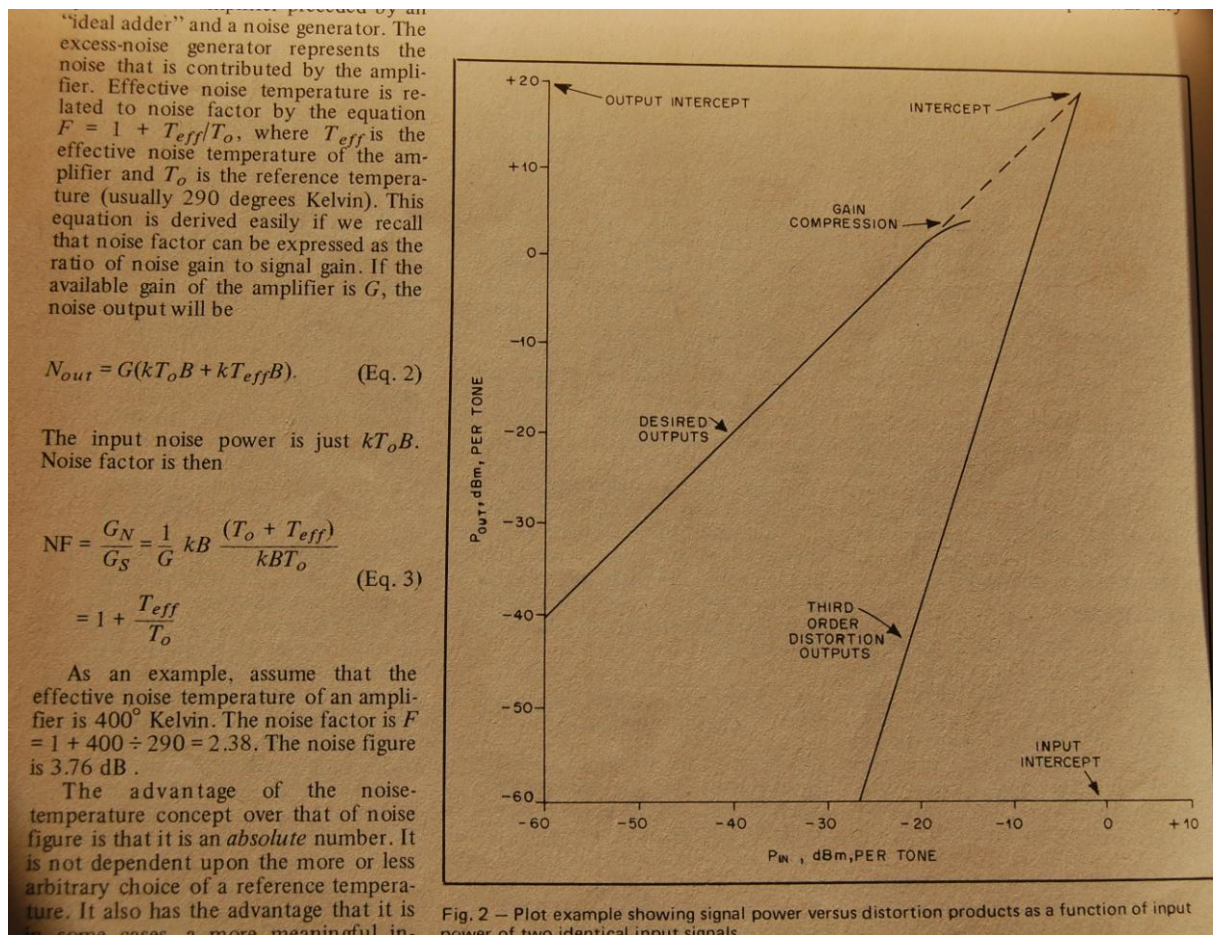


Fig 3

El problema aparece porque a la salida del amplificador o, mejor dicho, de la cadena de amplificación, suponiendo que inyectamos dos frecuencia (prueba de dos tonos) tendremos 2F1-F2 y 2F2-F1 principalmente pero también, claro, señales no esenciales de orden mayor. Esas señales interferentes caerán dentro de la banda de paso de audio del receptor y es lo que molesta a nuestros oídos y a los receptores vecinos, obviamente.

El peor de los componentes empleados en la cadena de amplificación de tx del tverter asegura una IP3 de 26 dB lo que dará lugar a una buena calidad de señales en el aire y un bajo nivel de señales interferentes.

La fig 2 muestra el esquema del conversor y la fot no.4 la placa montada del aparato. La cajita bajo él, es el oscilador local .

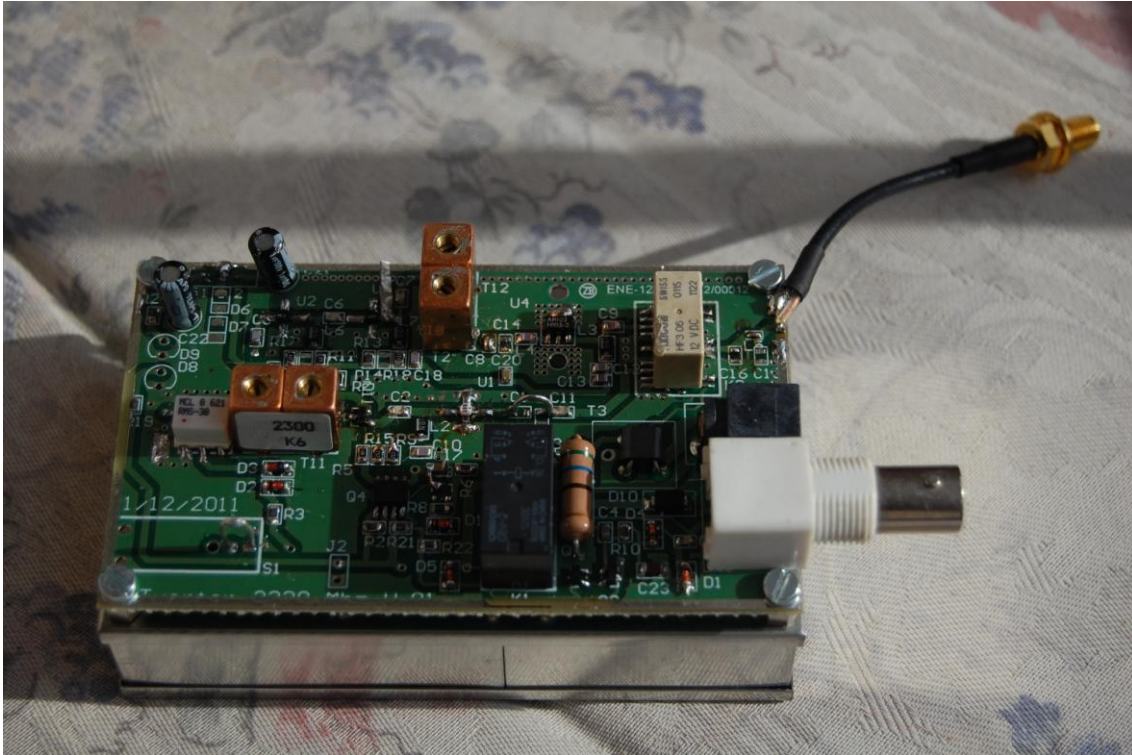


Foto no.4 Módulo conversor

Suelo “abrazar” el cuarzo de 90.666 Mhz entre dos resistencias de 100 ohmios de 1 watio que van conectadas en serie y alimentadas a 12 voltios al objeto de mantener una temperatura alta que garantice una frecuencia estable. De no hacerlo así, especialmente en banda lateral, puede ser bastante incómoda la operación del aparato debido a los cambios de frecuencia con cosas tan sutiles como el viento.

De esta manera, incluso en 2.4 Ghz la recepción es cómoda al ser perfectamente estable. Este es el procedimiento que usaba en mi conversor para el actualmente inoperativo AO-40. Sin ese calefactor era prácticamente imposible recibir la telemetría.

En la foto no.5 puede verse el espectro de la señal de salida del transmisor en donde se aprecia la ausencia de señales no esenciales a 50 dB

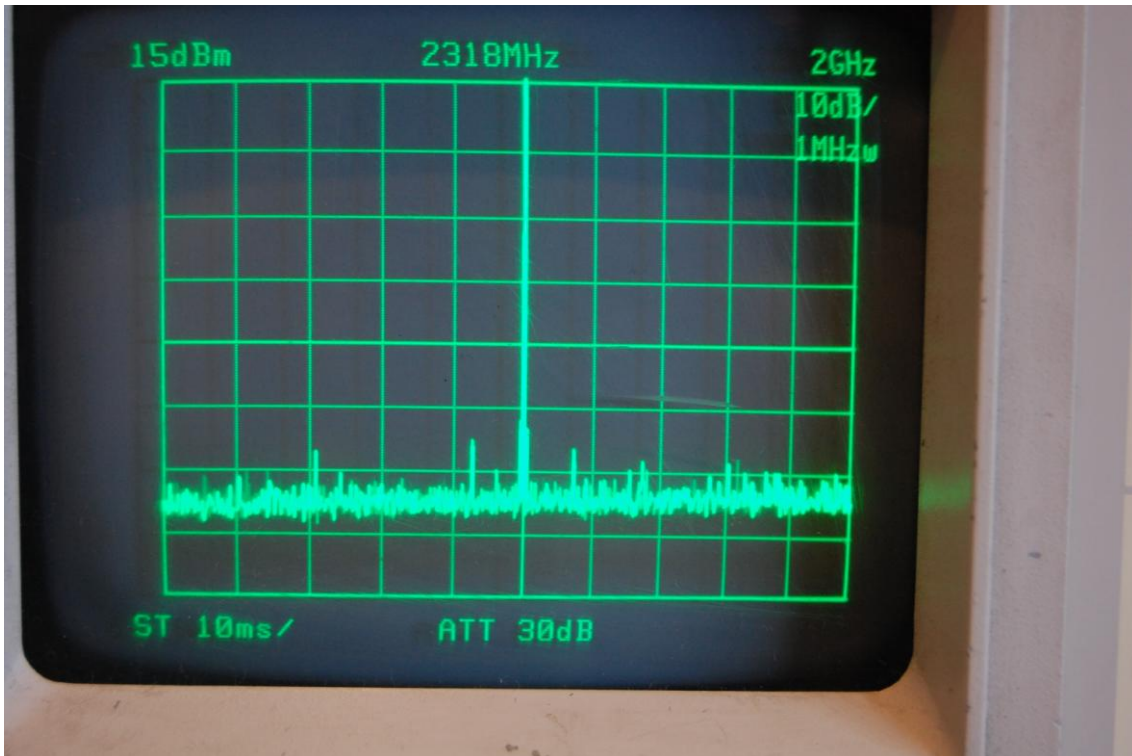


Foto no.5: Espectro de la señal a +/- 1 Ghz de la portadora

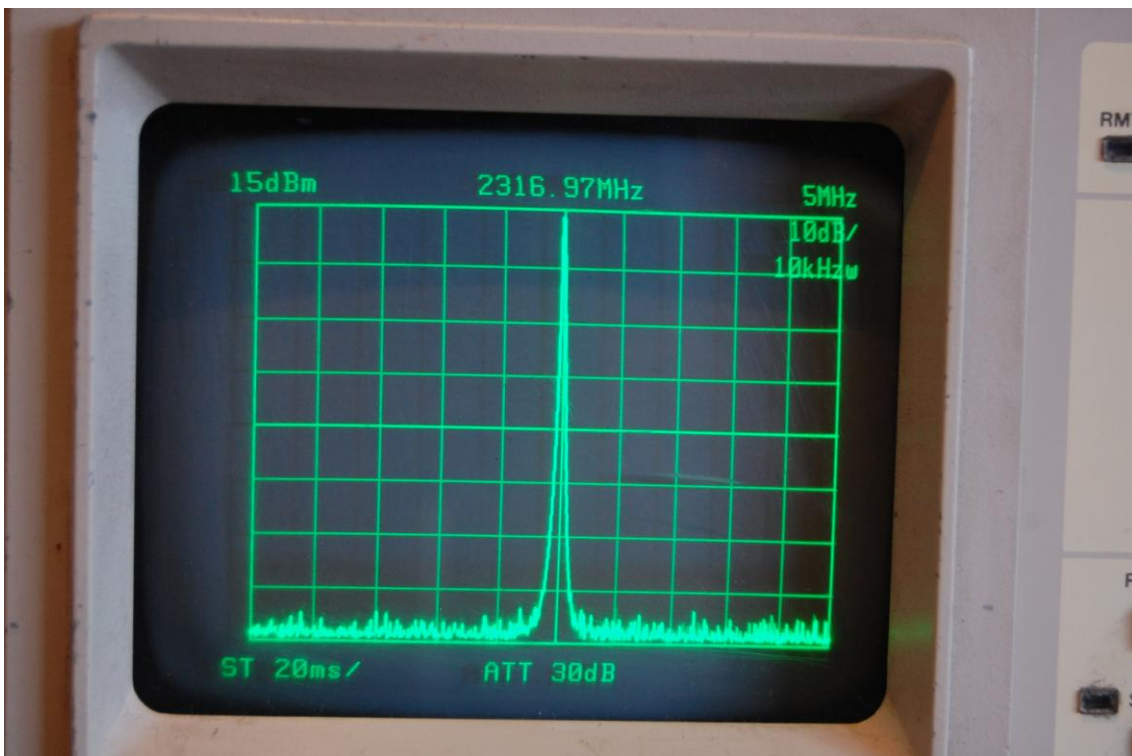


Foto no.6: El espectro a +/- 2,5 Mhz.

Otra medida significativa es el parámetro S_{11} o, lo que es lo mismo, las estacionarias que hay entre la antena y la entrada de recepción, o lo que es igual, la adaptación de impedancia entre antena y previo de recepción.

Como para que la transferencia de potencia sea máxima entre la antena y el receptor, todo el sistema, es decir, antena, línea de transmisión y amplificador de rx deben tener la misma

impedancia, es esencial asegurarse de que en la entrada de antena de rx del aparato haya 50 ohmios aproximadamente y que, por lo tanto, la reactancia, es decir, el valor “+/-j” tienda a cero; a esta frecuencia, claro.

Evidentemente, aquí no se puede emplear un medidor de estacionarias convencional por la sencilla razón de que si le aplicamos potencia al sistema de medida, destruiremos lo que queremos medir.

Se emplea, en este caso, un puente de ROE que, aunque también requiere una señal de estímulo, ésta es mucho más baja.

Lo que se hace es inyectar al puente de ROE -10 dBm a 2320 Mhz y medir la señal reflejada comparándola con la incidente. Se observa que la diferencia entre una y otra es de N db. Esta cifra se llama “perdida de inserción” y que en el caso que nos ocupa es de 13 dB, lo que quiere decir que las estacionarias entre el sistema radiante y el receptor son de 1: 1,5. No está mal.

Para hacer esta medida hay que tener un analizador de redes, que incluso de segunda mano vale una fortuna o, al menos, como es mi caso, un generador de señal calibrado y un analizador de espectro además, claro está, del puente de estacionarias, que es el único elemento de construcción casera del conjunto de medida.

El transceptor de FI

La radio empleada como FI, idealmente, debe suministrar un watio de potencia al transverter. No obstante, el aparato soporta hasta 5 watios sin estropearse pero, lógicamente, un exceso de excitación puede dar lugar a distorsión y a un aumento de las señales espureas. El atenuador interno está calculado para 30 dB de atenuación, aproximadamente.

La experiencia demuestra, sorprendentemente, que los aparatos “veteranos” todo modo tiene un bajísimo ruido de fase y que, por lo tanto, se prestan muy bien para este uso.

Un Standard C58 está permanentemente en mi estación a plena satisfacción.

73'S

Enrique