GENERADORES DE RF PARA ONDA LARGA

Juan Morros

EA3FXF

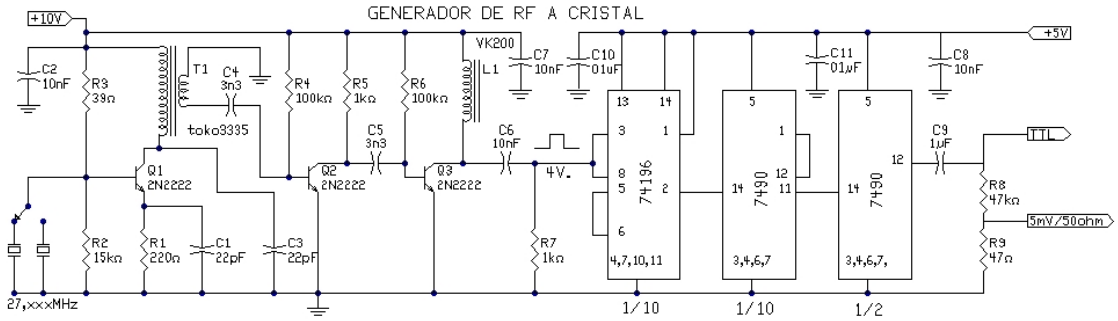
Si no se dispone de un generador de RF estable y preciso experimentar en la banda de OL es un trabajo muy difícil. El recurso habitual es recurrir a la estabilidad que da un sintetizador digital de frecuencia (DDS). Este es un elemento poco frecuente, aun, en el taller de un aficionado medio. Para iniciarse en OL no hace falta un gran desembolso tecnológico: la frecuencia de un oscilador a cristal después de un determinado numero de divisiones puede dar una elevado grado de estabilidad.

Por otra parte, los generadores DDS suelen entregar un nivel de potencia que a veces resulta insuficiente para algunas tareas como medir el campo radiado por la antena o para establecer comunicados con otros experimentadores. Un pequeño amplificador que eleve la salida del generador también puede ser muy útil.

GENERADOR A CRISTAL PARA LA BANDA DE OL

Un cristal oscilando en la banda de once metros es dividido por doscientos para obtener una frecuencia en el segmento que los radioaficionados tenemos asignada (135.7 – 137.8 kHz)

Esquema 1: Generador a cristal



Unos pocos cristales de CB permiten cierta variación de frecuencia en la banda con una alta estabilidad. Siempre que se tomen precauciones con la temperatura soporta bien los modos mas lentos de QRSS, incluso mas allá de dot60.

Usé integrados TTL del cajón pero cualquier divisor CMOS HC es igualmente valido.

Si no se dispone de una bobina Toko 3335 puede utilizarse una inductancia Aristón de 1 uH (ref.:2368 1UH) sobre la que se devanan 2 espiras de hilo esmaltado de 0,2 para la toma de señal. C3 debiera sustituirse por un condensador ajustable de unos 40 pF. Las tensiones de alimentación deben ser estabilizadas.

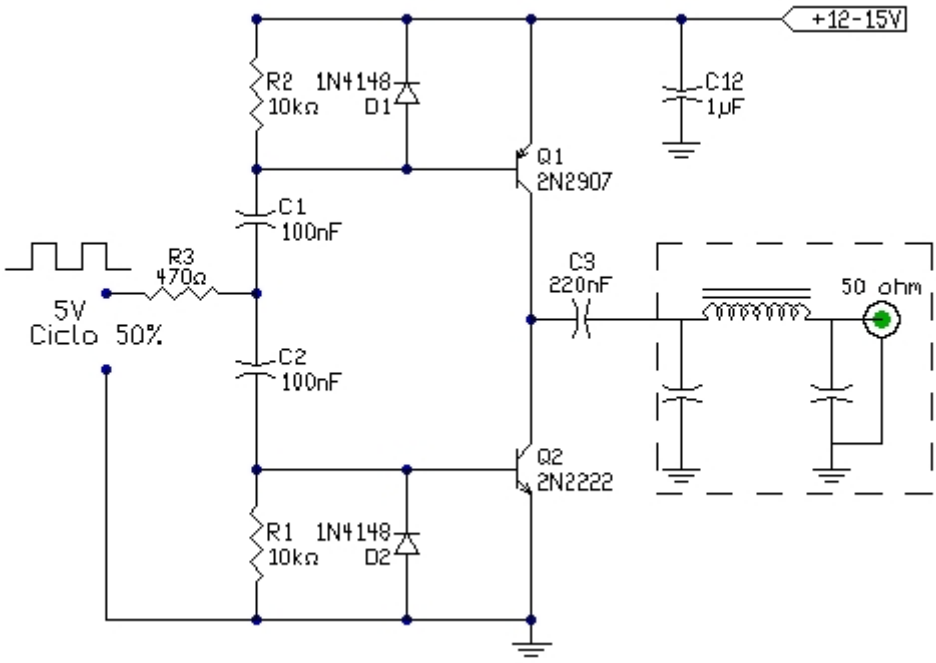
Tanto si el ajuste se hace con bobina o con condensador debe buscarse la mayor amplitud en que la oscilación resulte estable. Esta señal es posteriormente amplificada hasta obtener 3-5 V, dividida en frecuencia por 10, 10 y 2 (200) y a la salida tenemos

una perfecta onda cuadrada, TTL, con un ciclo de trabajo del 50%, apta para el manejo de amplificadores clase D ó E . Finalmente un sencillo divisor resistivo adaptado de - unos 30 dB - permite disponer de una débil señal, útil para ajustar receptores.

AMPLIFICADOR DE 0,5 W PARA 2200 METROS

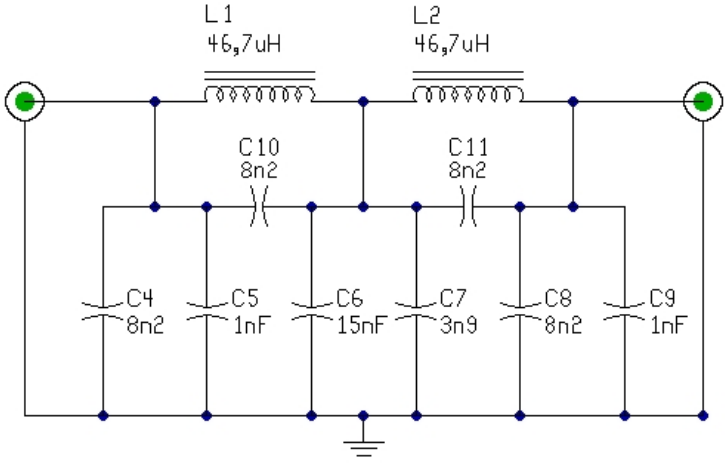
Un par de transistores complementarios, trabajando en conmutación, permiten cierta potencia a la salida del generador. Puede conectarse a la salida de cualquier generador de onda cuadrada de 5 V con un factor de trabajo del 50%.
En la salida hay una onda cuadrada que, después de atravesar el filtro pasa bajos, pierde esta condición para adoptar forma sinusoidal. Con el 2N2907 y el 2N2222 se obtienen 500 mW de señal sinusoidal sobre una carga de 50 Ω con un consumo de 80 mA a 13,7 V. El rendimiento es del 50% aproximadamente. Puede ser, sin grandes cambios, el excitador de un transmisor de mayor potencia o un transmisor QRP.

Esquema 2: Amplificador QRP



Los valores del filtro pasa bajos están tomados del articulo de Federico Oliazola (EA2HB) “Un chinito para Onda Larga”.(1). Para las inductancias L1 y L2 se devanan 31 espiras de hilo esmaltado de 0,5 mm. sobre un toroide NTH13 de Aristón (AL = 476). Los condensadores son todos de polipropileno de 400 V.

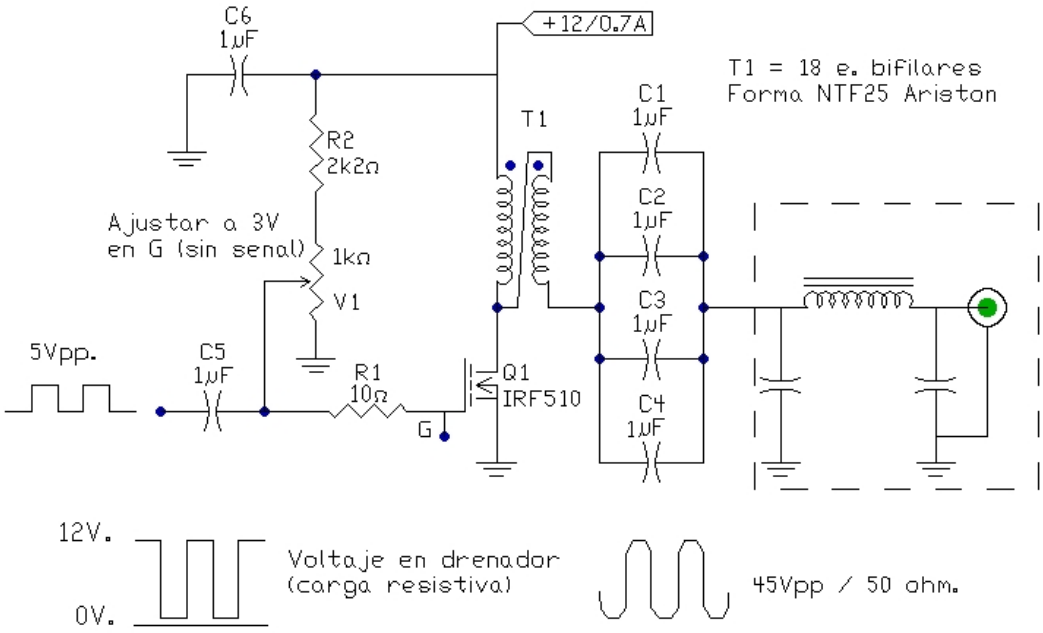
Filtro PB



AMPLIFICADOR CLASE C DE 5 W

Excitar un amplificador de RF con una onda cuadrada no es muy frecuente entre los radioaficionados pero con un adecuado filtro de armónicos los resultados son sorprendentes en Onda Larga, lo que permite de topologías constructivas muy sencillas y disfrutar del beneficio de los amplificadores en clase D o E con rendimientos del 70 al 90 %. Un sencillo amplificador clase C gobernado con ondas cuadradas supera en rendimiento a cualquier homologo construido con un transistor convencional.

Esquema amplificador clase C



El IRF510 es un MOSFET diseñado para aplicaciones de conmutación en automoción es barato y se encuentra fácilmente.
Para que las exigencias de corriente de la puerta del IRF no sobrecarguen la fuente de señal , es aconsejable prever un buffer con algún integrado especializado como el

TC4426 o con el amplificador del esquema anterior. No hay que intercalar ningún tipo de filtro entre la fuente de señal de onda cuadrada, sea del tipo que sea, y el IRF.
El llamado “gate threshold voltaje” (Vgth) o voltaje requerido para que el IFR510 empiece a conducir corriente por su drenador esta, según su “data sheet”, situado entre 3 y 4 voltios (este amplio rango es típico en los MOSFET). Por debajo de 3V el IRF se comporta como un interruptor abierto entre drenador y surtidor .
Hay que ajustar V1, en ausencia de señal, para que en la puerta hayan 3V. Precaución: a medida que aumentamos el voltaje por el drenador circulara cada vez mas corriente hasta que a partir de 8V entrara en saturación y la corriente será de unos 4 –5 A con lo que el transistor se destruirá en pocos segundos. Hay que tomar las debidas precauciones: poner una bombilla de automóvil en serie con la alimentación...tener el MOSFET correctamente refrigerado, etc.
Tras algunos experimentos he visto que si disponemos de un generador de onda cuadrada de 8 Vpp se puede omitir C5, V1 y R2 ya que con esta amplitud se alcanza fácilmente la saturación. Hay que poner una resistencia de 1 KΩ entre la puerta y masa.
La resistencia R1 previene posibles oscilaciones en VHF y puede sustituirse por una perla de ferrita.
En el drenador hay una impedancia de unos 15Ω (Zd = Vdd / Id) que mediante un transformador 1:4 se eleva para que se adapte al filtro pasa bajos, que puede ser el de arriba mencionado. Los condensadores C1 a C4 son de polipropileno. Para 5 W de salida cabe esperar un consumo de 0,7 a 0,8 A. De forma experimental puede variarse el ciclo de trabajo de la señal de entrada y tantear el ajuste de V1 con el fin de obtener el máximo rendimiento. Cuidado, muchas veces el máximo rendimiento no se corresponde con la máxima potencia.

LA ESTABILIDAD

Las señales que nuestro corresponsal trata de detectar entre el ruido son la altamente coherentes, lo que equivale a decir: muy estables y con bandas laterales de ruido muy bajas. El programa de recepción las integrara sobre un lapso de tiempo en consonancia con su duración, lo que equivale a filtrarlas. Por esto si nuestra señal no es sumamente estable es posible que nuestro corresponsal no nos distinga del ruido de fondo.
En recepción explorar una banda de radio con un paso de banda de unos pocos Hz* se vuelve dificultoso, y si además añadimos un oscilador local inestable se vuelve imposible. .
Las señales de los aficionados son escrupulosamente precisas y estables. Debemos abstenernos de transmitir con cualquier tipo de generador que no sea muy estable, no hay que aumentar el ruido en la banda.**

Conseguir una excelente estabilidad en una frecuencia determinada no debe preocuparnos ya que un simple cristal y un divisor alto la pueden proporcionar, lo que ya no es tan sencillo es disponer de un generador de frecuencia variable estable como uno a cristal pero, gracias al ingenio de colegas como G3LDO, DJ1BZ, DF3LP...(3) y otros, hay una solución que permite movilidad en la banda, muy útil para ajustar antenas y estabilidad suficiente para trafico en las velocidades mas altas: dot3 y dot10.
El siguiente esquema es mi particular versión de un generador heterodino para OL.

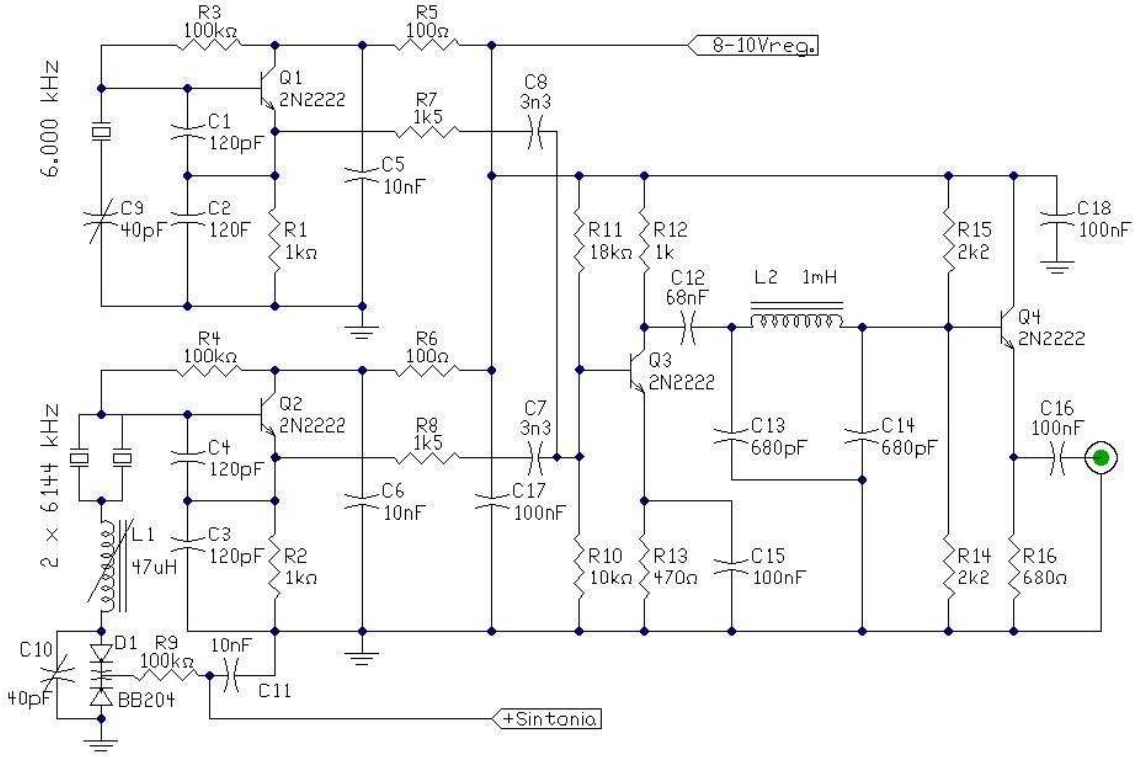
***) En el programa ARGO (2) según la velocidad a la que estemos trabajando, la ventana de recepción, es decir el margen de frecuencias en el cual podremos ver una señal, en un momento dado, se extiende de 100 Hz en dot3 a 1,7 Hz en dot120.**

****) De hecho las transmisiones de aficionados no son una fuente importante de ruido, en general. Puede ocurrir que en una misma localidad coexistan dos o mas experimentadores. El problema es el mismo que en cualquier otra banda de radioaficionado.**

GENERADOR HETERODINO PARA ONDA LARGA

Dos osciladores a cristal inyectan su señal a un sencillo mezclador en el colector del cual un filtro pasa bajos elimina la componente de alta frecuencia de la mezcla antes de llegar al paso separador, en cuyo emisor se encuentran unos 600 mVpp de RF a la frecuencia diferencia de la de los osciladores. Debe aparecer una onda sinusoidal pura.
Utilizando un cristal de 6000 kHz y otro de 6144 kHz y montando como VXO cualquiera de ellos puede conseguirse fácilmente una frecuencia diferencia de 135,700 a 137,800 kHz.

Esquema 3: Generador heterodino



.

Existe un diseño de JA0AS y JH1FCH (4) que permite extender el margen de desplazamiento de un VXO convencional sin que disminuya apreciablemente su estabilidad. Se trata, simplemente, de utilizar dos o mas cristales iguales, en el oscilador, conectados en paralelo en lugar de uno solo. Con ello se necesita menos inductancia en serie, con mayores desplazamientos de la frecuencia del cristal para una misma variación de capacidad. C1, C2, C3 y C4 son estiroflex, en aras a una mayor estabilidad.
El cristal de 6.000 kHz se ajusta por medio de C9 hasta que la lectura del frecuencimetro sea: 6.000.000 exactamente, medidos en la base de Q3. Previamente hemos desconectado la alimentación de Q2.
Dos cristales en paralelo de 6.140 kHz son suficientes para un cómodo ajuste con una inductancia de 47 uH (Aristón 2368 47UH) y un trimer de 5 – 40 pF. Tiene que

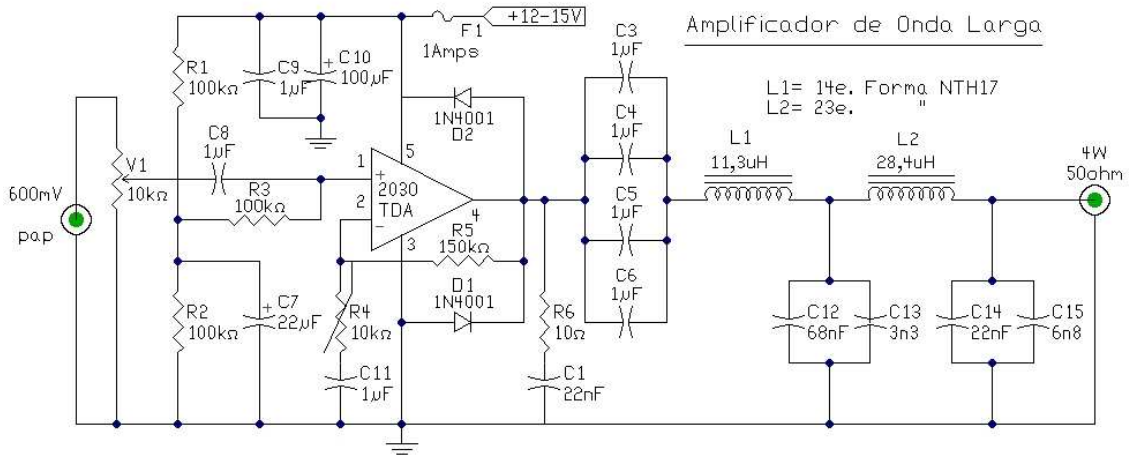
tantearse con el trimer y el potenciómetro que alimenta el varicap hasta establecer los limites de la sintonía . Es fácil conseguir 3 kHz, o mas, de cobertura, pero una amplia cobertura va en detrimento de la estabilidad. Lo ideal seria variar la inductancia, e ir alternando los ajustes de C10 y el varicap hasta que la variación de tensión en este ultimo se traduzca en una cobertura igual (ligeramente superior) a la de la banda: 135.7 – 137.8 kHz. Una bobina ajustable, TOKO3333 o similar, resulta ideal. En mi proyecto utilice un potenciómetro sencillo para la sintonía, pero veo que un potenciómetro multi vuelta resulta mas preciso y facilita el manejo.
Q2 es un mezclador, en el colector del cual se encuentra una red pasa bajos que elimina cualquier componente no deseado de alta frecuencia. En la base de Q4 hay casi 5 V de la señal deseada de O.L.
El esquema ha sido probado con transistores 2N2222 y BC549 funcionando sin problemas, supongo que otros tipos de pequeña señal irán bien igual . La estabilidad es la de los cristales, hay que adquirirlos con el mejor coeficiente de variación frecuencia/temperatura posible. Todos los condensadores son estiroflex menos los de alto valor que son de polipropileno. Una caja metálica con conectores y una fuente de alimentación estabilizada debieran proporcionar una estabilidad mejor que un Hz por hora. Hay que tener precaución con las fuentes de calor.

LINEAL CON TDA2030

Con un amplificador de potencia de auto radio se puede obtener 4 W sobre 50 Ω a 137.000 kHz.
El nivel a la entrada del TDA2030 se regula por medio de un potenciómetro dispuesto con los terminales muy cortos.
El trimer de ajuste situado en la red de realimentación debe moverse para obtener la mejor forma de onda con la máxima amplitud y el mínimo consumo que, a 13,7 V, se sitúa en 600 mA. a máxima potencia.. Sin señal en la entrada deberíamos tener un consumo de reposo de 40 a 60 mA. Se trata de ajustes muy sencillos y, por lo general, concluyen con éxito. En caso de dificultad podría probarse reducir el valor de R5 de 150k a 100k o menos.
Todos los condensadores de 1 uF son no polarizados, los del filtro de salida son de polipropileno y 400 voltios de aislamiento.*
La salida de este integrado de audio tiene una impedancia característica de 4 a 16 ohm, la red 2-L esta diseñada para adaptar 8 Ω a 50 Ω con un Q muy bajo. Variaciones de la carga de 25 a 200 Ω son bien toleradas y la señal no pierde su forma sinusoidal apreciablemente.. Según la hoja de características podemos esperar, a 15.000 Hz, una potencia típica de 9 W sobre 8 Ω.

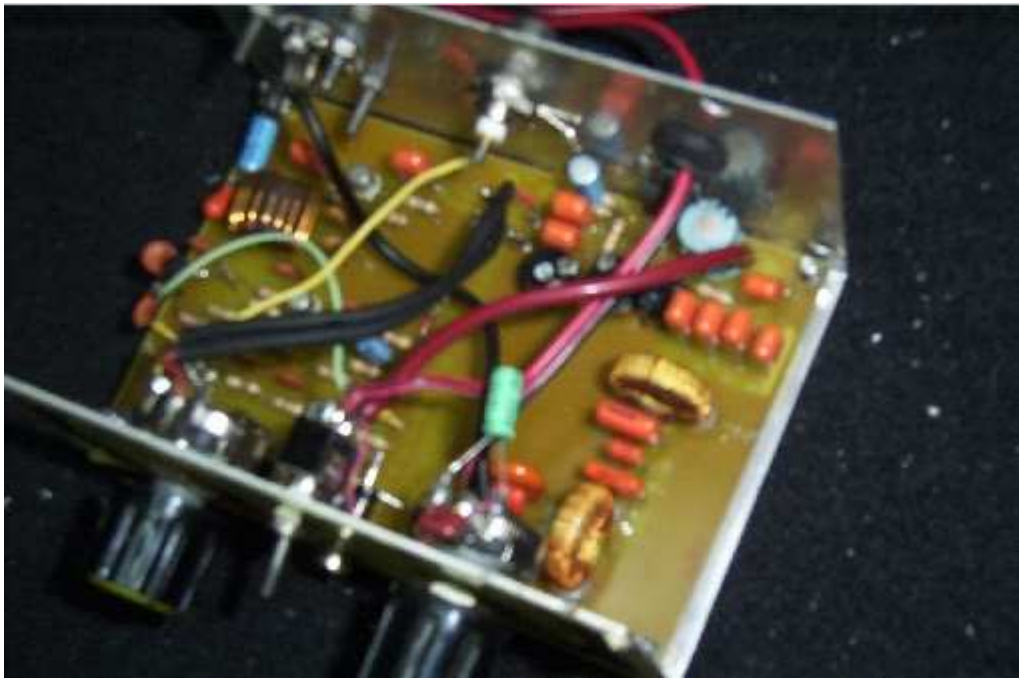
*** Los condensadores de potencia deben ser de polipropileno, mica o cerámicos de transmisión. Los condensadores de poliéster tienen muchas perdidas a estas frecuencias y se calientan cuando pasa por ellos corriente de cierto valor para suministrar potencia. Los cerámicos de pequeño voltaje tampoco son de fiar. Con el propileno se tienen altos voltajes de aislamiento, estabilidad térmica y mecánica y, además, son fáciles de encontrar.**

Esquema 4: Lineal TDA2030



Con una fuente de señal, como la descrita, la regulación de potencia es lineal pudiéndose ajustar su salida de cero a máximo. Casi cualquier generador de onda sinusoidal podrá gobernar este amplificador. Hay que tomar especial precaución en no sobrecargar (literalmente: achicharrar) los elementos que queremos medir ya que 4 W son muchos en la mayoría de los casos.

Foto1: Lineal TDA2030



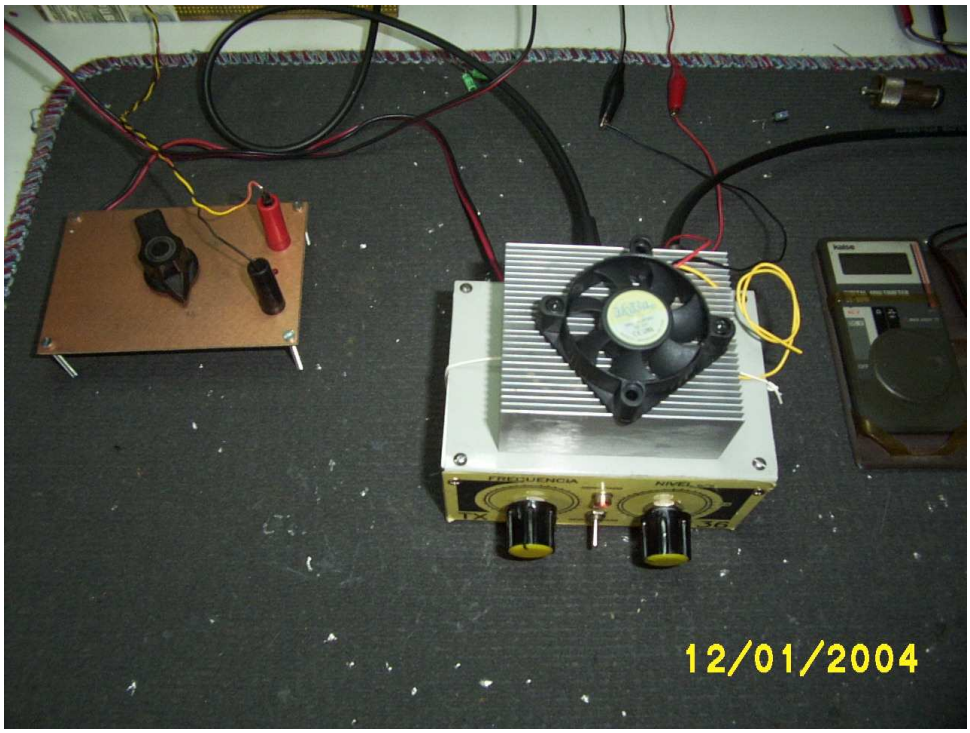
Pie de foto: Este fue mi primer generador. A la izquierda el potenciómetro de sintonía. Cometí el error de situar el amplificador en la misma placa.

Es fácil caer en la tentación de ubicar en una misma caja el generador y el amplificador, No es, por experiencia, una buena idea porque los cambios de temperatura de este último harán inestable el primero, inevitablemente.

1ª TRANSMISIÓN, ALCANCE 750 Km.

A principios de 2004 inicie una serie de experimentos en transmisión con la antena que tenia entonces, un hilo de 10 metros de altura y 21 metros de sombrero, con aislantes de hilo de nylon (5).
La corriente de antena, a máxima potencia, era de 240 mA que, elevados al cuadrado y multiplicados por la Resistencia de radiación (0,02 Ω, calculada) y por la ganancia de la antena (4,8 dBi) daba una potencia radiada aparente de 3,5 mW .
Con esta optimista potencia estimada anuncie una transmisión de prueba por la lista de correo de "ondalarga" para poner sobre aviso a los colegas EA.
El 11-1-04 de diez de la noche a diez de la mañana estuve transmitiendo puntos de 60 segundos de duración (dot60).
El transmisor estaba compuesto de un TDA2030 excitado por un DDS (AD9850) gentileza de Xavier Solans (EA3GCY) aunque un generador a cristal y un amplificador de ½ W , como los descritos, también podrían haber sido suficientes. Fue necesario adaptar un gran radiador de PC para disipar el calor de unas transmisiones tan largas. Los puntos eran manipulados por la alimentación con un sencillo circuito formado por un 555 y un rele .

Foto2: Transmitiendo



Pie de foto: Solo funciona el amplificador. A la izquierda se ve el generador de puntos.

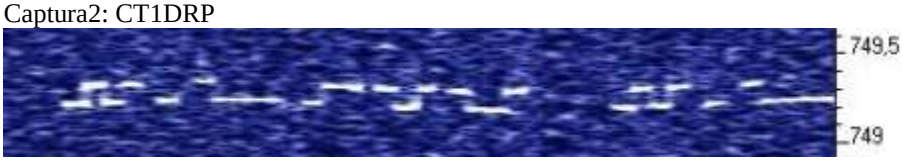
No podéis imaginar cual fue mi sorpresa cuando, al día siguiente, recibí un correo de Brian (CT1DRP) desde Oporto (6) adjuntando una captura del ARGO en la que se veían, tenues pero claramente destacadas del ruido, una sucesión de trazos correspondientes a los puntos de mi transmisión. No hay que decir que las antenas de Brian son muy grandes y situadas en un entorno de bajo ruido.

Captura1

Pie de foto: Así llegó mi señal a Oporto

Da la casualidad que unas semanas antes hice mi primera recepción con esta misma estación.

Captura2: CT1DRP



Pie de Foto: CT1DRP en dot60. Los puntos y las rayas tienen la misma duración. En LSB las rayas están abajo y los puntos se encuentran 0.1 Hz por encima. Se trata de "DFCW" una modalidad que acorta notablemente los QSO.

Su potencia radiada era de 500 mWerp y su transmisión, anunciada a través de EA1PX, fue recibida simultáneamente en Lleida y en Madrid por D. Jesús Bartolomé, con buenas señales.

REFLEXION

Que nadie piense que este tipo de alcances, con tan poca potencia, son algo normal. En el caso descrito concurrieron, a mi modo de ver, un cúmulo de circunstancias favorables entre las que la propagación por reflexión ionosférica jugó un importante papel

La propagación en O.L. se diferencia en que la onda terrestre se atenúa mas lentamente, es decir permite mas alcance sin "skip", que sus homologas en O.C. y O.M..

Por debajo de los 200 kHz existe también propagación por reflexión ionosférica estando sometida, de forma muy severa, a variaciones solares: manchas...tormentas, etc. Hay una zona situada aproximadamente entre los 500 y 1000 kilómetros, donde la onda de superficie coexiste con la onda reflejada dándose fenómenos de cancelación o de adición que pueden reforzar o anular una señal débil (7). En este caso y dado el escaso alcance de mi emisión directa (en Madrid no se recibió mi señal) pienso que el merito fue solamente de las ondas reflejadas.

El ruido es un factor limitante del nivel de señal que se puede recibir en O.L. (en cualquier banda). El nivel de ruido (humano...atmosférico, etc) es muy alto por lo que un entorno de bajo ruido es necesario para la estación receptora. Si a este bajo ruido ambiental le añadimos un receptor con una FI –digital- tan estrecha que puede detectar señales casi 30 dB por debajo del ruido, se entiende porque el colega Brian pudo ver mi débil transmisión.

Simplemente ocurrió que una muy bien dotada estación, (CT1DRP es un "tiburón" de la O.L.) recibió la emisión de una estación que trabajaba en precario. Situaciones parecidas se han descrito en otras bandas

Normalmente, con un sistema de transmisión (TX + antena) como el que he utilizado, pueden esperarse contactos audibles a 2 –3 kilómetros y a unos 50 kilómetros para las velocidades mas rápidas de QRSS. Para velocidades lentas los alcances pueden ser sorprendentes. Es un campo totalmente abierto a la experimentación.
Naturalmente los transmisores utilizados para trafico son mucho mas potentes. Es relativamente fácil construir amplificadores con transistores MOSFET de potencia en clase D ó E, Sin embargo, para empezar a experimentar, es mucho menos complicado y más útil un transmisor de no mas de 5 W

Experimentar en esta nueva y desconocida banda es una fuente más de satisfacción y aprendizaje que podemos disfrutar los radioaficionados atraídos por el aspecto técnico de la Radio.
Quedo QRV en: http://groups.yahoo.com/group/ondalarga/ donde un pequeño grupo de aficionados tenemos establecido nuestro particular QSO sobre O.L.

Juan Morros
EA3FXF

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

1-Federico Olaizola "Un Chinito para Onda Larga" CQ Radio Amateur. Septiembre 2000. nº 201. Pág.: 19-22.
2- http://www.qsl.net/padan/argo/
3- Peter Dodd, G3LDO "The LF Experimenter's Handbook" R.S.G.B. 2000. Cáp.: 3
4- http://www.qsl.net/7n3wvm/supervxo.html
5- Juan Morros(EA3FXF) Eduardo Alonso(EA3GHS) "Antena vertical (Marconi) para Onda Larga". CQ Radio Amateur. Marzo 2003.nº 231. Pág.:27
6- http://homepage.esoterica.pt/~brian/index.htm
7- P.Antoniazzi, M.Arecco. "Comms at 136 kHz". Electronics world, Enero 2001. Pág.: 16-22