

CONSIDERACIONES SOBRE LA CALIBRACIÓN Y LOS FILTROS EN uBITX

Gracias a Evan AC9TU, Jerry KE7ER, Ron y otros.

Periódicamente surgen dudas sobre el procedimiento de calibración de la radio uBitx de <https://www.hfsignals.com>

A raíz de ésto, hace poco tiempo, planteé en el foro algunas dudas sobre el funcionamiento de la radio, no porque tuviera dudas sobre su diseño, sino porque no comprendía bien los principios en los que se basaba. Es obvio que el diseño es lo suficientemente bueno por la sencilla razón de que la radio funciona. Y funciona bien.

Se puede encontrar la discusión original aquí:

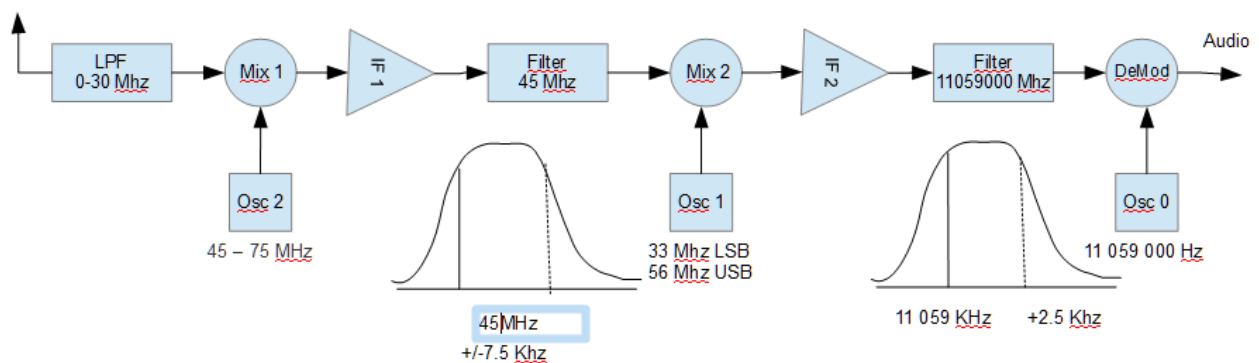
https://groups.io/g/BITX20/topic/calibration_filters/89337641

Las dudas planteadas podrían resumirse en las siguientes:

1. El espectro de las bandas laterales ¿está bien centrado en la banda pasante de los filtros?
2. ¿Cómo ajustar correctamente las frecuencias de los osciladores OSC0, OSC1 y OSC2?
3. ¿Existe un procedimiento basado en instrumentos que permita la calibración correcta de la radio o es necesario el oído humano?

Antecedentes

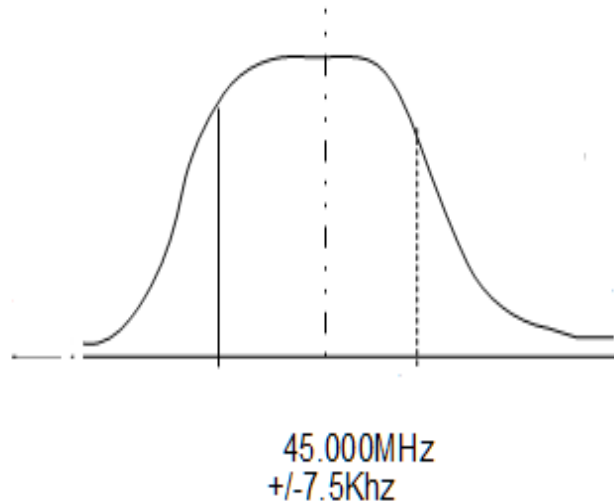
Se muestra aquí el diagrama del receptor en las versiones 5 y 6. Para versiones anteriores la discusión es similar modificando las frecuencias de los filtros y de los osciladores.



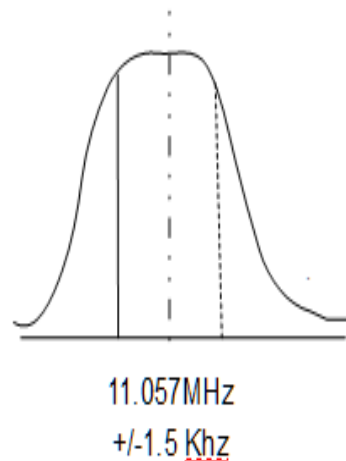
Parece aceptado que

- El ancho de banda para 3db del filtro de 45MHz es de 15KHz.
- Típicamente, el filtro de 45MHz parece estar centrado en 44.995 Mhz.

Así, la respuesta típica del filtro de 45MHz sería



También parece aceptado que el filtro de 11059KHz tendría un ancho de banda de unos 3KHz y la frecuencia central estaría unos 2KHz por debajo, en los 11.057KHz, debido a la resonancia serie del circuito. La caída superior de la respuesta sería más abrupta que la inferior.

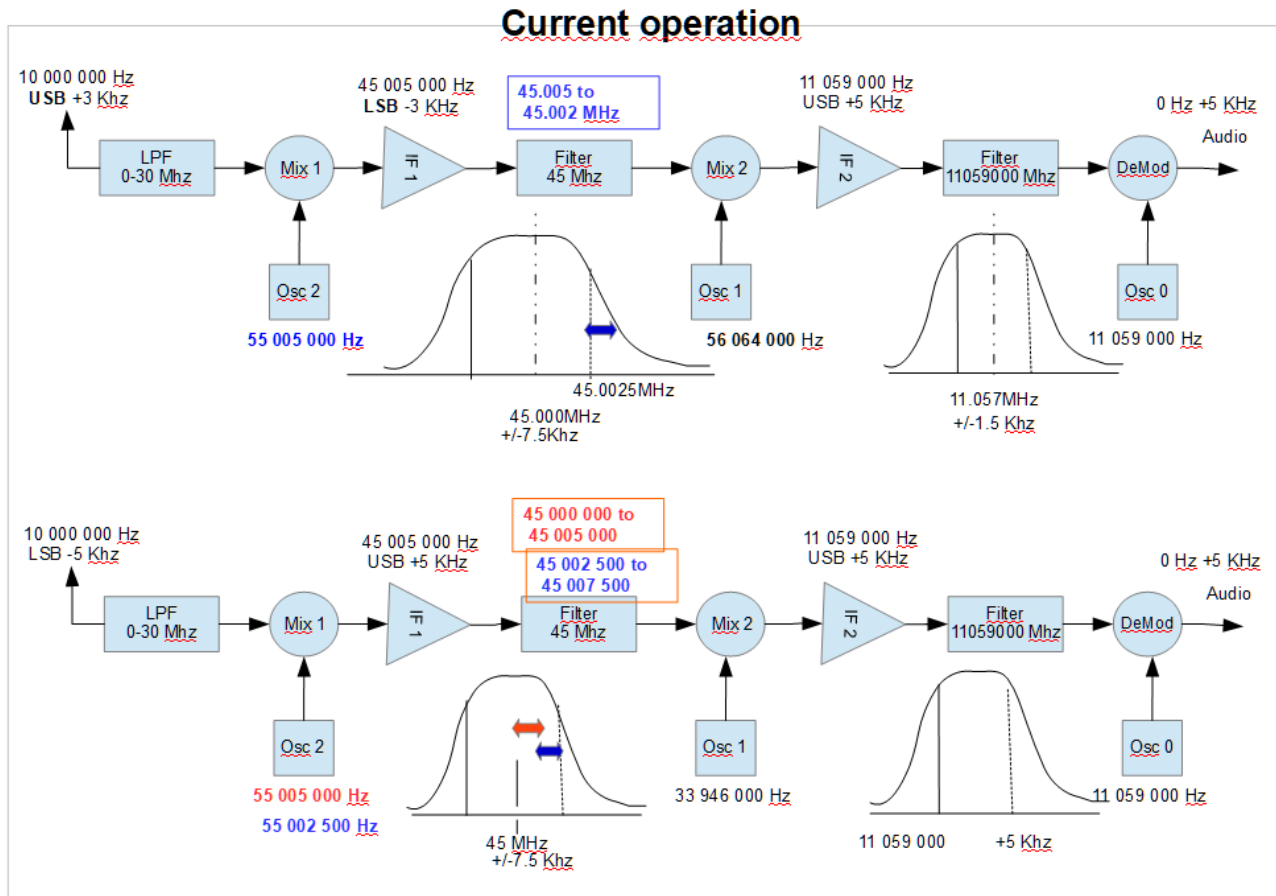


Estas serían las respuestas “teóricas”, sin tener en cuenta la tolerancia y la variación en cada unidad de cristal.

Utilizaremos en primer lugar estos valores teóricos para plantear los términos de la discusión. Más adelante será necesario tener en cuenta las variaciones reales para una calibración correcta.

Partimos también de los valores de OSC0, OSC1 y OSC2 utilizados en el software de la versión 6 que puede encontrarse aquí: <https://github.com/afarhan/ubitxv6>

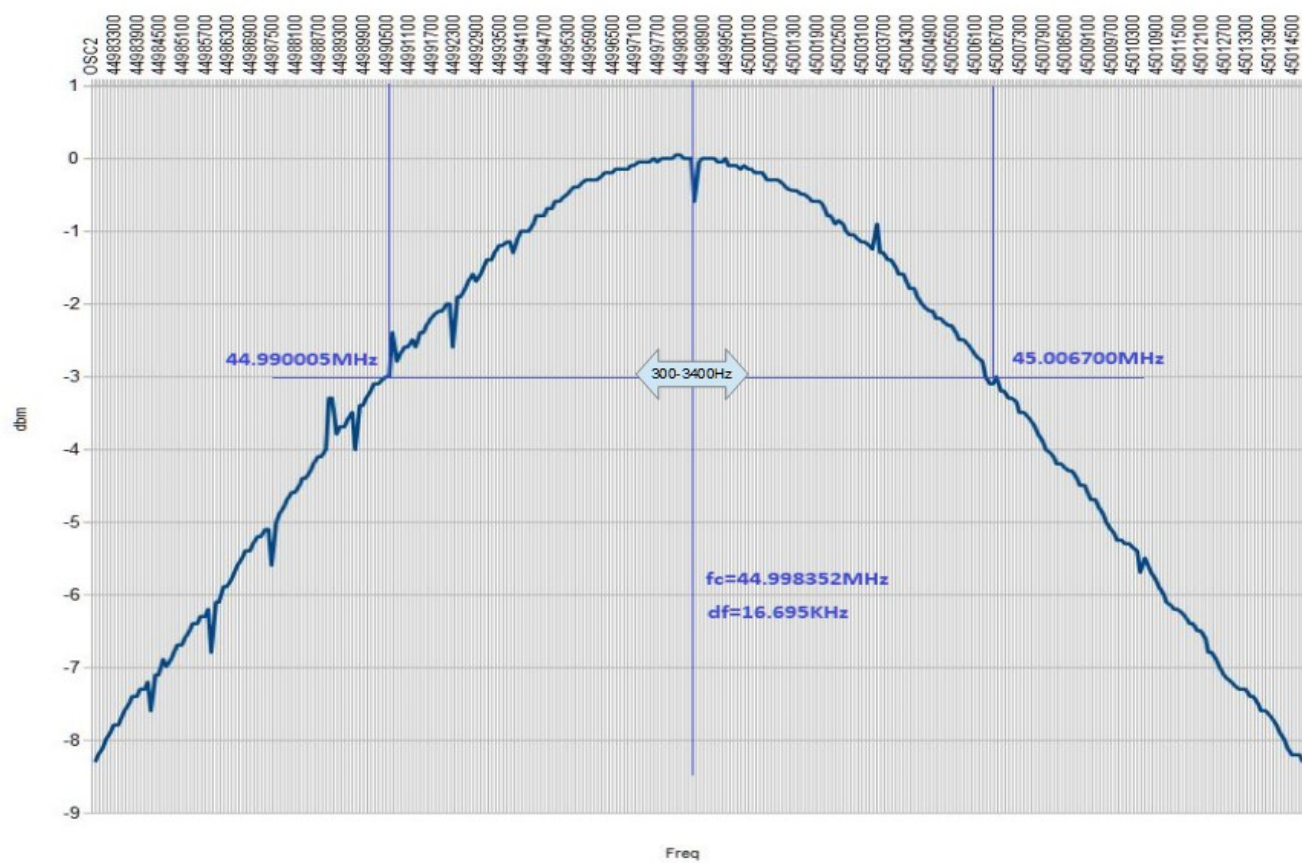
El diagrama quedaría, por tanto, así



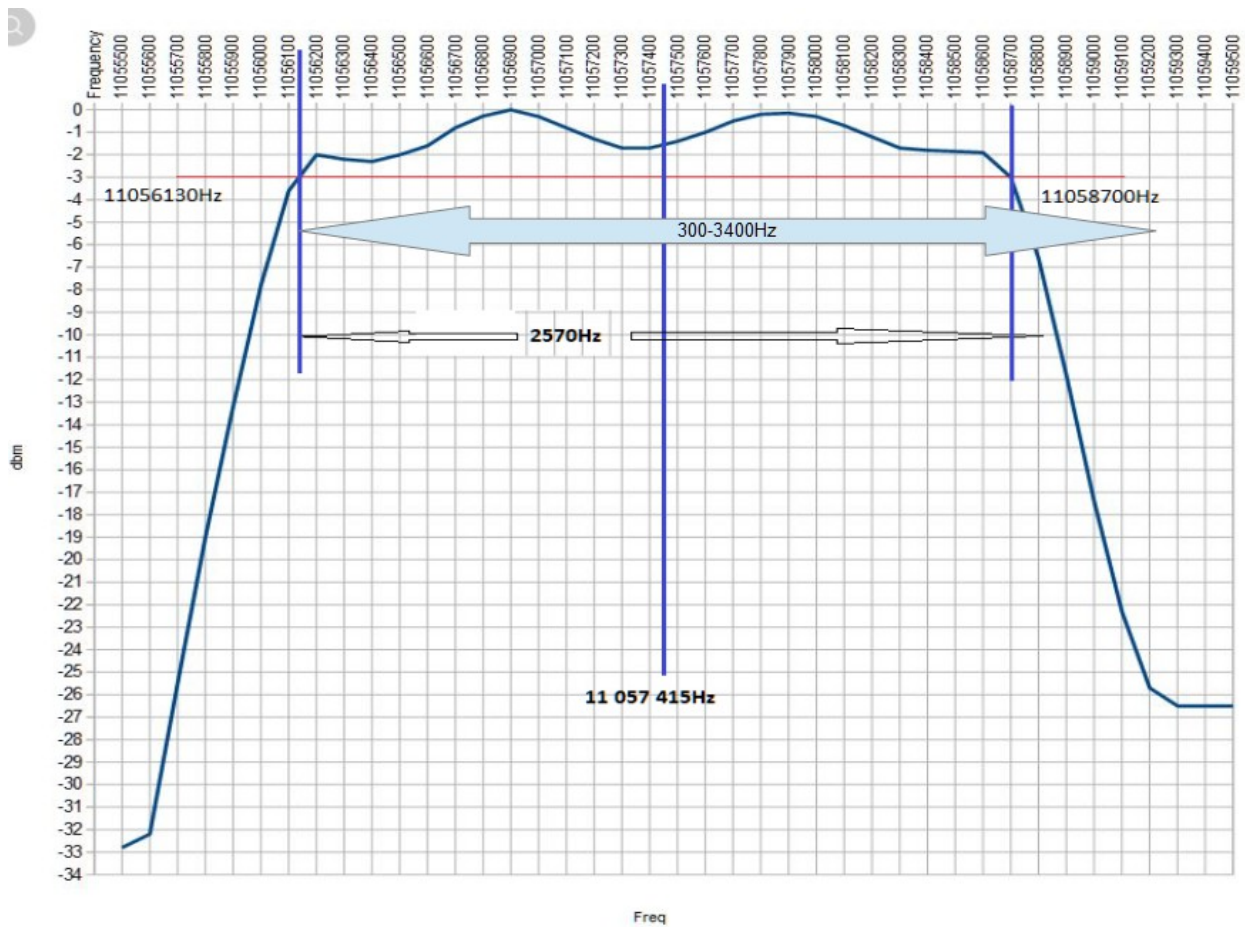
A continuación, he trazado la curvas de respuesta reales de ambos filtros, de 45MHz y de 11.059 Mhz, Suponemos que la forma de curva de respuesta es la misma para todas las unidades de uBitx y que solamente estará desplazada hacia arriba o abajo dependiendo de los cristales de cuarzo de cada unidad.

Filtro de 45 Mhz

45MHz filter response. $F_c=44.998352\text{MHz}$, $dF=16.695\text{KHz}$.

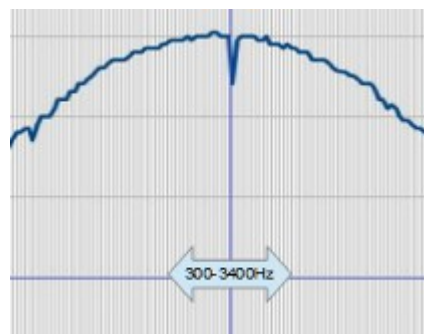


Filtro de 11.059 Mhz

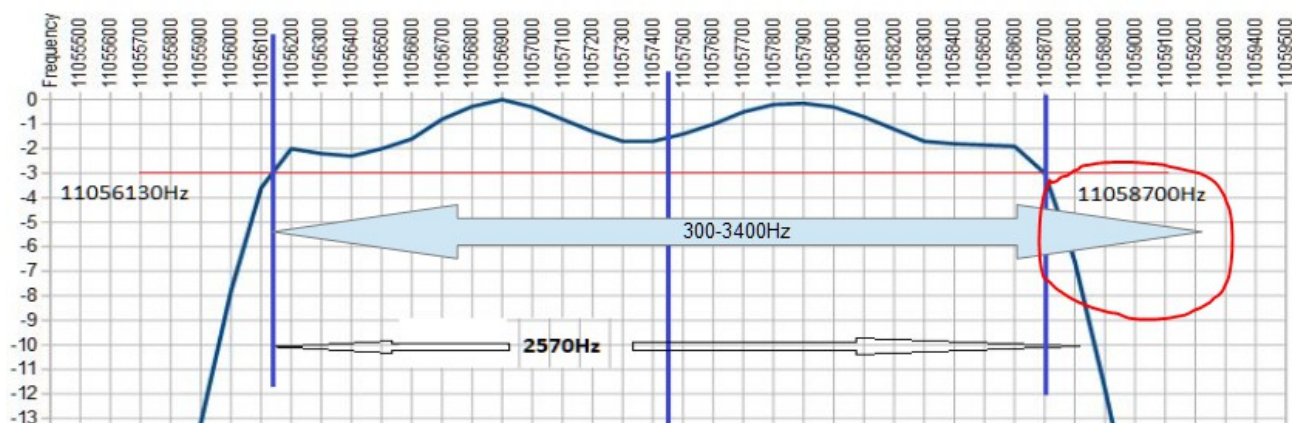


Supongamos que la banda que deseamos transmitir en una banda lateral va de 300Hz a 3400Hz (banda vocal habitualmente usada en telefonía), con un ancho de 3100Hz.

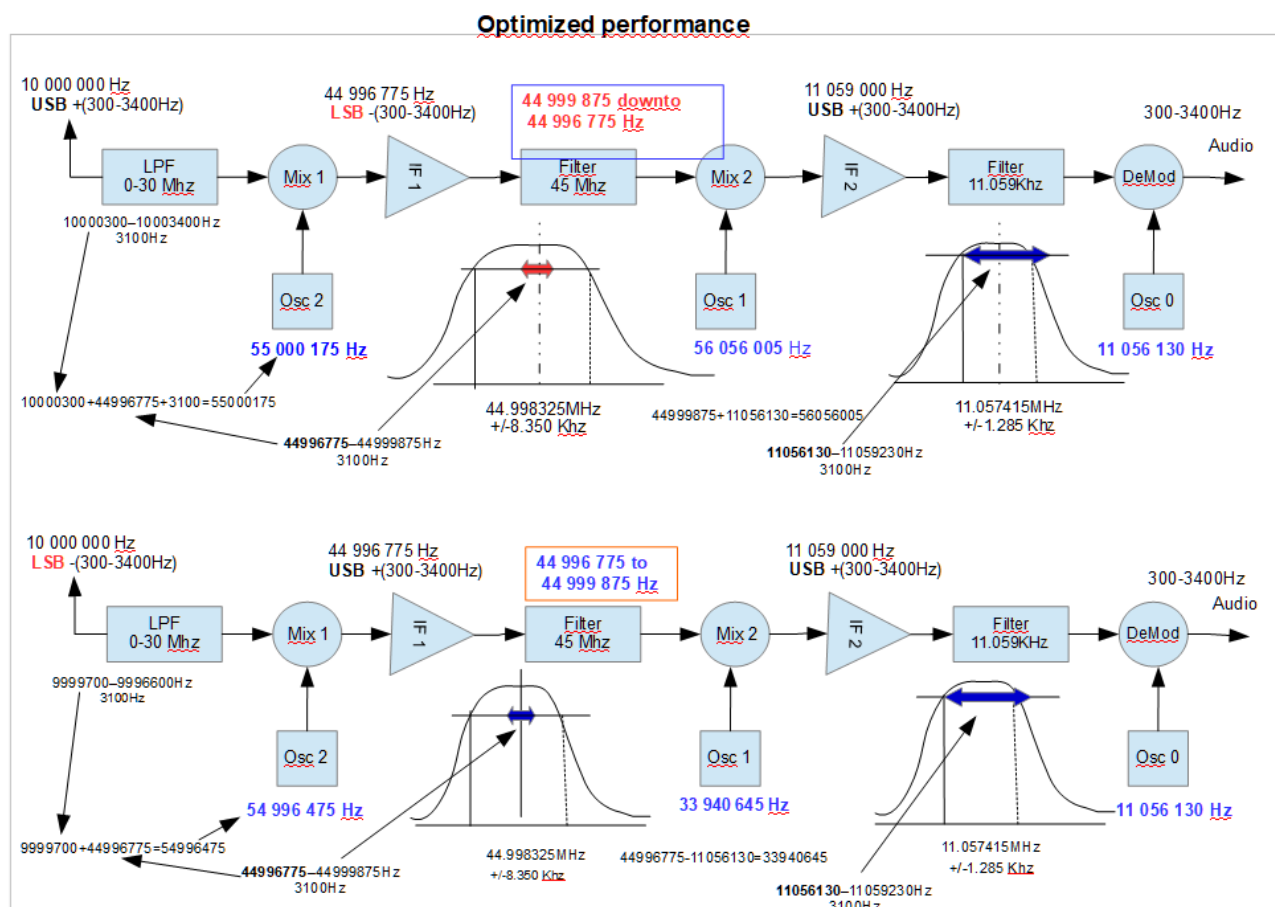
En el primer filtro, de 45 Mhz, deberíamos situar este espectro en el centro de la banda de paso del filtro



Sin embargo, en el segundo filtro, dado que el espectro de la banda lateral es mayor que la banda de paso, parece más correcto hacer coincidir el límite inferior del espectro con el límite inferior de la banda de paso. En este caso perderíamos la parte superior del espectro, por encima de los 2870 Hz.



Para conseguir ésto hay que modificar el software para que las frecuencias de los relojes OSC2, OSC1 y OSC0 sean las mostradas en el siguiente diagrama, en el caso de que la frecuencia recibida sea 10.0 MHz en USB y LSB.



Generalizando los valores para cualquier frecuencia y banda lateral recibida, siendo

Fr : frecuencia recibida

Fc1 : Frecuencia central del filtro 1 (45 MHZ)

Fc2 : Frecuencia central del filtro 2 (11.059 Mhz)

Así, en el caso de la **USB**, el cálculo de las frecuencias de los osciladores sería:

$$\text{OSC2} = \text{Fr} + 300\text{Hz} + \text{Fc1} + 3100\text{Hz}/2$$

$$\text{Ejemplo: } \text{Osc2} = 10000000 + 300 + 44998325 + 1550 = 55\,000\,175\text{ Hz}$$

$$\text{OSC1} = \text{Fc1} + 3100\text{Hz}/2 + \text{Fc2} - 1285\text{Hz}$$

$$\text{Ejemplo: } \text{Osc1} = 44998325 + 1550 + 11057415 - 1285 = 56\,056\,005\text{ Hz}$$

$$\text{OSC0} = \text{Fc2} - 1285$$

$$\text{Ejemplo: } \text{Osc0} = 11057415 - 1285 = 11\,056\,130\text{ Hz}$$

Para la banda lateral inferior **LSB**

$$\text{OSC2} = \text{Fr} - 300 + \text{Fc1} - 3100\text{Hz}/2$$

$$\text{Ejemplo: } \text{Osc2} = 10000000 - 300 + 44998325 - 1550\text{Hz} = 54\,996\,475\text{ Hz}$$

$$\text{Osc1} = \text{Fc1} - 3100\text{Hz}/2 - \text{Fc2} + 1285$$

$$\text{Ejemplo: } \text{Osc2} = 44998325 - 1550 - 11057415 + 1285 = 33\,940\,645\text{ Hz}$$

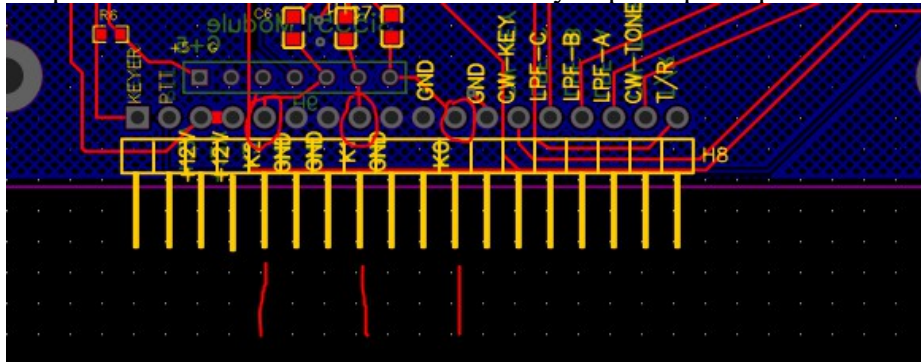
$$\text{Osc0} = \text{Fc2} - 1285$$

$$\text{Ejemplo: } \text{Osc0} = 11057415 - 1285 = 11\,056\,130\text{ Hz}$$

Calibrado del oscilador principal Si5351

Antes de efectuar todo el proceso de medida de los filtro es necesario calibrar el generador Si5351. Utilizaremos un frecuencímetro de confianza y mediremos cualquiera de las tres frecuencias de reloj generadas CLK0, CLK1 y CLK2.

Cualquiera que sea la versión de Raduino, la original o cualquiera de los Raduino32, los puntos de medida son estos pines del conector entre el Raduino/32 y la placa principal del uBitx.



K2, K1 y K0 de izquierda a derecha, visto desde el frente.

Ponemos el uBitx en mod Calibración VFO y ajustaremos el valor hasta que la frecuencia medida en el punto K0 (OSC0) sea igual al valor en que esté calibrado el BFO (aprox. 11.056000MHz). No importa que sea el valor correcto, este paso se hará después.

Con este ajuste habremos compensado las desviaciones del cristal de 25 MHZ del oscilador Si5351 y podremos continuar el proceso.

Cálculo de las frecuencias centrales de los filtros

Obviamente, para aplicar este procedimiento es necesario buscar las frecuencias centrales de los filtros **Fc1** y **Fc2**. Se precisan un generador de frecuencias y un medidor de niveles.

Dependiendo del equipamiento disponible puede variar el procedimiento. Yo disponía de un generador Juntek JDS2800 y un medidor de niveles Anritsu ML424A.



Filtro 2, 11.059 Mhz

Con el equipo apagado, inyectar con el generador frecuencias entre 11.055 Mhz y 11.059 Mhz, barriendo cada 100Hz. Guardar los datos y trazar la curva en una hoja Excel o en una hoja cuadrículada. Con la curva trazada, buscar los puntos de corte inferior y superior con los niveles de -3db respecto al máximo nivel que consideraremos como 0db. Con las frecuencias límite inferior y superior calculamos la media aritmética y ya tendremos la frecuencia central **Fc2**. Esta frecuencia central debería estar entre 11.056 Mhz y 11.058MHz, de acuerdo con lo sabido para este tipo de filtro.

Así, en este caso, tenemos:

F inferior = 11.056130 Mhz

F superior = 11.058700 Mhz

Fc2 = F central = $(11.056130 + 11.058700) / 2 = 11.057415 \text{ MHz}$

Filtro 1, 45 Mhz

En mi caso, dado que el medidor de niveles ML424A no mide bien por encima de 20 Mhz, he debido recurrir a un artificio para medir la curva de respuesta del filtro de 45MHz.

(Válido para la placa Raduino32, pero en el Raduino original se haría de forma similar)

Con la radio uBitx encendida y la antena desconectada, ajustar el valor del BFO (OSC0) a la frecuencia central del filtro 2 para conseguir la máxima respuesta, en este caso 11.057415 Mhz.

Hacer una modificación temporal en el software, en la función **void setFrequency(unsigned long f)**

aproximadamente en la *línea 340* del fichero *ubitx32_20.ino*.

```

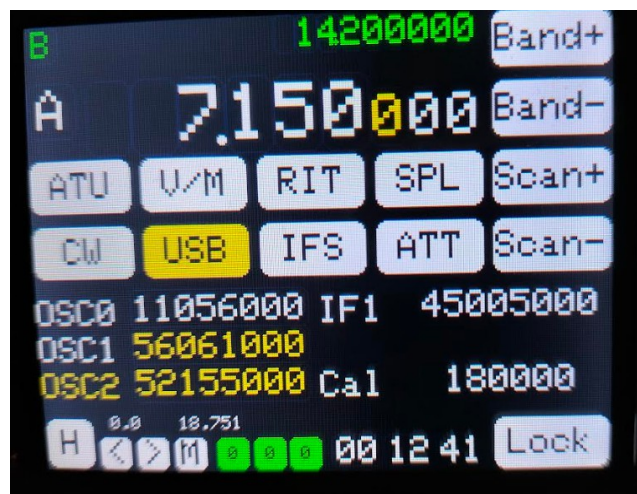
341 void setFrequency(unsigned long f){
342     setTXFilters(f);
343     //alternative to reduce the intermod spur
344     IF1=conf.firstIF;
345     if (conf.isUSB==1)
346     {
347         //OSC1 = IF1 + conf.usbCarrier + f;
348         //OSC1 = IF1 + conf.usbCarrier;
349         if (conf.cwMode) { OSC2 = IF1 + f + conf.sideTone; }
350         else             { OSC2 = IF1 + f; }
351     }
352     else
353     { // LSB
354         //OSC1 = IF1 - conf.usbCarrier + f;
355         //OSC1 = IF1 - conf.usbCarrier;
356         if (conf.cwMode) { OSC2 = IF1 + f + conf.sideTone; }
357         else             { OSC2 = IF1 + f; }
358     }
359     si5351bx_setfreq(2, OSC2);
360     si5351bx_setfreq(1, OSC1);

```

Comentar las líneas 348 y 355 y descomentar las líneas 347 y 354 para que $OSC1 = IF1 + \text{usbCarrier} + f$.

Compilar y cargar en el Raduino32.

Pulsando la tecla “H” ir al modo de pantalla 3, donde se muestran las frecuencias de los 3 relojes OSC0, OSC1 y OSC2.



Barreremos con el mando del dial la frecuencia que haga que OSC2 vaya desde 44.950000MHz hasta 45.050000 Mhz. Haremos primero un barrido cada 1000 Hz para trazar una curva aproximada y después cada 100 Hz para obtener una curva más precisa. No hacer caso de lo que indique la frecuencia principal, solamente los valores de OSC0 y OSC2.

