

# Il rumore di banda laterale negli oscillatori e la dinamica nei ricevitori

## **Preambolo.....**

**Tecniche in uso alla fine degli anni 60, primi anni 70 per gli oscillatori locali:**

- Oscillatore a quarzo con varie moltiplicazioni e VFO a 5 MHz circa (preponderante l'uso dei tubi elettronici).

**Strumenti in uso dai radioamatori:**

- Ondametro, voltmetro elettronico e anche l'oscilloscopio.

**Laboratori R&D stessi anni:**

- Analizzatore di spettro con HP8555, 8552AoB e visualizzatore 141T.

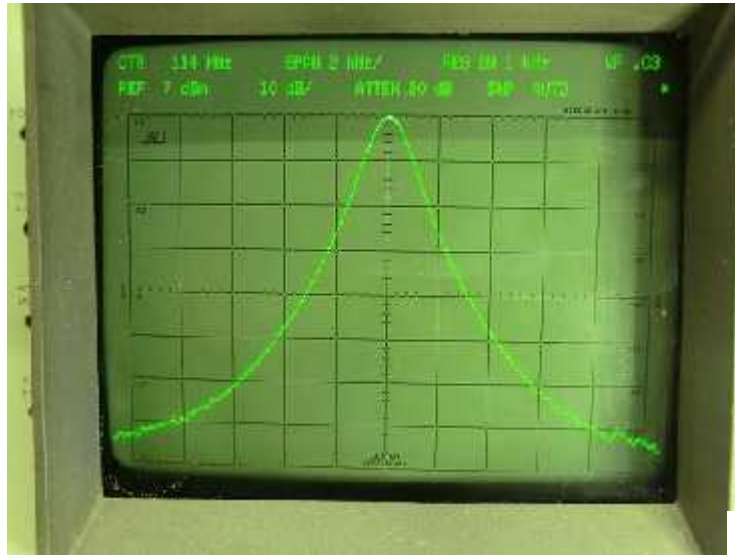
## **Cos'è il rumore di banda laterale negli oscillatori?**

Generalmente, quando si utilizza un Analizzatore di Spettro, si guarda il prodotto armonico e i segnali che non sono in relazione armonica (spurie)....difficilmente ci soffermiamo ad analizzare le due bande a dx e sx del segnale in fondamentale.

Anche se stringiamo la risoluzione di banda non riusciamo a separare il rumore dell'analizzatore da quello del segnale in esame.

Per ottenere una misura attendibile è necessario utilizzare un A.di S. con una risoluzione di banda di 1 Hz e un software adeguato.

# Esempio



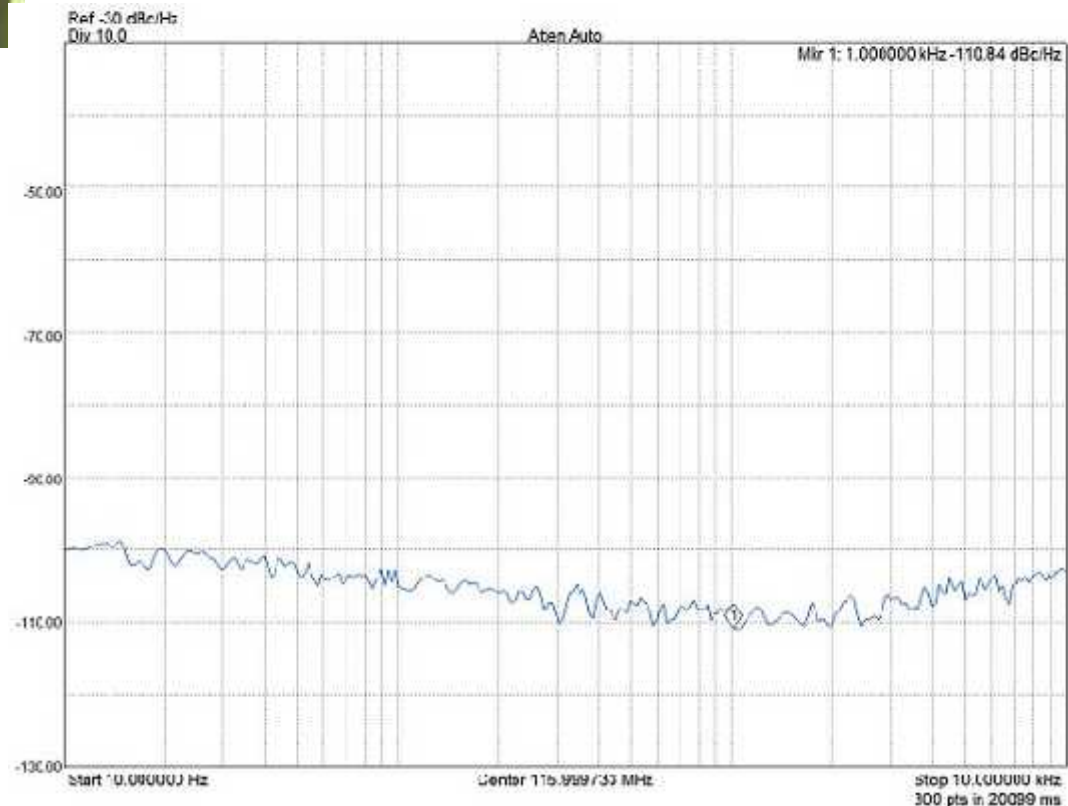
La foto indica un oscillatore a 116 MHz con una risoluzione di banda di 1KHz analizzato su HP8570A

La visualizzazione è di 2 KHz a divisione.

Applico il calcolo per ottenere quanti dB aggiungere alla misura per riferirmi ad una risoluzione di 1 Hz.... $10 \log 1000 = 30$

Aggiungo 30 dB ai  $-50$  dB che noto nell'analizzatore, a 4 kHz dalla frequenza nominale, ed ottengo  $-80$  dBc/Hz

Stesso segnale analizzato con un A.di S. dotato di software per la misura del rumore di banda laterale....a 4kHz dalla portante siamo ad oltre  $-110$  dBc/Hz !



## Analisi del rumore

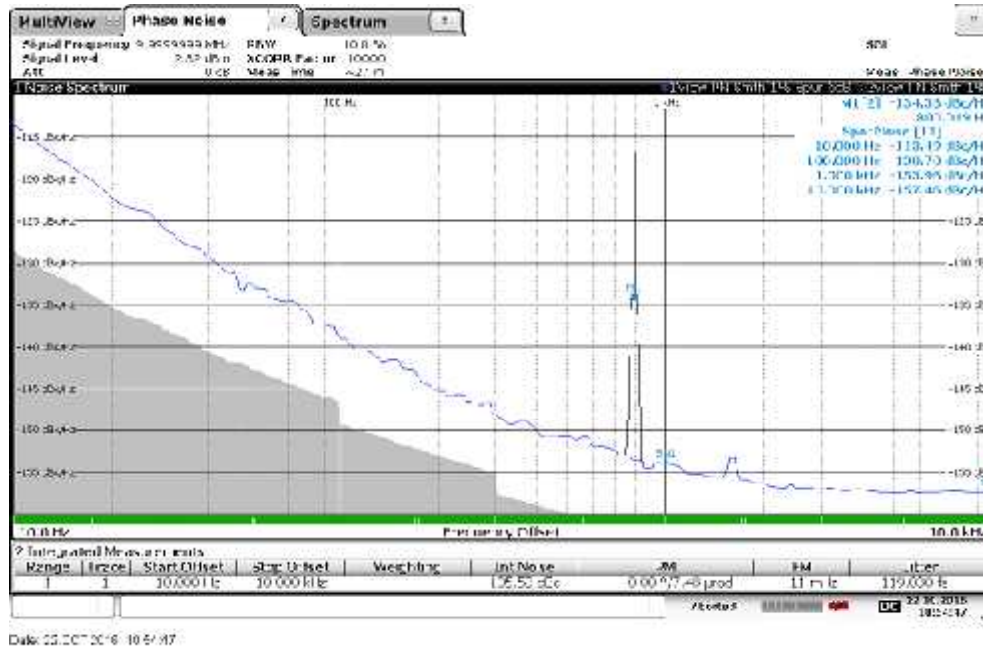
- Attorno  $\pm 50$  Hz dalla frequenza nominale il rumore è funzione del Q del circuito oscillante.
- Attorno  $\pm 500$  Hz dalla frequenza nominale, la circuiteria dell'oscillatore è preponderante nel generare rumore (compreso il filtraggio dell'alimentazione).
- Oltre i  $\pm 500$  Hz il rumore modula in fase ed è rumore "bianco".

Un oscillatore a Quarzo è molto avvantaggiato, ma attenzione al costruttore del quarzo: la metallizzazione della lamina è il punto debole!

# Le tecniche

- Anni 70, sintesi indiretta, PLL con divisori digitali
- Fine anni 70 sistemi misti con sintesi diretta e indiretta
- Anni 80 tentativi con DDS con le funzioni distribuite
- Fine anni 80, DDS con convertitori digitale-analogico integrato e PLL
- Anni 90 ed oltre, DDS con frequenze di clock crescente e tecnica “dithering”, VCO integrati a frequenza elevata.
- Utilizzo di oscillatori a bassissimo rumore per la frequenza di riferimento, nelle tecniche a PLL, con aggancio ai satelliti GPS per la precisione in frequenza.

# Esempio del rumore di banda laterale in un riferimento a 10 MHz del tipo GPSDO



Un grazie a Fabio IONLK per aver messo disponibile l'ultimo strumento della R&S che effettua la misura del rumore di banda laterale!

A 10 Hz dalla frequenza nominale il rumore è a  $-113.5$  dBc per ridursi a  $-153.9$  dBc alla distanza di 1000 Hz. Nei PLL è importante che il rumore del riferimento sia il più basso possibile proprio nel tratto  $\pm 10$  Hz - 1 kHz affinché sia possibile effettuare la copia dell'andamento.

Oggi, finalmente, i costruttori degli apparati amatoriali, dichiarano il rumore di banda laterale degli oscillatori; è espresso in dBc (carrier) in 1 Hz di banda a data frequenza (dal carrier).

## Implicazioni del rumore di banda laterale

Un parametro, che dipende dal rumore di banda laterale, è la dinamica della sezione RX nel momento in cui si verifica la “conversione reciproca”.

La dinamica è un numero grande espresso in dB; in altre parole indica, quanto il nostro RX, è in grado di trattare segnali forti e deboli che occupano la porzione di spettro ricevuta.

Per migliorare la dinamica abbiamo imparato a sacrificare la cifra di rumore, alzando la corrente dei dispositivi utilizzando le tecniche di D.Norton e V.Koren, per poi passare agli MMIC ultima generazione.

Abbiamo utilizzato filtri con fattore di forma e attenuazione fuori banda eccezionali, ma nulla nella cura per il rumore di banda laterale.

Un rumore di banda laterale alto vanifica tutti i sacrifici elencati e fatti.

A dimostrazione di quanto scritto riporto un esempio, con delle misure condotte a 5,7GHz, su un oscillatore locale da utilizzare in un transverter con uscita a 144 MHz.

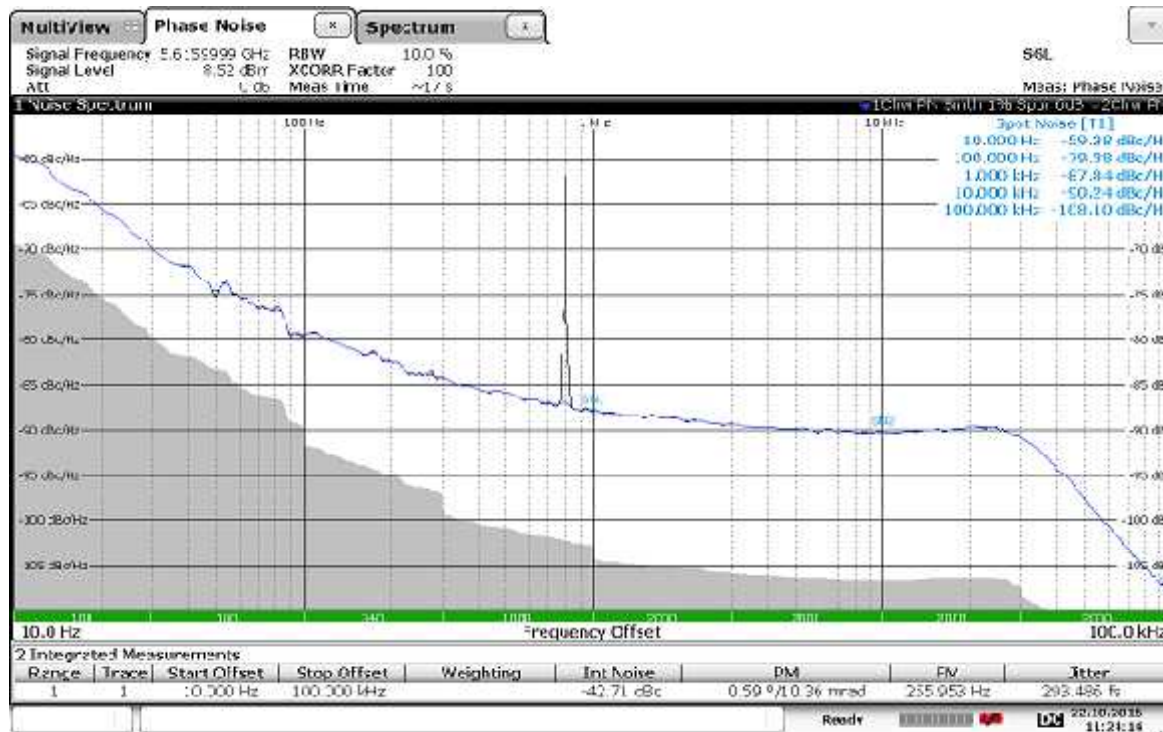


Questi sono i blocchi funzionali della sezione Rx di un transverter; per la nostri calcoli non è necessaria la N.F. ....bastano i guadagni:

- all'ingresso c'è un segnale con ampiezza di  $-96\text{dBm}$ ;
- all'uscita del convertitore il segnale ha una ampiezza di  $-74\text{dBm}$ ;
- il nostro convertitore ha un guadagno complessivo di  $22\text{dB}$ .



## Verifichiamo il rumore di banda laterale dell'oscillatore locale utilizzato (5616MHz).



Date: 22 OCT 2016 11:24:13

A 20 kHz dalla frequenza nominale il rumore è di  $-90\text{dBc/Hz}$ .

Un nostro collega trasmette da una montagna vicina e giunge a noi con una ampiezza di  $-50\text{dBm}$  proprio con 20 kHz di differenza con il corrispondente che riceviamo.....ecco cosa accade.

Il rumore del nostro oscillatore viene convertito in IF con la seguente ampiezza:

$-50 + 22 - 90 = -118\text{dB/Hz}$  (banda di 1 Hz).....per semplificare ometto i guadagni della sezione IF a 144MHz ma devo considerare la banda dell'ultimo filtro, prima della demodulazione, di 2400 Hz; il peggioramento del rumore convertito è di 33,8 dB ( $10 \log 2400$ ); in altre parole il rumore convertito assume il valore da  $-118\text{dB}$  a  $-84.2\text{dB}$ !

Il nostro corrispondente, con un segnale di  $-74\text{dBm}$ , ha un margine sul rumore pari soltanto a 10,2 dB quando l'altro OM trasmette..... con un QSB di appena 10 dB il segnale non è più comprensibile!

# CONCLUSIONI

- .....in passato ho visto utilizzare due quarzi identici negli oscillatori a basso rumore: il secondo agiva da filtro ad alto Q per tagliare il rumore di banda laterale!
- ..... prima di accusare altri nostri colleghi di avere una emissione “sporca”, siamo sicuri che i nostri oscillatori siano puliti??