

12ma Convention Digital & Radio Communications

Castelfeder 3-4 Ottobre 2010

SDI

Occhio alla 'T'

Un eccitatore SSB completamente digitale

Hardware by Giuliano IOCG, Software by Alberto I2PHD



Cosa vuol dire SDR ?

SDR – Software Defined Radio oppure....

SDR – Software Defined Receiver ?

Spesso, anche inconsciamente, si intende la seconda
definizione...

Ma, con le tecniche SDR, basate sul software, è possibile realizzare un trasmettitore completamente digitale, dove il segnale viene immediatamente digitalizzato e poi usato per generare una trasmissione SSB, con conversione digitale alla frequenza finale.

In pratica, una

Digital

Up

Conversion

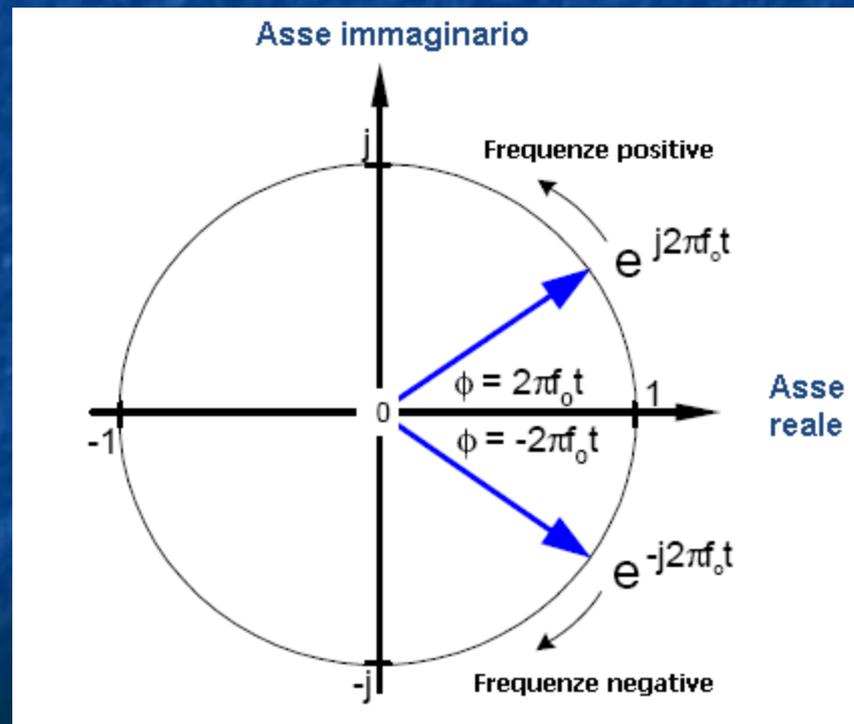
D U C k - Donald Duck, Paperino....



La “modulazione” SSB in realtà è una traslazione del segnale dalla banda base alla frequenza finale di trasmissione



Peccato che abbiamo fatto i conti senza l'oste... dove, in questo caso, l'oste sono le frequenze negative....



Se coinvolgiamo anche l'oste nei nostri conti, vediamo che la realtà è questa :



Peccato che ora compaia anche la LSB, che non vogliamo...

**Come fare per toglierla ? Ovviamente
usando solo strumenti software...**

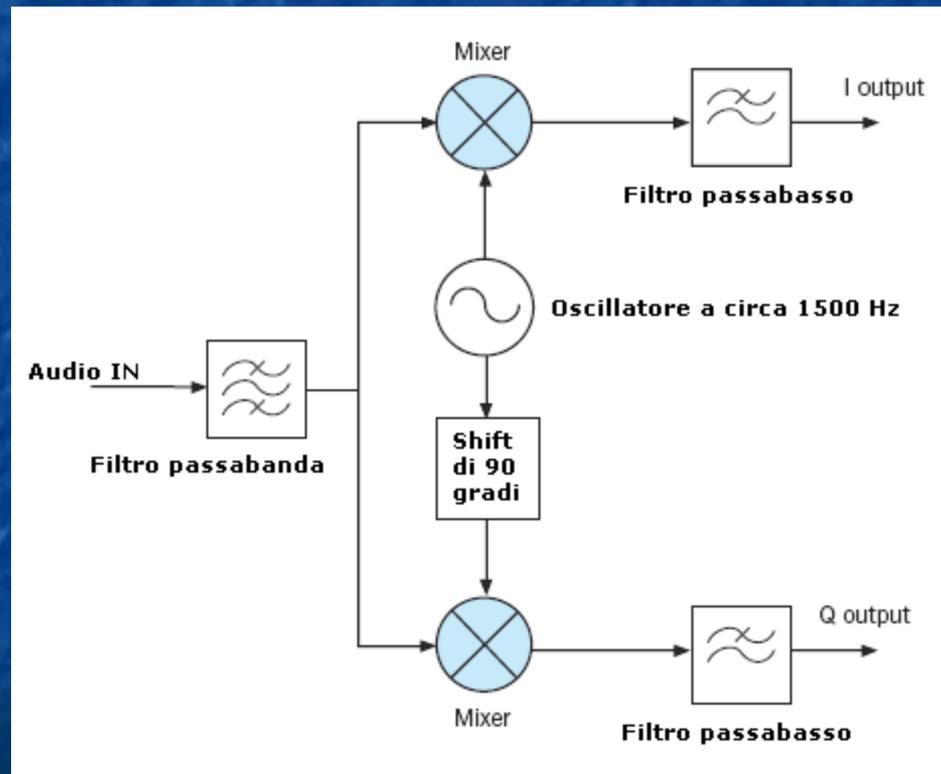


Filtro a quarzo ? Ma scherziamo ? Non è mica software...

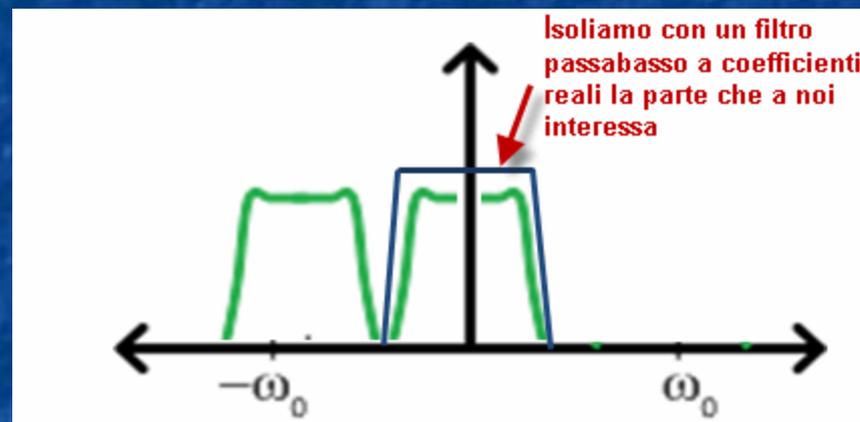
Metodo a sfasamento ? Forse.... Ma ci trasciniamo dietro la LSB per poi cancellarla alla fine...

Ma... aspetta un po'... non c'era quel famoso terzo metodo... come si chiamava ? Ah, si, **Weaver...**

Si centra la USB sull'asse zero delle frequenze con un mixer in quadratura per non avere risposte immagine...

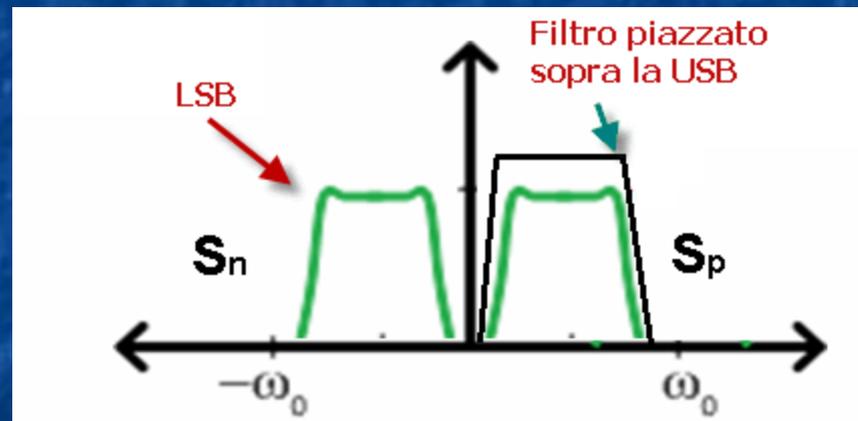


... e poi si taglia via la LSB con un filtro passabasso reale, che visto nel campo complesso è in realtà un passabanda...



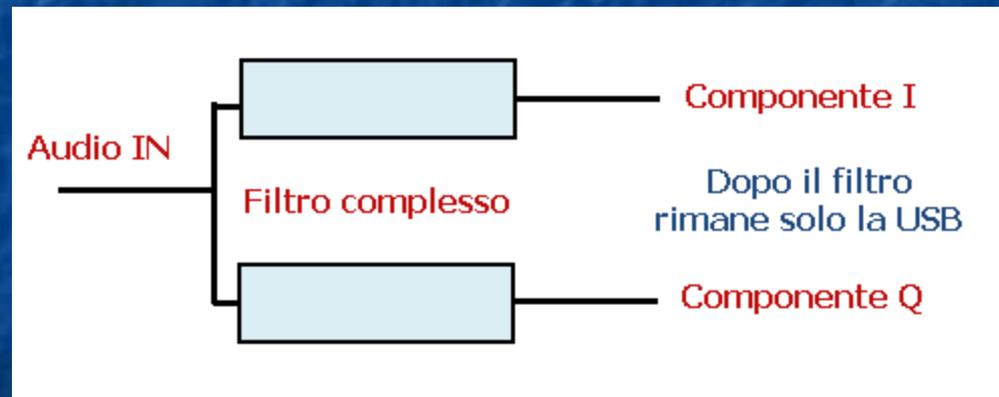
Niente male, ma dobbiamo proprio fare due moltiplicazioni per ogni campione in arrivo ?

E se invece di spostare il segnale, spostassimo il filtro ?



L'idea mi piace di più... si risparmia poco, ma sempre si risparmia...

Ovviamente ora il filtro deve essere a coefficienti complessi...



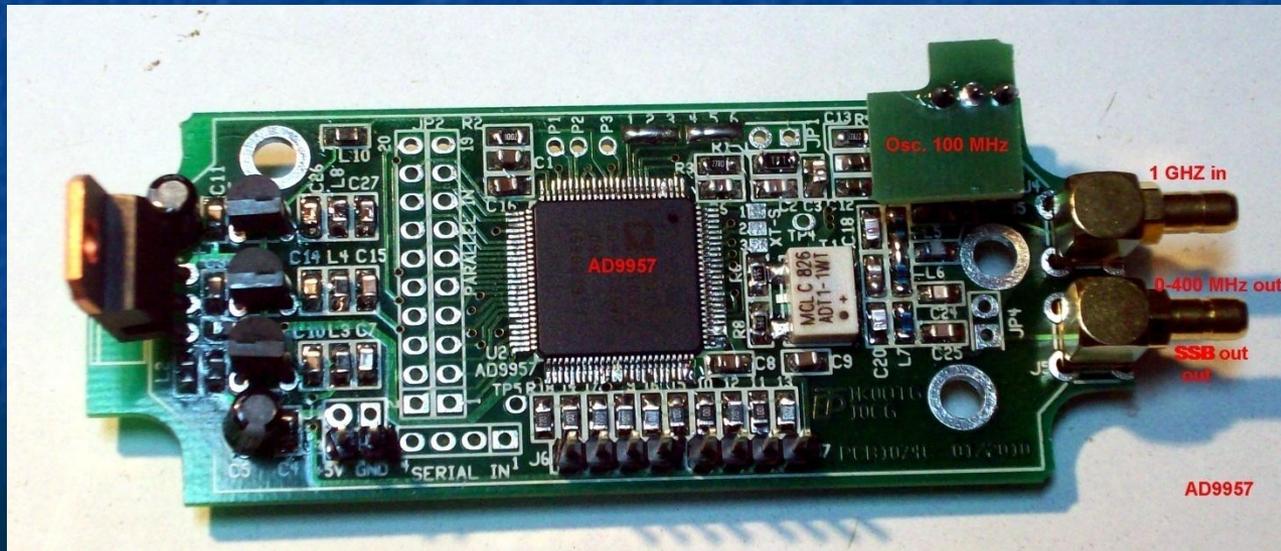
Bene, ora abbiamo le due componenti I e Q che descrivono il segnale analitico che rappresenta la USB, ma le abbiamo in banda base... devono essere trasportate alla frequenza finale di trasmissione.

Se, ad esempio, voglio poter trasmettere fino ad una frequenza di 100 MHz, occorre un modulatore con un half-complex mixer che operi almeno a 250 MHz di frequenza di campionamento...



Fortunatamente questa è una esigenza sentita anche nel mondo delle comunicazioni commerciali, e per ogni esigenza dietro alla quale ci sia un business esiste quasi sempre una risposta

PCB realizzato da Giuliano I0CG



AD9957 block diagram

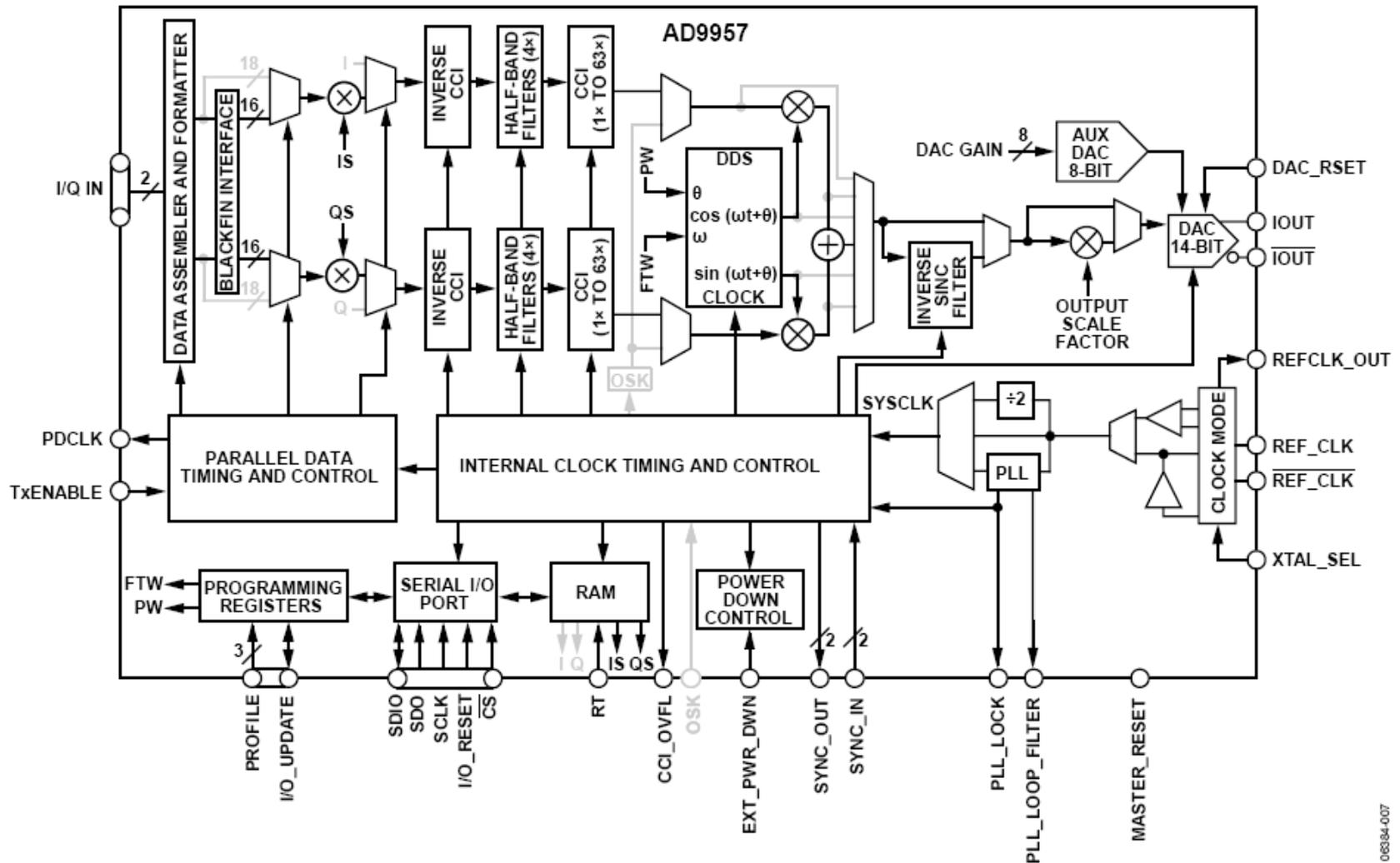


Figure 27. Quadrature Modulation Mode, Blackfin Interface

06384-007

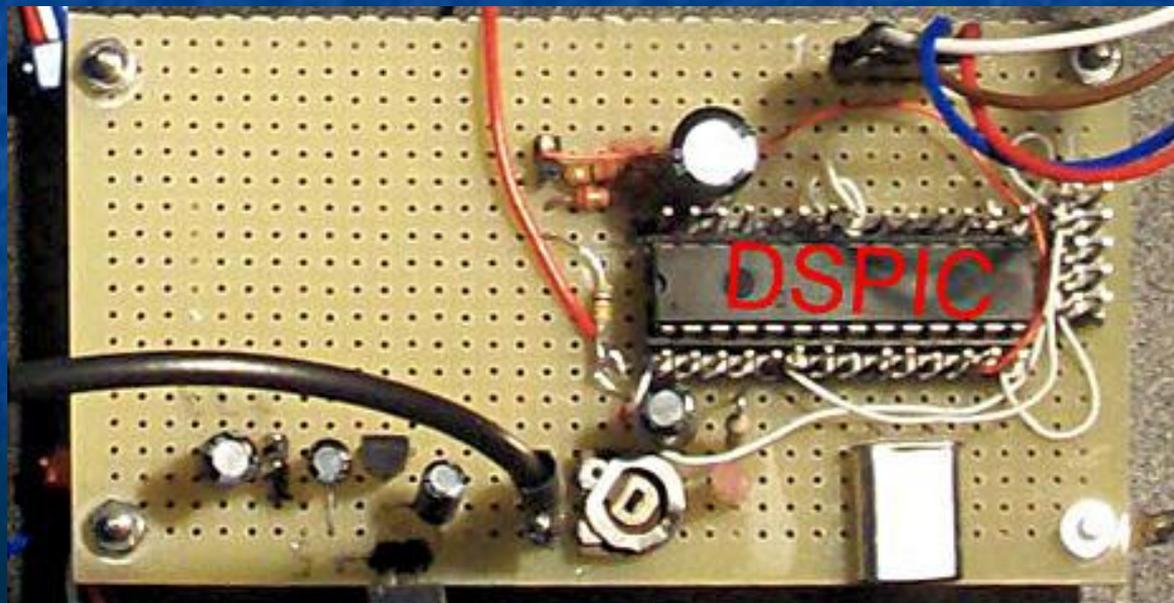
L'AD9957 ha una serie di interpolatori programmabili interni, fino ad un rapporto di 1008. Quindi desidera che il segnale gli venga presentato in formato I/Q ad una frequenza di campionamento pari a :

$$2.5E8 / 1008 = \text{circa } 248016 \text{ Hz}$$

La cosa migliore da fare è campionare l'audio ad un sedicesimo di tale valore, cioè circa 15501 Hz, filtrarlo con il filtro complesso visto prima a quella frequenza, e poi interpolarlo x 16

Possiamo farlo con un componente simpatico e poco costoso, il dsPIC della Microchip. In pratica un PIC più o meno classico, con un ADC on board, e anche un core DSP che permette di fare 50 milioni di MAC al secondo. Per un chip da 5 dollari, non è male...

E per di più esiste anche in versione 28 pin DIP...



Vantaggi del DSPIC

- Compatibilità con PIC standard
- Gratuità del compilatore (versione demo)
- Costo del componente di solo qualche euro
- Case 28 pins DIP
- L'alta integrazione del componente, che ha al suo interno tutte le periferiche necessarie, ha semplificato notevolmente l'hardware della scheda di elaborazione che è fondamentalmente costituita dal solo DSPIC.

Vantaggi DSPIC (2)

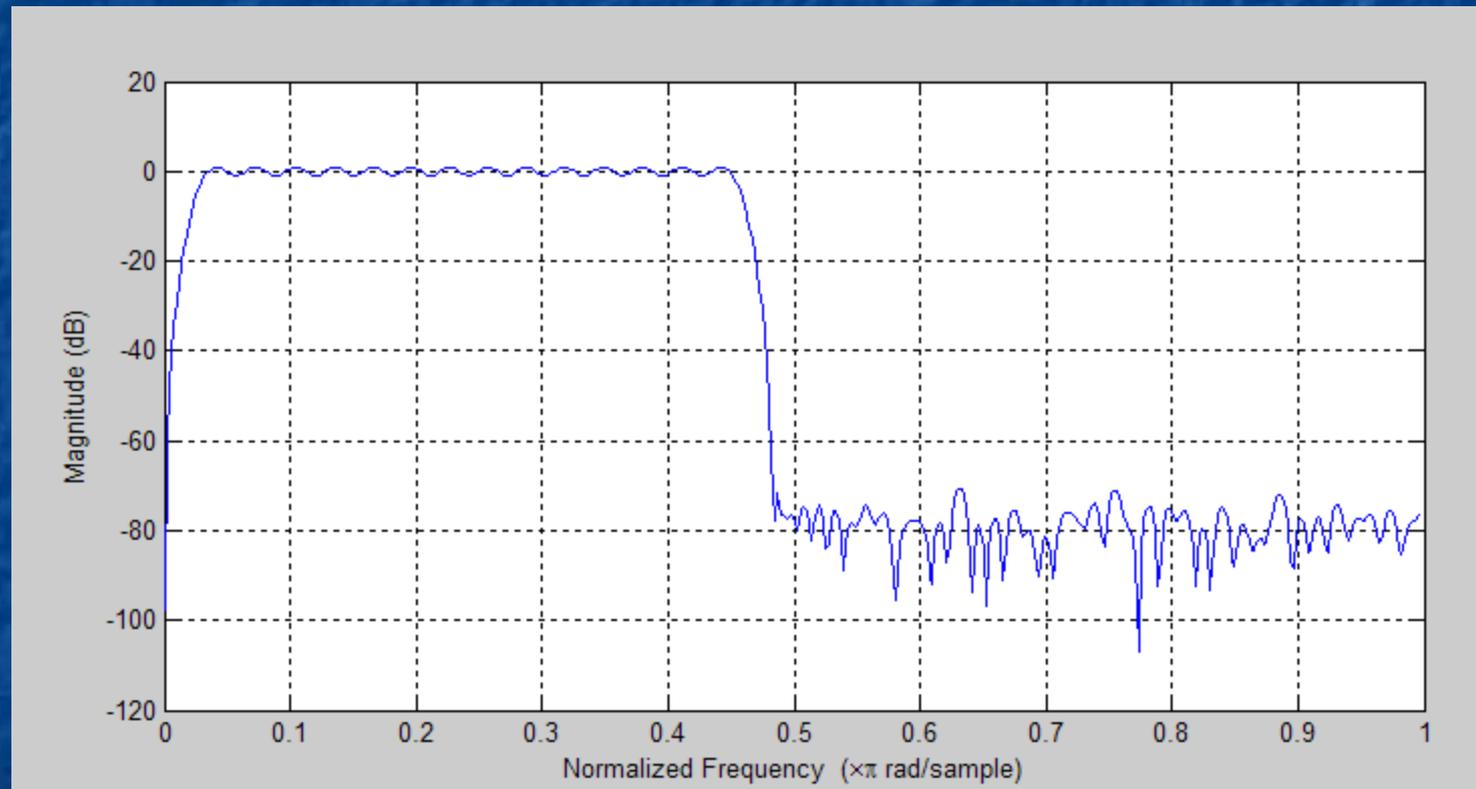
Dispositivi all'interno del DSPIC33F128GP802 utilizzati nel progetto

- Memoria flash di 128kb: utilizzata al 2%
- Ram di 16 Kword: utilizzata all' 80%
- Convertitore AD a 12 bit utilizzato per il campionamento del segnale microfonico
- Convertitore DA a 16 bit utilizzato nella fase di debug (per osservare i segnali I/Q in analogico)
- 2 interfacce SPI utilizzate per trasferire i dati I/Q digitali al DUC AD9957
- 2 Timer per temporizzare il campionamento e la trasmissione verso il DUC

Quindi, riassumendo, il dsPIC digitalizza l'audio a 15501 Hz, elimina la LSB con il filtro complesso, e poi fa una interpolazione x 16, portando la frequenza di campionamento a 248016 Hz.

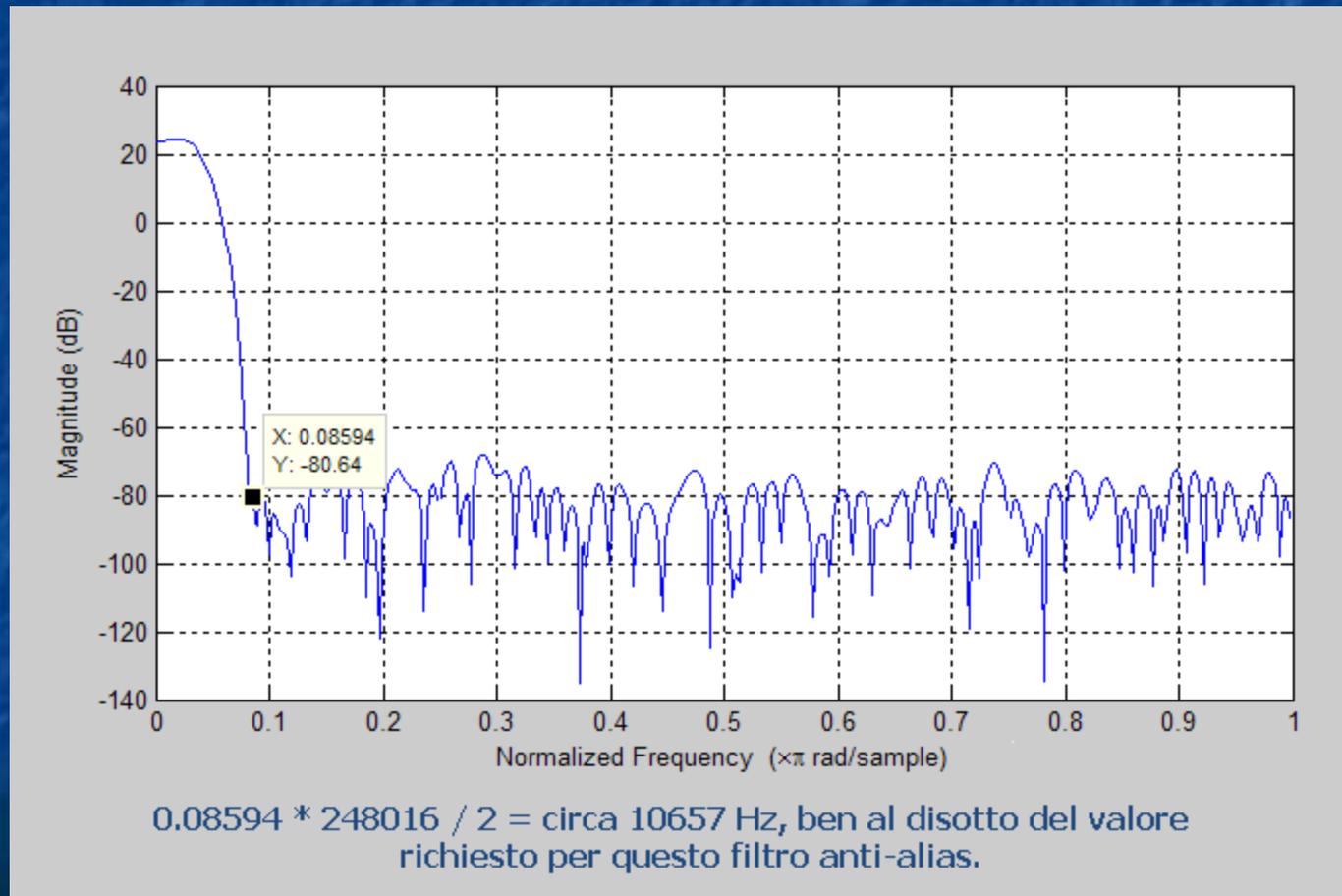
A questo punto i campioni I e Q vengono passati, in formato Q15, all'AD9957 tramite una doppia interfaccia seriale di tipo SPI (Serial Peripheral Interface), e l'AD9957 fa il suo sporco lavoro, producendo la USB (o opzionalmente la LSB, cambiando il segno della parte immaginaria dell'NCO), con una frequenza di uscita compresa tra zero e, diciamo, 100 MHz, per non avvicinarci troppo a Nyquist (125 MHz).

Alcuni grafici che dettagliano il funzionamento, ottenuti durante il progetto dei filtri con Matlab

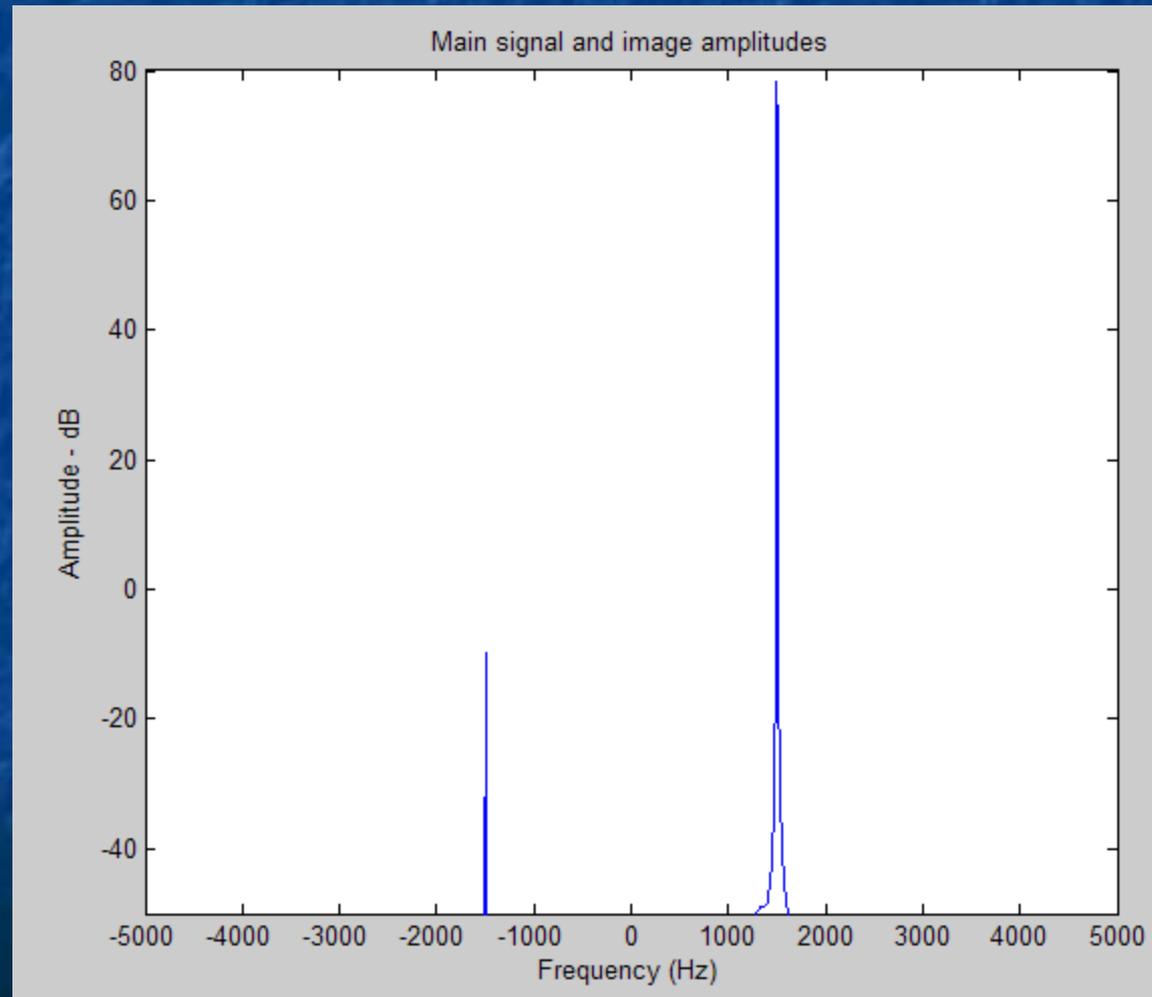


Andamento in frequenza della magnitudine del filtro complesso, che tiene conto dell'arrotondamento a 16 bit dei coefficienti

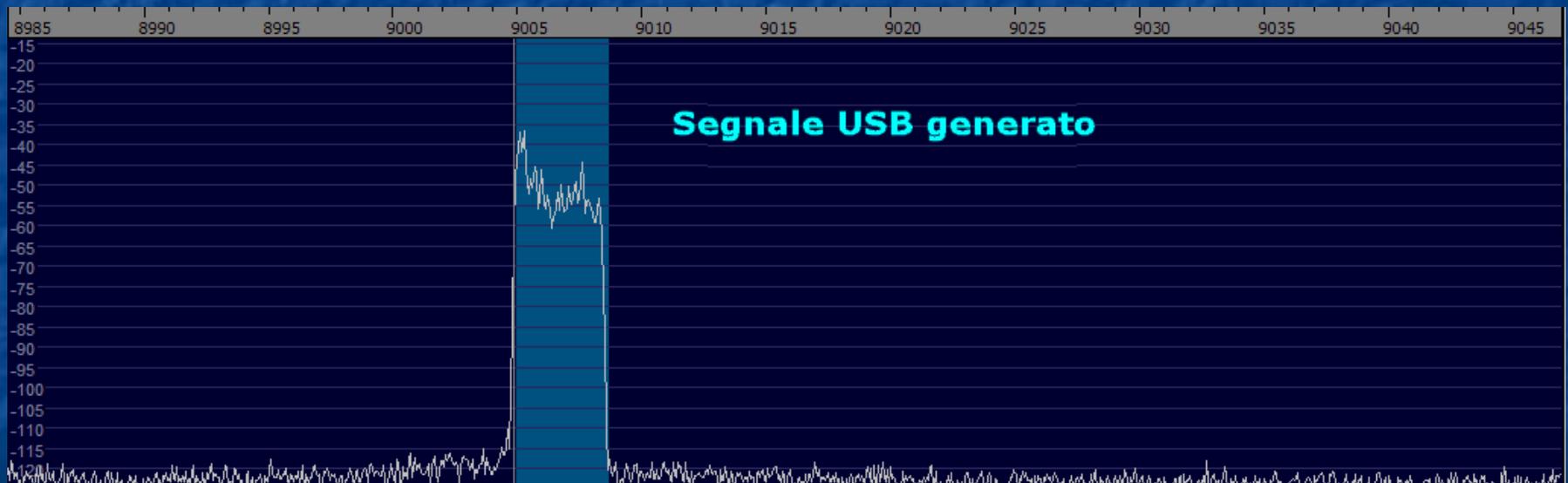
Risposta del filtro anti-alias necessario per la interpolazione. La risposta in banda passante è di +24 dB per tener conto della equalizzazione in ampiezza richiesta da un up-sampling x 16



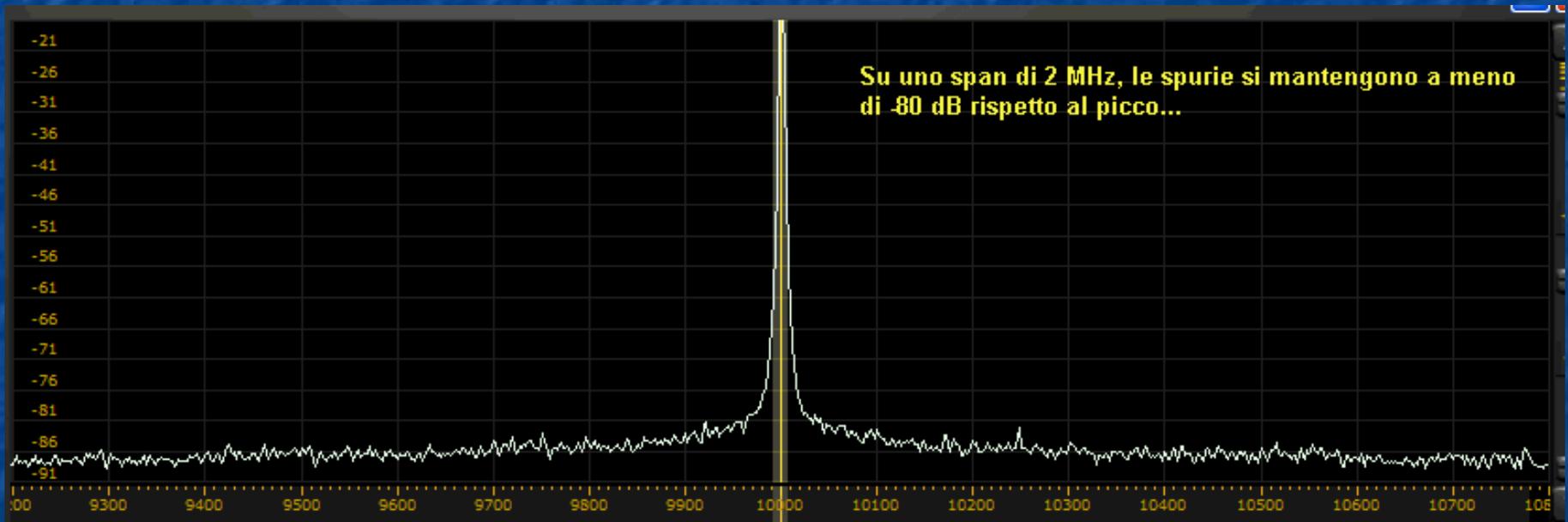
Simulazione con Matlab della reiezione della banda non voluta, Con un segnale di 1500 Hz, centro banda, siamo a più di 88 dB



**Il segnale USB generato, ricevuto con Perseus,
risulta essere molto pulito, sia visto in una
banda di 60 kHz....**

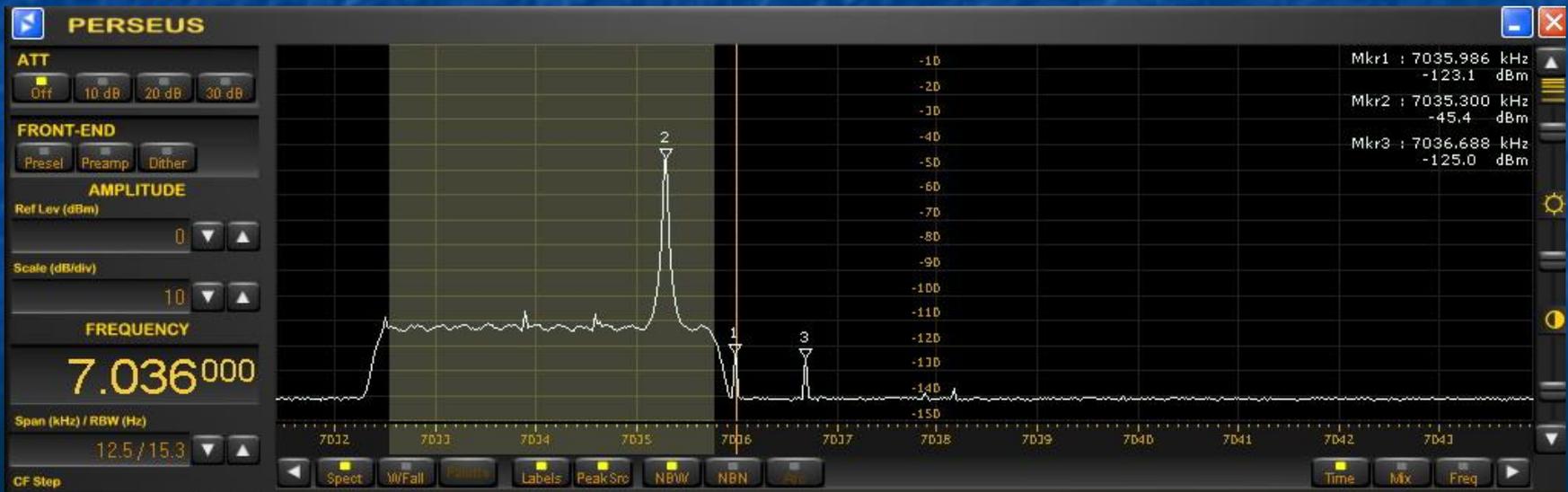


... che anche in uno span più ampio, pari a 2 MHz.

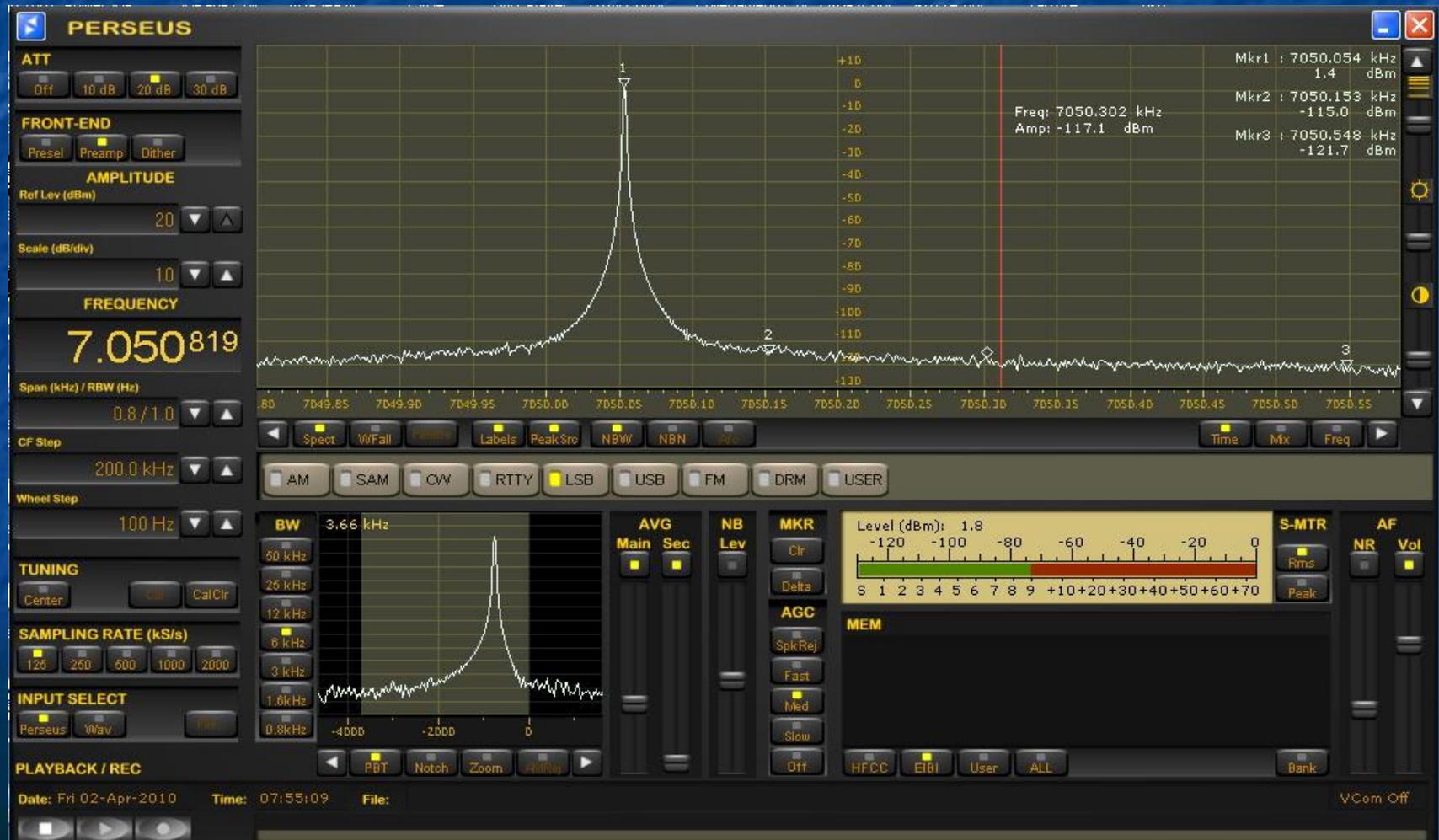


Qualita` del segnale SSB generato

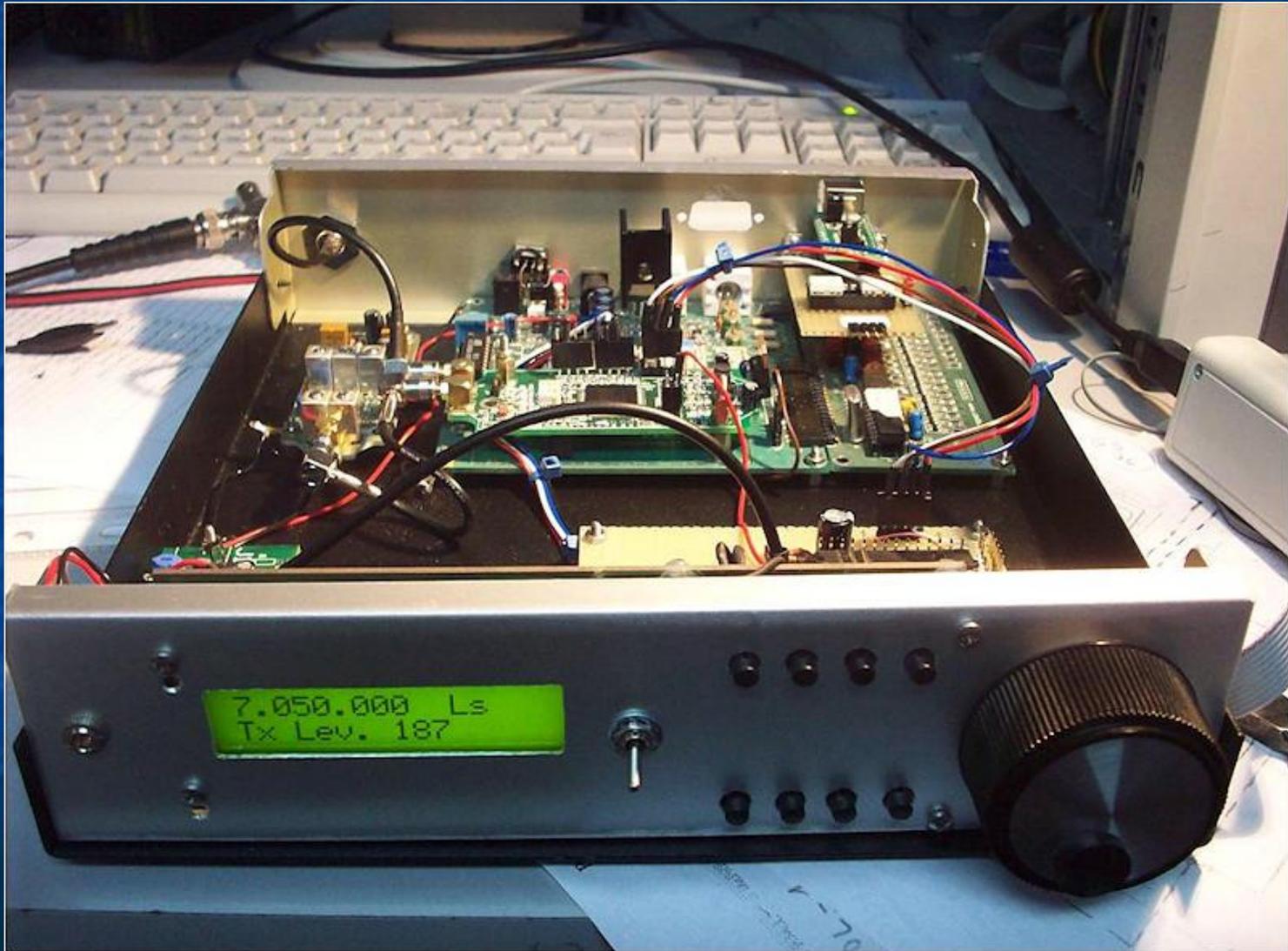
- attenuazione portante: 79 dB
- attenuazione banda laterale :80 dB
- att. seconda armonica :>80 dB
- att. terza armonica: >75 dB



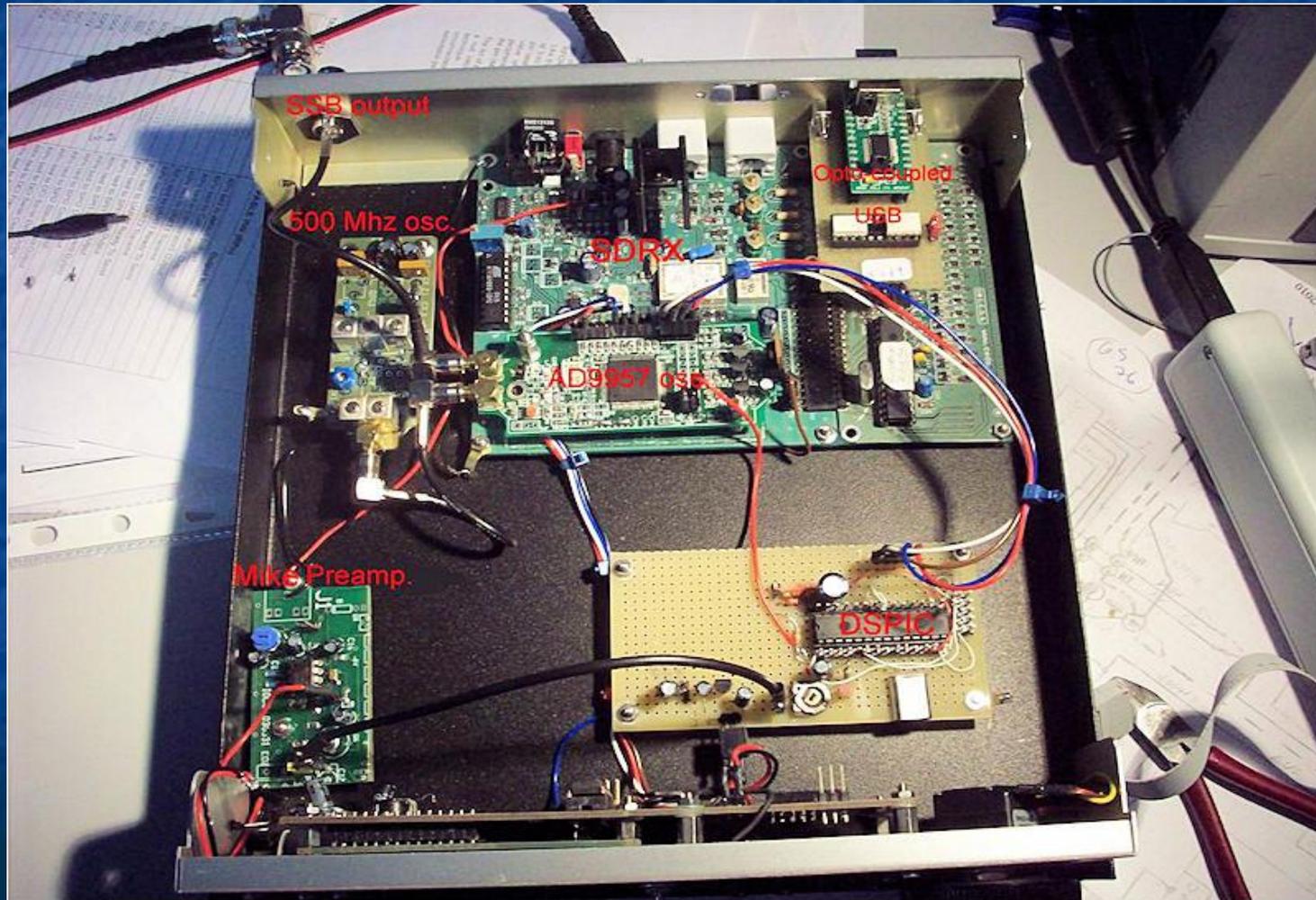
AD9957 phase noise (Single tone mode)



Primo prototipo realizzato da Giuliano I0CG



Primo prototipo realizzato da Giuliano I0CG



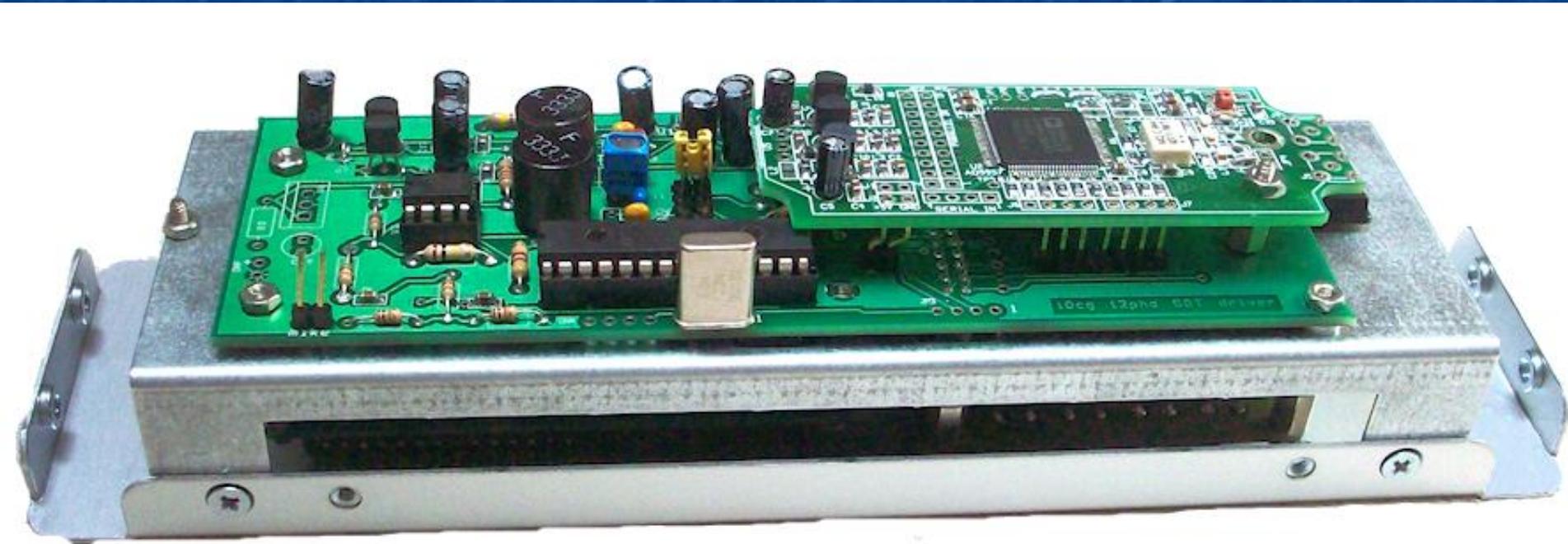
la scheda Driver SSB della foto (opera di Giuliano I0CG) contiene:

- 1) Preamplificatore microfonico**
- 2) Compressore + noise gate**
- 3) Filtro antialias con taglio a 3.5 KHz**
- 4) DSPIC**

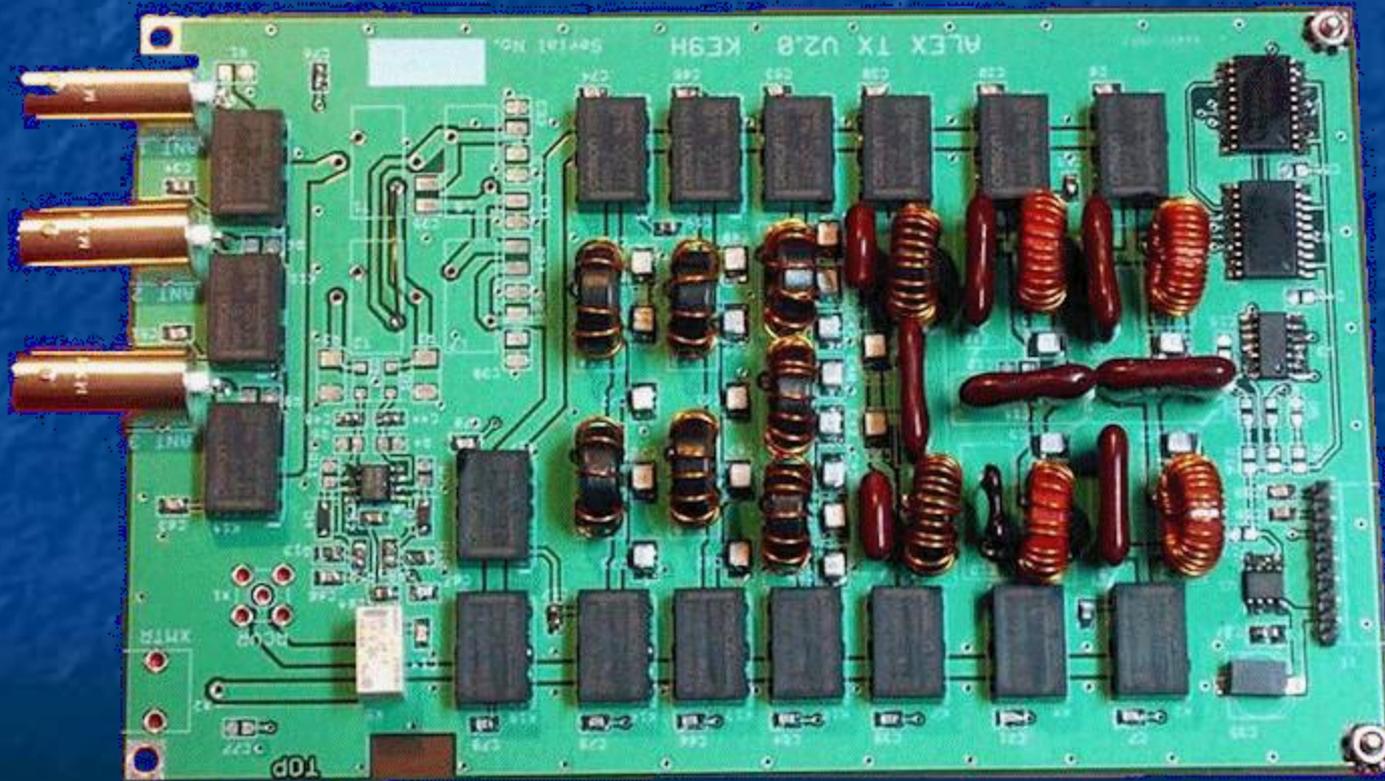
Sopra è impilato il Piastrino AD9957 con uscita RF SSB a 0 dBm

Sotto al PCB è installato il pannello frontale contenuto nella nuova meccanica.

Il tutto funziona senza nessun cablaggio



**E' stato usato un clone della scheda Alex
HPSDR per i filtri passabanda del TX**



Protocolli CAT utilizzati

- 1) protocollo Kenwood modificato per WINRAD
(utilizza DLL di I2PHD per SDRX)
- 2) protocollo Kenwood per POWER SDR
- 3) protocollo ICOM per Perseus o RX
originali ICOM

I protocolli sono gestiti tramite emulazione di canale seriale COM su interfaccia USB foto-accoppiata

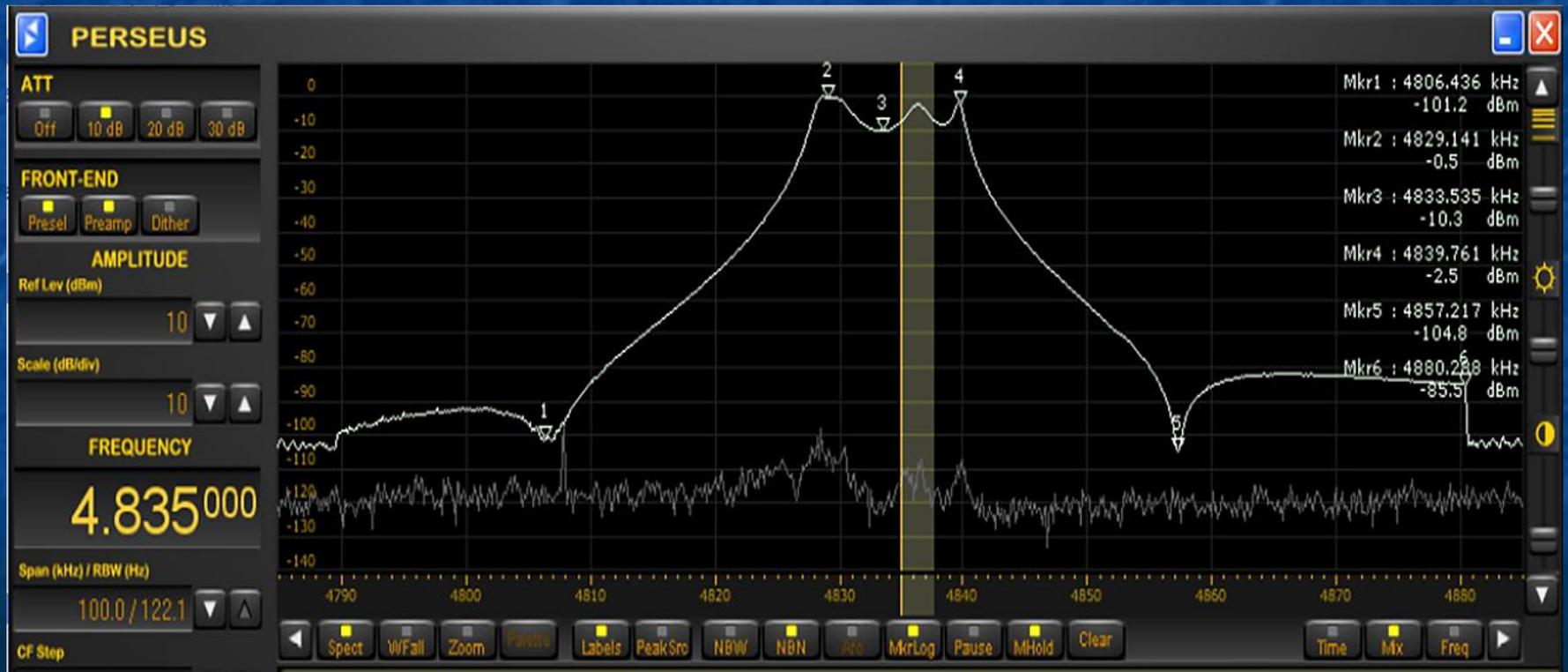
Esempio di funzionamento del RTX con RX Perseus

In questo caso l'AD9957 verrà utilizzato solo in TX. In ricezione, il Perseus non ha bisogno di un DDS in quanto campiona direttamente a RF.

Cosa fare allora del DDS quando siamo in RX?

Potrebbe essere utilizzato come generatore tracking per analisi di filtri o di antenne.

Analisi filtro con RX Perseus e DDS utilizzato come generatore sweep



Bene, abbiamo finito. Ci sono già almeno tre SDT in funzione, che ricevono continui e non sollecitati complimenti per la qualità della modulazione nei collegamenti con gli USA.

A sentirci in aria con Donald !

