

Titolo

Il convertitore in banda-base del Sistema Sentinel 2

C. Bortolotti, M. Roma, M. Cecchi, S. Montebugnoli

Rapporto interno IRA 328/02

Indice:

• Introduzione: le interferenze nelle bande radioastronomiche	pagina 3
• Il Sistema Sentinel 2	5
• Sintonia e conversione mediante Analizzatore di Spettro HP	6
• Conversione in banda-base	7
• Caratteristiche complessive del sistema di conversione	11
• Riepilogo delle caratteristiche generali del Sistema Sentinel 2	14
• Ringraziamenti	15
• Bibliografia	15
• Allegati: caratteristiche tecniche dei principali componenti utilizzati.	

Introduzione: le interferenze nelle bande radioastronomiche

La problematica delle interferenze nelle bande radio-astronomiche ha assunto nel tempo una rilevanza sempre maggiore. Queste emissioni “indesiderate” possono seriamente danneggiare un’osservazione fino a rendere inutilizzabili i dati acquisiti. L’intensità dei segnali interferenti, a volte debolissima, viene “esaltata” dalla grande superficie dell’antenna, dall’estrema sensibilità dei ricevitori e dai potenti sistemi di elaborazione dati.

Attualmente i radiotelescopi dell’Istituto di Radioastronomia sono operativi su numerose bande di frequenza, comprese tra 300 MHz e 48 GHz . I problemi legati alla presenza di interferenze-radio si riscontrano maggiormente nelle bande più basse (UHF ed SHF), poco separate dalle fortissime emissioni radiofoniche FM, televisive, radar, cellulari, ponti radio ecc. Solitamente tali emissioni vengono generate con apparati trasmettenti di notevole potenza, mai privi di prodotti non essenziali (armoniche o spurie) che possono ricadere in una delle **bande assegnate per la ricerca radioastronomica**. Interferenze possono essere prodotte anche da apparati malfunzionanti o da Ponti Radio che purtroppo “sbordano” (o addirittura indebitamente trasmettono) in banda radioastronomica.



Figura 1 - veduta aerea della stazione Radioastronomica di Medicina

Si rende quindi necessario il controllo costante delle principali bande per verificare l’insorgenza di queste emissioni ed attivare al più presto le procedure tecnico-amministrative che portano alla loro cessazione, solitamente in seguito all’intervento degli Ispettorati Regionali del Ministero delle Comunicazioni.

L’utilizzo del Radiotelescopio per questo genere di rilievi può essere ovviamente molto limitato ed occasionale, quindi è sorta la necessità di dotarsi di un sistema autonomo di controllo, anche se con caratteristiche tecniche inferiori (sensibilità, direttività etc.) .

Il **Centro per il controllo delle interferenze**, operante presso la Stazione radioastronomica di Medicina, è costituito da un sistema ricevente orientabile posto in cima ad una torre (alta 22mt) e connesso al centro di controllo situato in un locale sottostante. Tramite la strumentazione in dotazione è possibile rilevare un’emissione interferente, determinarne la direzione di provenienza, la tipologia e spesso identificarne anche l’emittente.

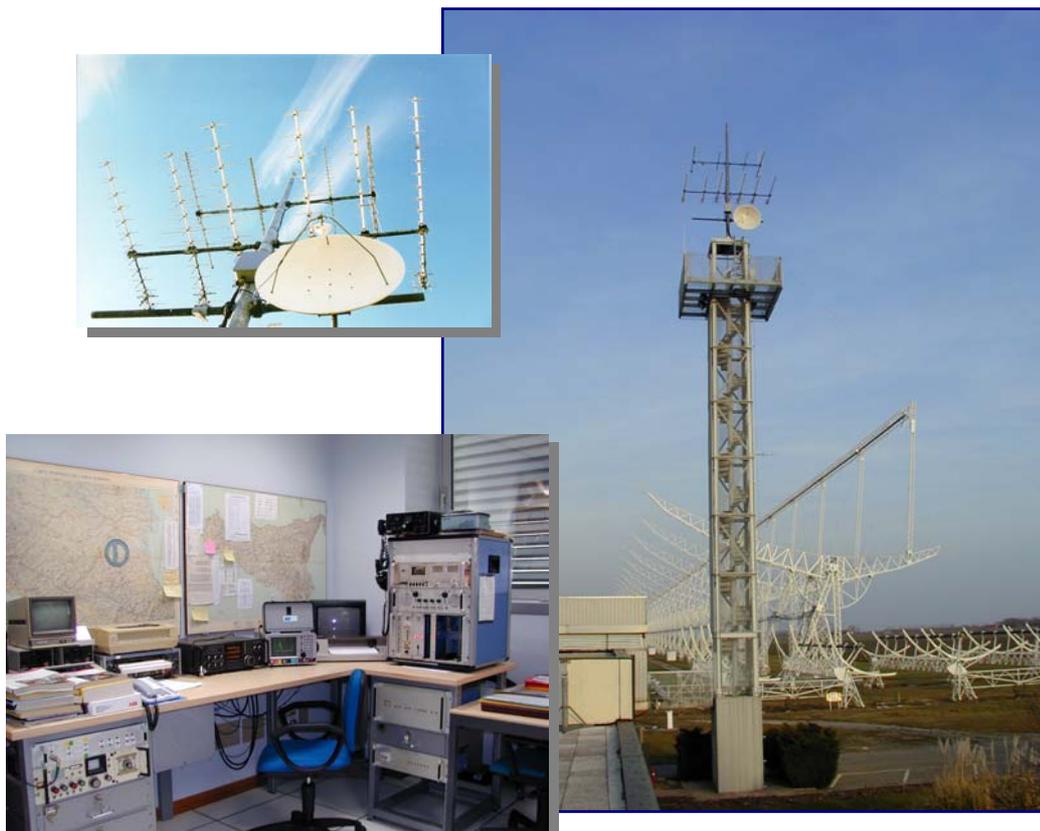


Figura 2 - alcuni particolari del Centro per il controllo delle interferenze di Medicina

Tutte le procedure di misura vengono eseguite “manualmente” da un operatore e pertanto i controlli sono limitati solo ad alcuni periodi nell’arco della giornata, solitamente concentrati nel normale orario lavorativo.

Per migliorare l’efficienza del servizio, garantendo una sorveglianza continua nel tempo in grado di rilevare anche emissioni temporanee o eventi di super-propagazione, si rende necessaria la realizzazione di un sistema automatico di controllo gestito interamente da PC : il Sistema **SENTINEL 2** .

Il sistema Sentinel 2

Un sistema automatico di sorveglianza delle bande radio-astronomiche, tramite PC ad alte prestazioni, deve essere in grado di gestire:

- la selezione delle antenne (per coprire tutti i 360° dell'orizzonte)
- la selezione dei blocchi di filtraggio ed amplificazione del segnale RF
- la sintonia e la conversione in banda-base del segnale RF
- l'acquisizione tramite convertitore (veloce) A/D della banda-base
- l'analisi di spettro del segnale acquisito (FFT) e relativa memorizzazione
- la segnalazione degli spettri che presuppongono la presenza di emissioni interferenti, con l'indicazione del momento di acquisizione.

Lo schema complessivo del Sentinel 2 è raffigurato di seguito.

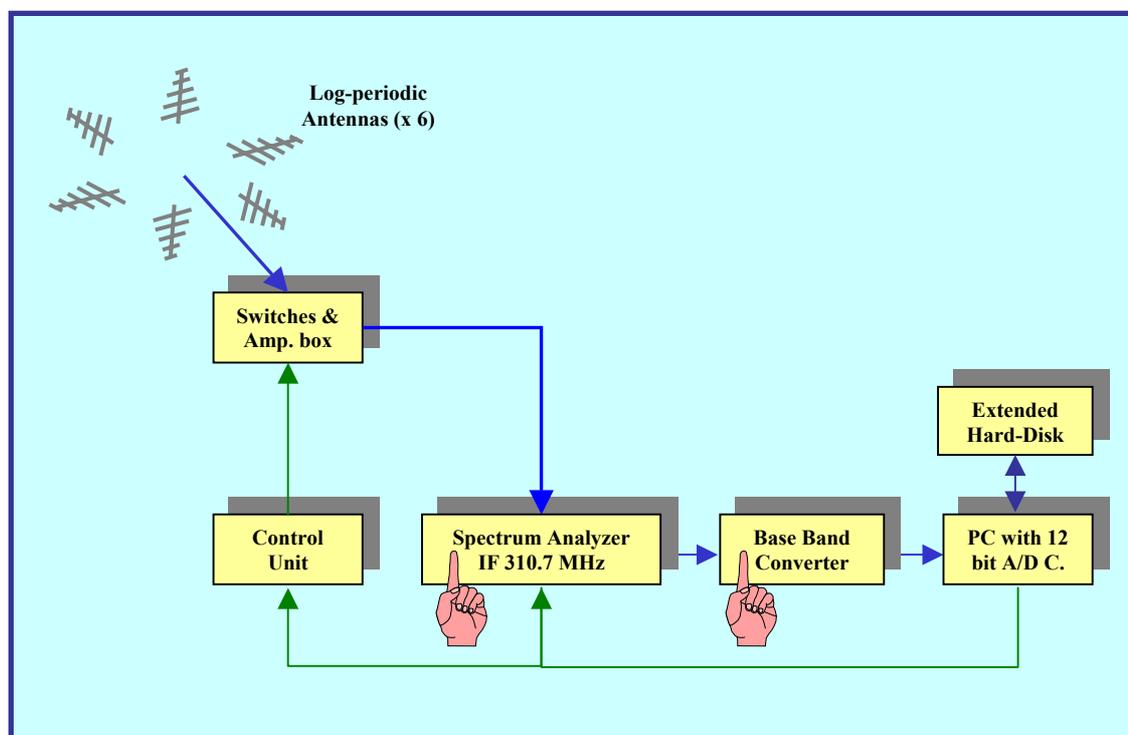


Figura 3 - schema complessivo del sistema Sentinel 2 (sono indicati i blocchi trattati in questo RI)

In questo Rapporto Interno ci occuperemo principalmente della conversione in banda-base del segnale RF, in particolare del:

- sintonizzatore e convertitore IF 310.7 MHz (mediante Analizzatore di Spettro HP)
- convertitore in banda-base

Sintonia e conversione mediante Analizzatore di Spettro HP

Uno degli strumenti essenziali del Centro Controllo Interferenze è senza dubbio l'Analizzatore di Spettro, che peraltro normalmente viene impiegato solo alcune ore al giorno.

Partendo da questo presupposto, e disponendo di uno strumento **Hewlett Packard 8562A**, si è pensato di utilizzarlo con funzione "impropria" di Sintonizzatore e Convertitore del segnale RF proveniente dall'Apparato Ricevente situato sulla torre (vedi R.I. IRA324/02),

Tale strumento, configurabile da PC tramite interfaccia GPIB, dispone dell'uscita relativa alla seconda IF centrata a 310.7 MHz (opzione **Second IF Out**) con larghezza di banda maggiore di 20 MHz.

E' importante evidenziare che tale banda è "ribaltata" rispetto a quella RF, ossia si tratta di una conversione LSB (Low Side Band), e che tipicamente il rapporto $2^{\circ}IF_{output} / RF_{input}$ è in pratica unitario, ovviamente con attenuazione = 0dB (Gain=0dB nella banda di nostro interesse 0.3-2 GHz).

La NF (cifra di rumore) è quella tipica dell'Analizzatore di Spettro: 27dB.

Per un corretto funzionamento occorre inoltre bloccare lo sweep dello strumento, selezionando la funzione SPAN=ZERO, ed eventualmente impostare SWEEP=MANUAL se si vuole evitare un inutile scorrimento della traccia sul monitor. Con lo strumento così configurato è quindi possibile convertire, ad esempio, la banda RF **1400-1420 MHz** nella banda IF **320.7-300.7 MHz**.

Rimane pertanto da realizzare un apposito dispositivo per l'ulteriore conversione del segnale in banda-base.

Conversione in banda-base

Per adattare il segnale alle caratteristiche dell'A/D (12bit), primo elemento dell'acquisizione dati del PC Sentinel 2, è necessario ora convertire la banda da **320.7-300.7 MHz a 0-20 MHz** (con funzione di "ribaltamento" LSB). Inoltre il livello del segnale d'ingresso del convertitore, per la visualizzazione del rumore di fondo (almeno nelle bande RF amplificate), non deve essere inferiore a -50 dBm typ. Si è verificato che complessivamente il Sistema di Conversione dovrà avere un guadagno di circa 50dB. Considerando che la prima parte della conversione (tramite Analizzatore di Spettro) presenta un guadagno unitario, esso dovrà essere realizzato interamente in questa seconda sezione.

L'apparato, comprensivo dell'alimentatore, è stato realizzato in un rack 19"-2U, visibile nella sottostante Fig.4.



Figura 4 – vista interna e frontale del rack convertitore in banda-base

Il circuito prevede una conversione in due fasi del segnale ossia da:

- **320.7-300.7 MHz a 45.5-25.5 MHz** (USB)
- **45.5-25.5 MHz a 0-20MHz** (LSB).

In effetti, la banda utile viene limitata a **2-17 MHz** dai vari filtri in catena, che garantiscono una reiezione all'immagine e ad eventuali segnali legati agli oscillatori locali maggiore di 60dB (all'interno di questo campo di frequenze), prevenendo anche problematiche di Aliasing legate al digitalizzatore.

E' possibile inoltre ridurre la banda a **0-10 MHz** (effettivi **2-8.5 MHz**), azionando uno switch sul frontale, per poter operare acquisizioni a risoluzioni maggiori.

Gli Oscillatori locali, a 275.2 e 45.5 MHz, sono costituiti da OCXO prodotti dalla WILMANCO, che forniscono un segnale +10dBm typ.

Tra i vari filtri, il più critico è sicuramente quello che precede il secondo mixer, principale artefice della buona reiezione alla banda immagine.

Come si vede nello schema, si sono resi necessari 3 stadi di amplificazione. Per "minimizzare" i livelli di eventuali segnali spuri ed armonici, in relazione al relativamente alto livello di segnale richiesto dall'A/D, come terzo stadio è stato scelto un amplificatore di media-potenza della MOTOROLA, con ottime caratteristiche di 1dBcp ed IP3.

La valutazione complessiva del circuito si è realizzata tramite un test per la verifica di eventuali prodotti armonici e spuri, applicando in ingresso 2 segnali tali che il loro livello in uscita misurasse +10dBm ciascuno (approssimativamente la massima potenza operativa dell'A/D): è stato verificato che tali prodotti risultano essere inferiori di quasi 60dB (vedi plottato sottostante in Fig.5).

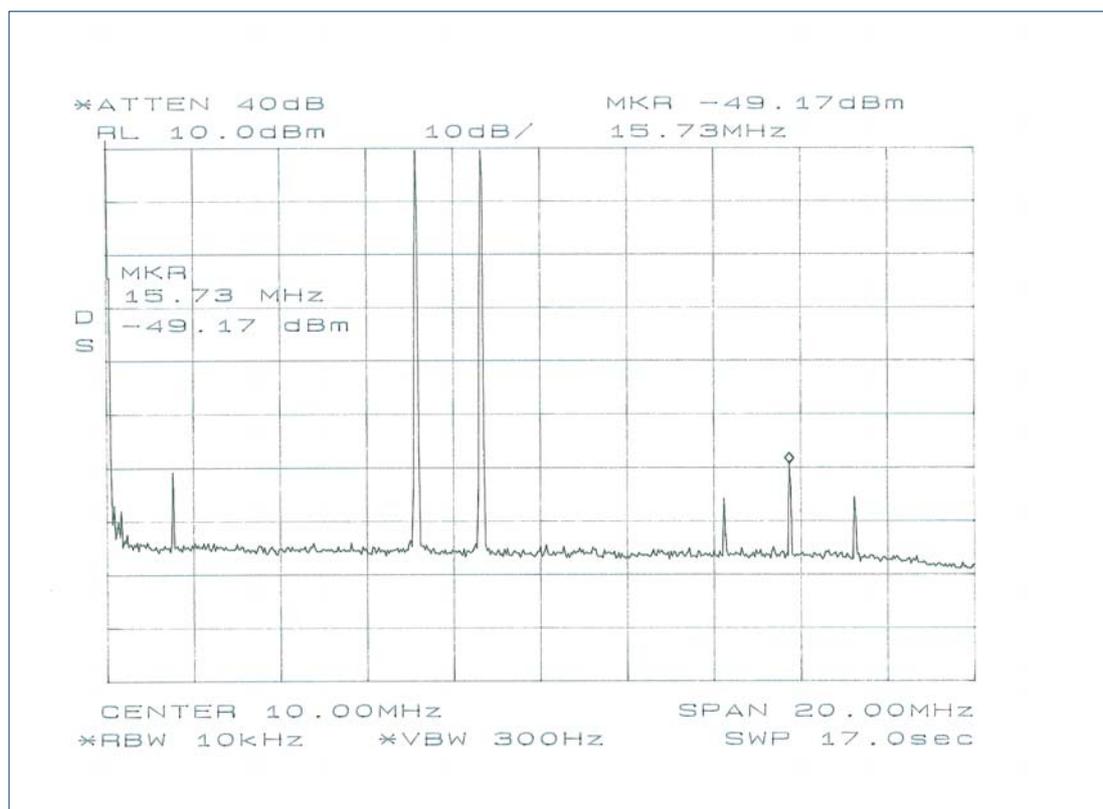
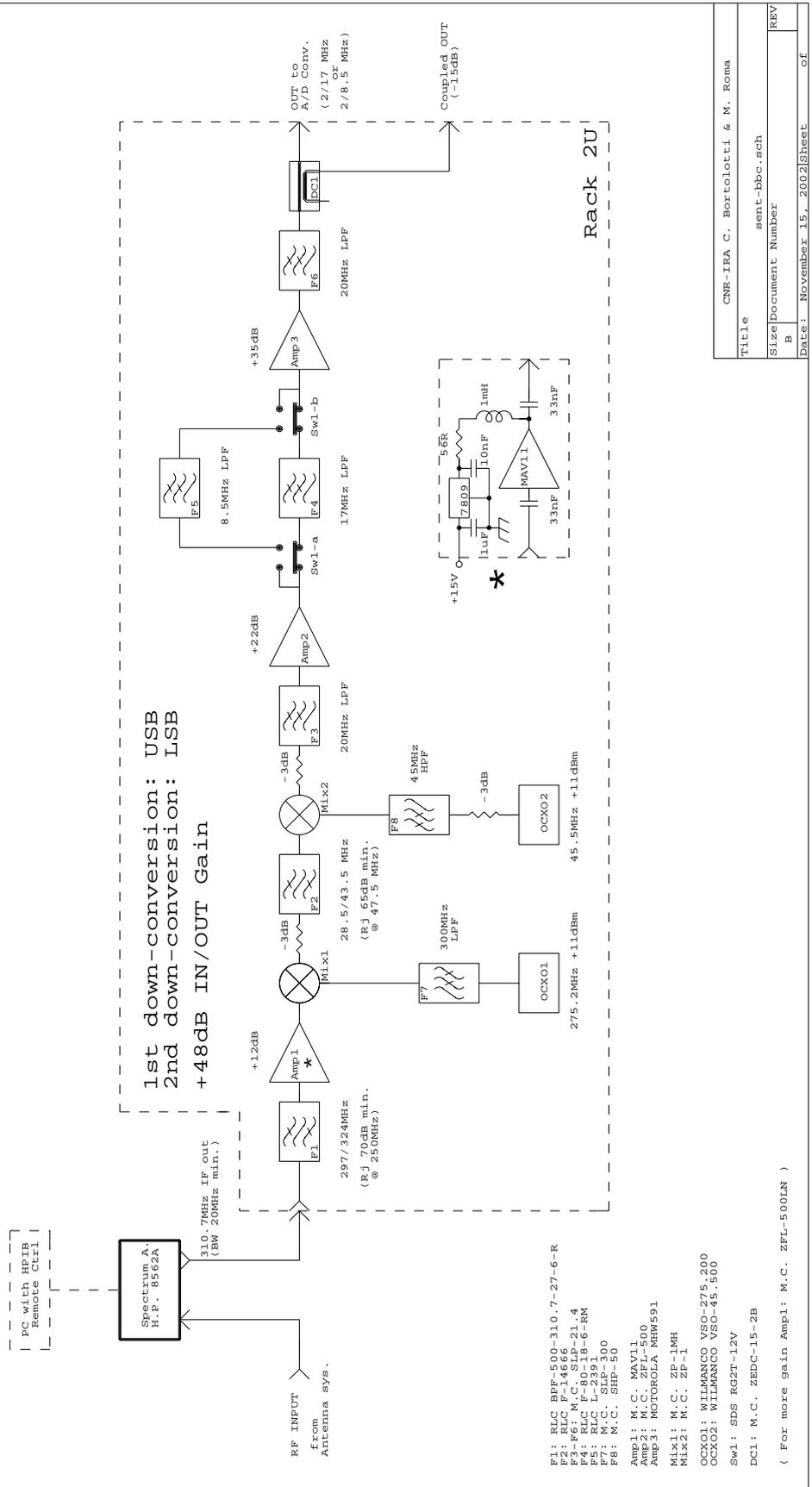


Figura 5 – test IP3 del convertitore in banda-base (Analizzatore di Spettro attenuato 40dB per massima linearità)

La lista completa dei componenti utilizzati è riportata negli schemi che seguono, Fig.6 e 7.

Un ultima annotazione riguarda l'adattamento d'impedenza tra il convertitore in banda-base (50 Ω) e l'A/D (600 Ω nominali), che è opportuno realizzare a bordo della scheda PCI tramite un apposito trasformatore d'impedenza.

BASE-BAND CONVERTER



Title		CNR-IRA C. Bortolotti & M. Roma
Size		sent-bbc.sch
Document Number		
B	Rev	REV
Date		November 15, 2002
Sheet		of

Figura 6 – schema del convertitore in banda-base

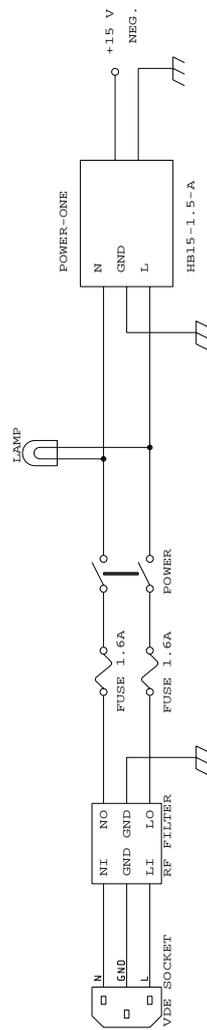


Figura 7 – alimentatore del convertitore in banda-base

CNR - IRA C. Bortolotti & M. Roma	
Title	Sent-ali.sch
Size	Document Number
B	REV
Date: September 11, 2002	Sheet of

Caratteristiche complessive del sistema di conversione

Complessivamente il sistema di conversione (Analizzatore di Spettro + convertitore in banda-base) presenta buone caratteristiche di reiezione all'immagine e dinamica, associate ad un basso livello di emissioni spurie residue (L.O. etc.), che possiamo quantificare 60dB. Questo valore ovviamente è riferito alla banda istantanea utile di 15 o 6.5 MHz, pur operando con una banda effettiva all'ingresso dell'A/D di 20 o 10 MHz. Un'idea della pulizia spettrale, in assenza di segnali RF all'ingresso dell'Analizzatore di Spettro, è visibile nel plottato ad alta risoluzione mostrato in Fig.8.

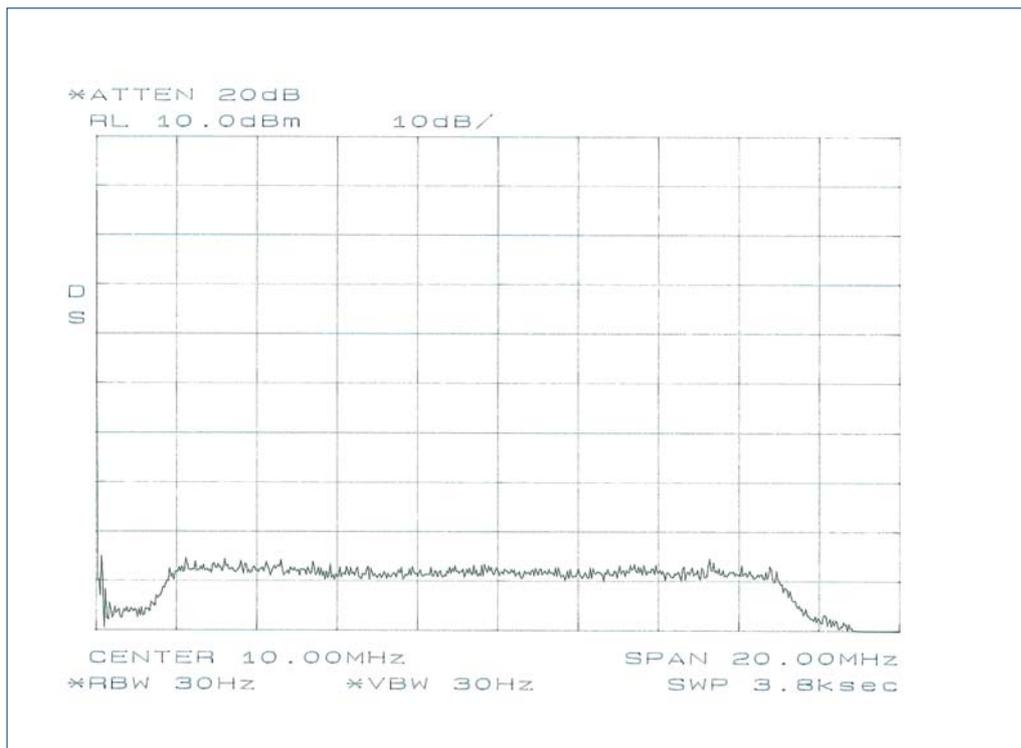


Figura 8 – pulizia spettrale del convertitore (nessun segnale fin -75dBm)

Occorre però precisare che con alcune configurazioni dell'Analizzatore di Spettro, legate al valore della frequenza impostata, lo stesso strumento produce un debolissimo segnale, il cui livello in banda-base è comunque inferiore a -65dBm.

Nella selezione dei vari parametri, e nell'analisi dei dati acquisiti, occorre ricordare che la frequenza centrale dell'Analizzatore di Spettro (se configurato come menzionato in precedenza) viene a ritrovarsi in banda-base esattamente alla frequenza di 10 MHz.

Nella tabella che segue sono riassunte le caratteristiche principali del sistema di conversione:

R.F. Band	Converter Gain	Converter N.F.
300-2000 MHz	48 dB	27.2 dB

Si allegano inoltre alcuni plottati (Fig.9-12) che mostrano l'intera sequenza di conversione della banda RF, per esempio 487-507 MHz, in banda-base 0-20 MHz, limitabile a 10 MHz.

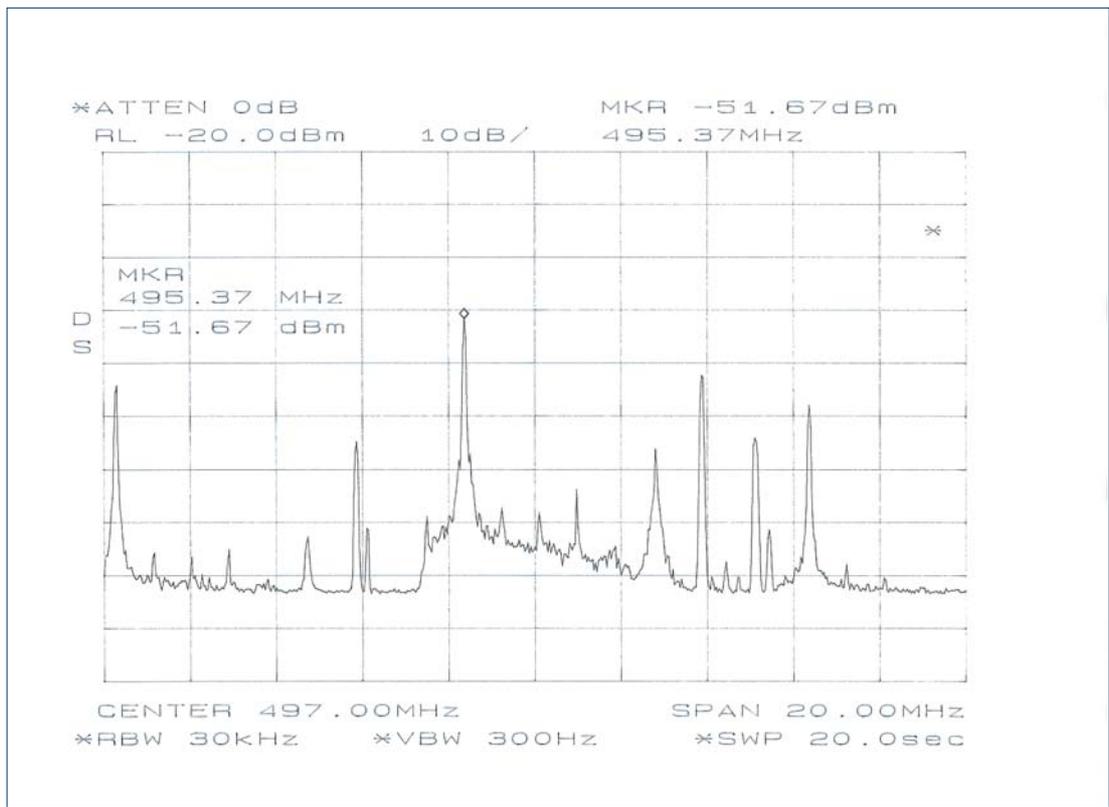


Figura 9 – banda RF dall'apparato ricevente Sentinel 2 (banda non amplificata)

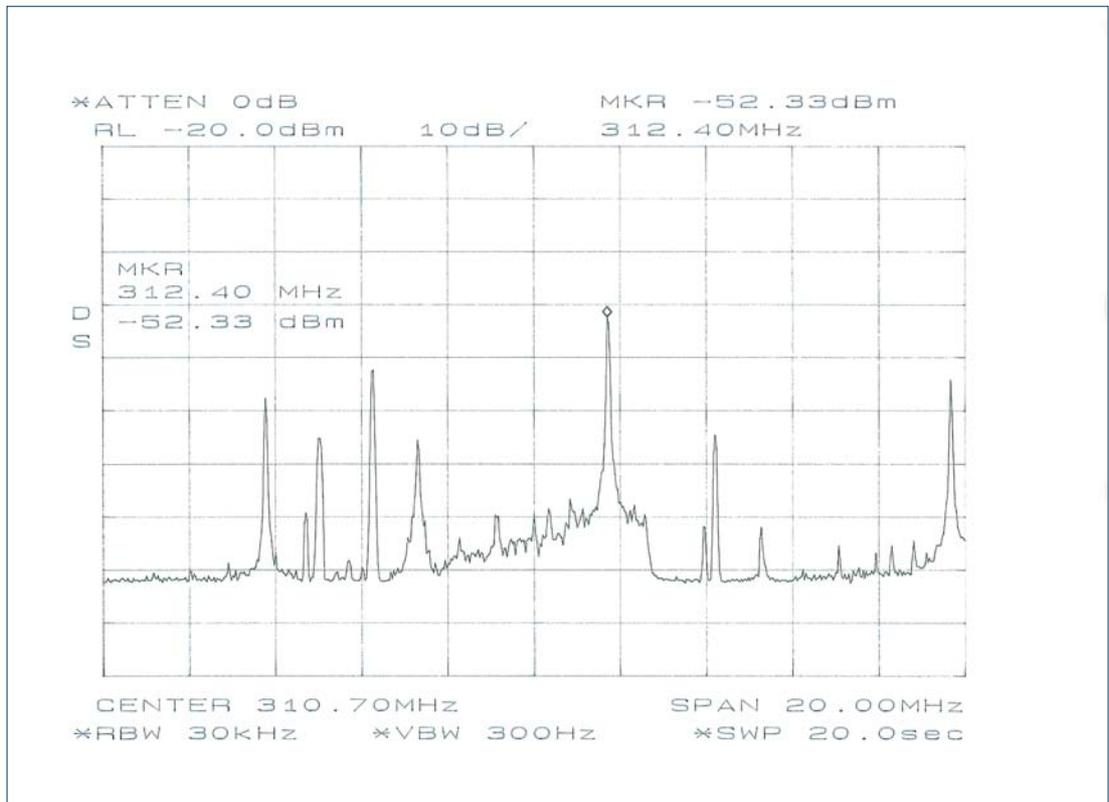


Figura 10 – banda in uscita dalla seconda IF dell'Analizzatore di Spettro HP (310.7MHz – LSB)

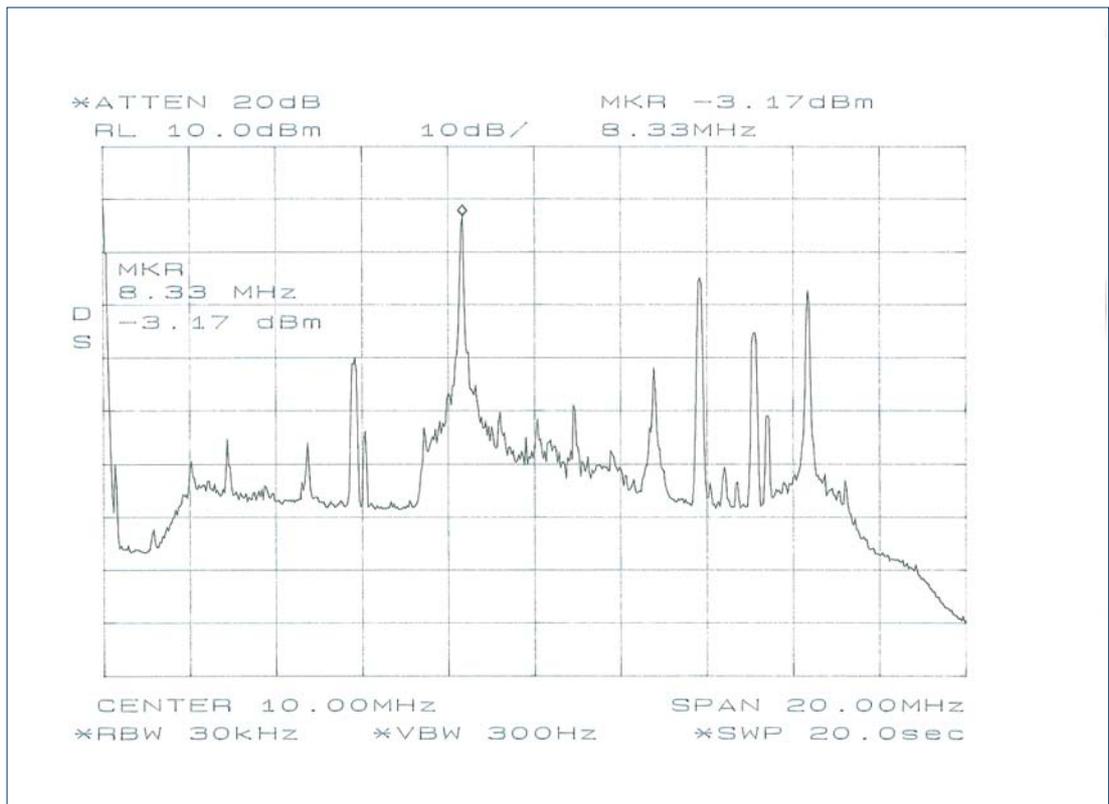


Figura 11 – uscita in banda base 0-20MHz (utili 2-17 MHz)

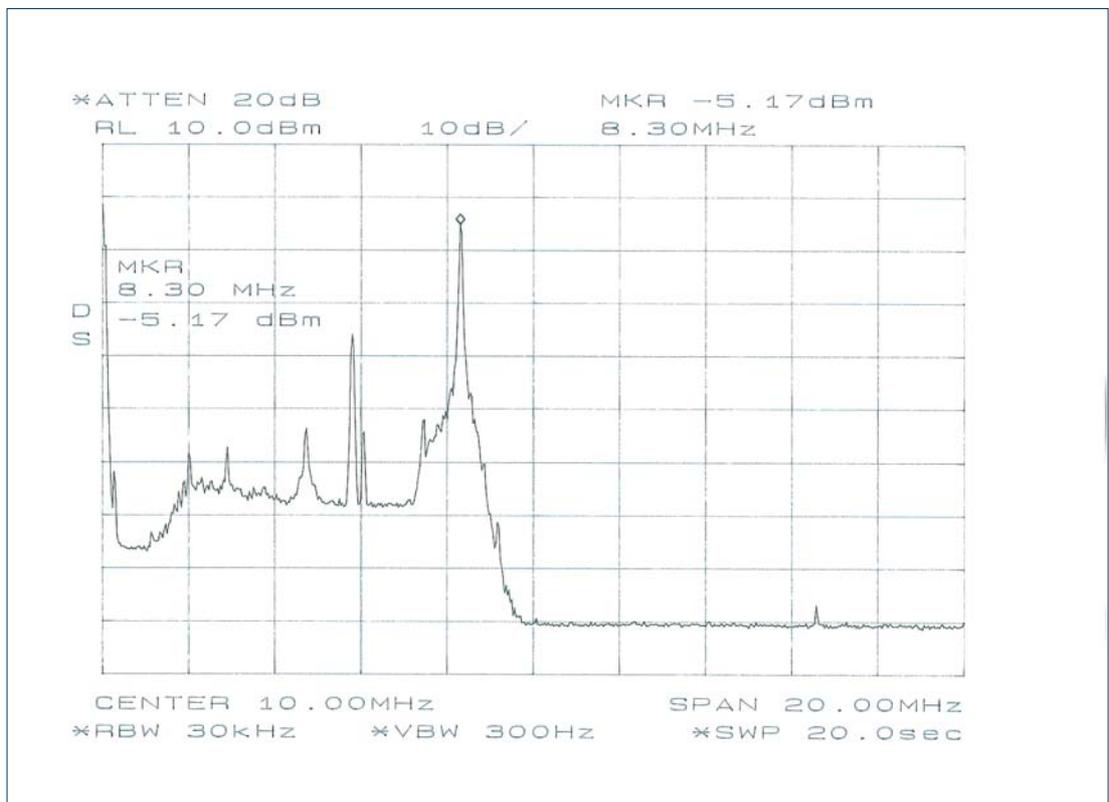


Figura 12 - uscita in banda base 0-10MHz (utili 2-8.5 MHz)

Riepilogo delle caratteristiche generali del sistema Sentinel 2

Il sistema è stato realizzato in modo tale che l'eventuale espansione della copertura di frequenza, per la sorveglianza di bande radioastronomiche più elevate, comporti modifiche al solo apparato di ricezione. In pratica i limiti di frequenza del sistema di conversione sono quelli dell'Analizzatore di Spettro utilizzato.

Si allega una tabella con il riepilogo delle principali caratteristiche del sistema completo Sentinel 2 (apparato di ricezione + conversione in banda-base).

Freq. Bands	Antennas Gain	Sentinel 2 Gain	Sentinel 2 N.F.
1380-1820 MHz	4 dB	+68.5 dB	9.4 dB
305-425 MHz	4 dB	+72.5 dB	7.8 dB
300/2000 MHz	4 dB	+40/+33 dB	34/41 dB

Nella foto seguente è visibile la sezione interna del sistema Sentinel 2, partendo dall'alto sono visibili:

- Monitor e PC di gestione ed analisi
- Analizzatore di Spettro HP
- Unità per il controllo dell'apparato di ricezione (rack 2U)
- Unità di conversione in banda-base (rack 2U)

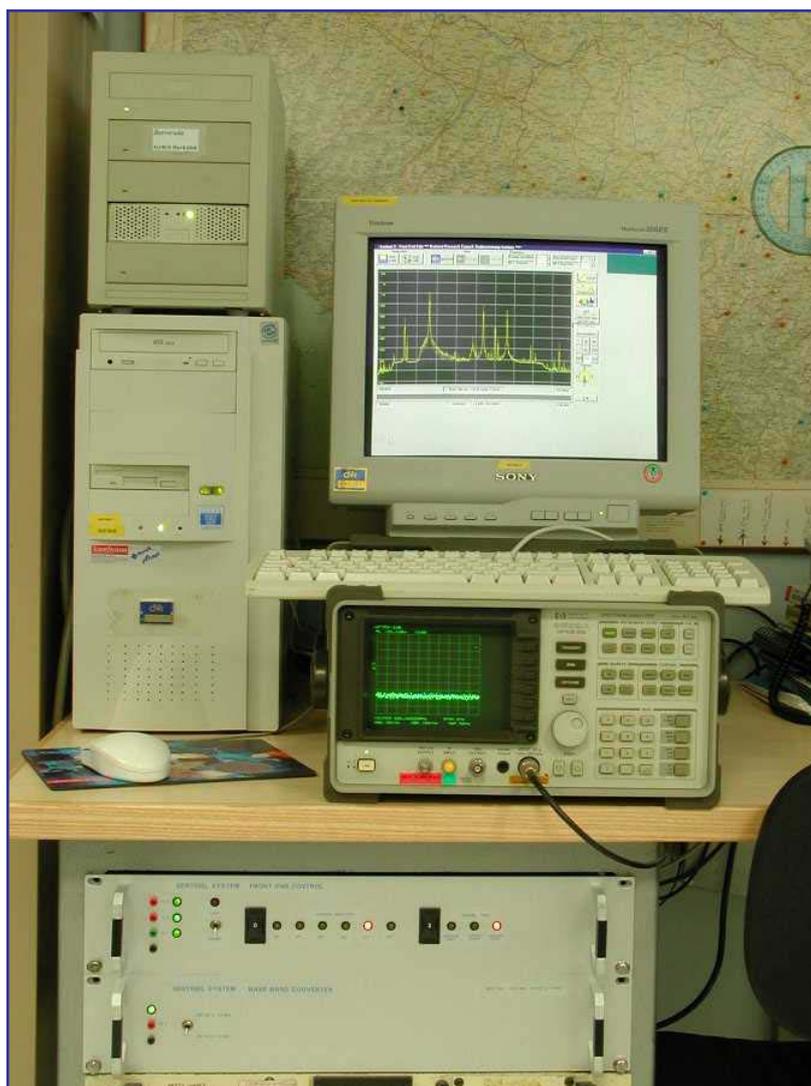


Figura 13 – sistema Sentinel 2 (sezione interna)

Ringraziamenti

- Si ringraziano il Sig. **S. Mariotti** ed il Dr. **R. Ambrosini** per la preziosa collaborazione fornita in fase di progettazione.
- Si ringrazia infine l'Ing. **J. Monari** per aver presentato il progetto Sentinel 2 al RFI Mitigation Workshop tenutosi al Max Planck Institut für Radioastronomie - Bonn dal 28 al 30 marzo 2001.

Bibliografia

- **Sentinel 2; sistema per il monitoraggio delle radio-interferenze**
C. Bortolotti, M. Cecchi, S. Montebugnoli, M. Roma
Rapporto Interno IRA 294/00
- **RFI Sentinel 2**
S. Montebugnoli, M. Cecchi, C. Bortolotti, M. Roma and S. Mariotti
Preserving the Astronomical Sky
IAU (International Astronomical Union) Symposium, Vol. 196, 2001
R. J. Cohen and W. T. Sullivan, III, eds,
- **L'apparato ricevente del Sistema Sentinel 2**
C. Bortolotti, M. Cecchi, S. Montebugnoli, M. Roma
Rapporto Interno IRA 324/02.

Allegati

Seguono le copie dei data-scheet relativi ai principali componenti utilizzati.