

Titolo

## **L'apparato ricevente del Sistema Sentinel 2**

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

Rapporto interno IRA 324/02

## Indice:

• Introduzione: le interferenze nelle bande radioastronomiche	pagina 3
• Il sistema Sentinel 2	5
• Le antenne	6
• La scatola di selezione antenne ed amplificazione	8
• l'unità di comando ( PC / manuale )	12
• Caratteristiche complessive del sistema e considerazioni finali	19
• Ringraziamenti	20
• Bibliografia	20

- Allegati: caratteristiche tecniche dei componenti principali.

Allegato A – Beam Antenna SAMA LPA-0320-7

Allegato B – Optocoupler 6N137

Allegato C – Amplifier AMPLIFONIX 6719

Allegato D – Solid State Switch UMCC SR-2010-6S

## 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 e persino rendere inutilizzabili i dati raccolti.

I radiotelescopi dell’Istituto di Radioastronomia attualmente operano 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 a volte ricadono in una delle **bande assegnate alla radioastronomia**.

Altre interferenze sono dovute ad apparati malfunzionanti o a 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 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.

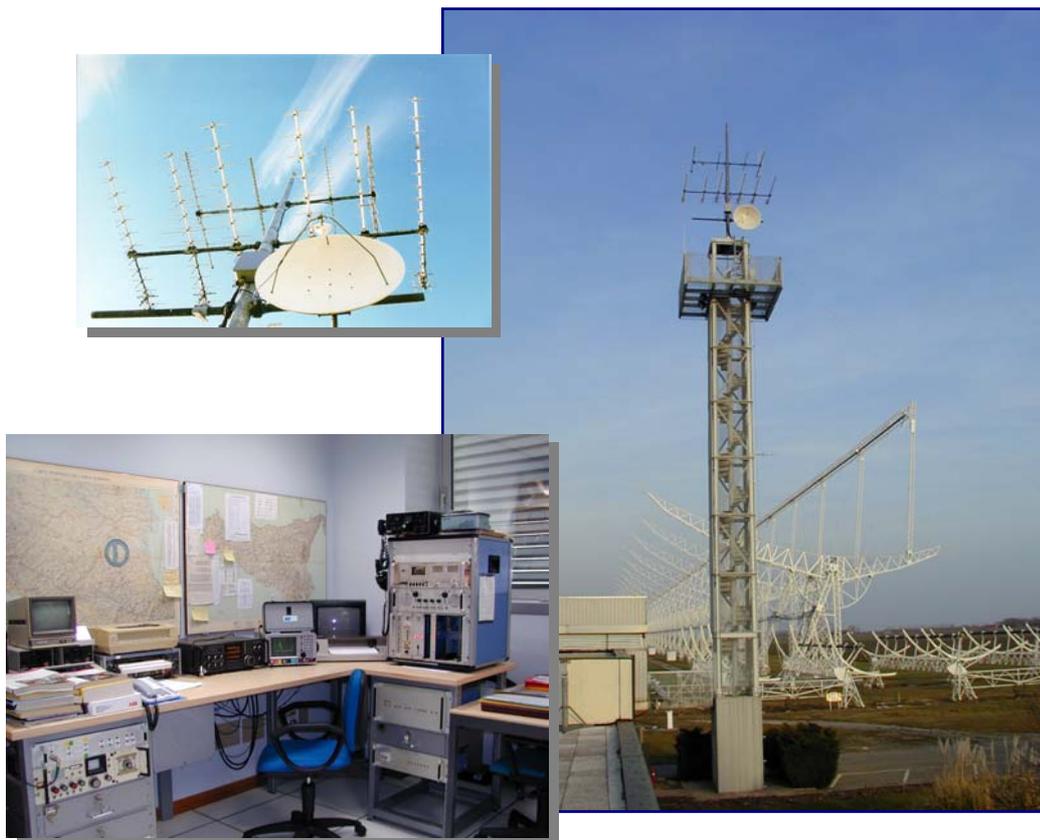


Figura 2 - alcuni particolari del Centro per il controllo delle interferenze di Medicina

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 è raffigurato di seguito.

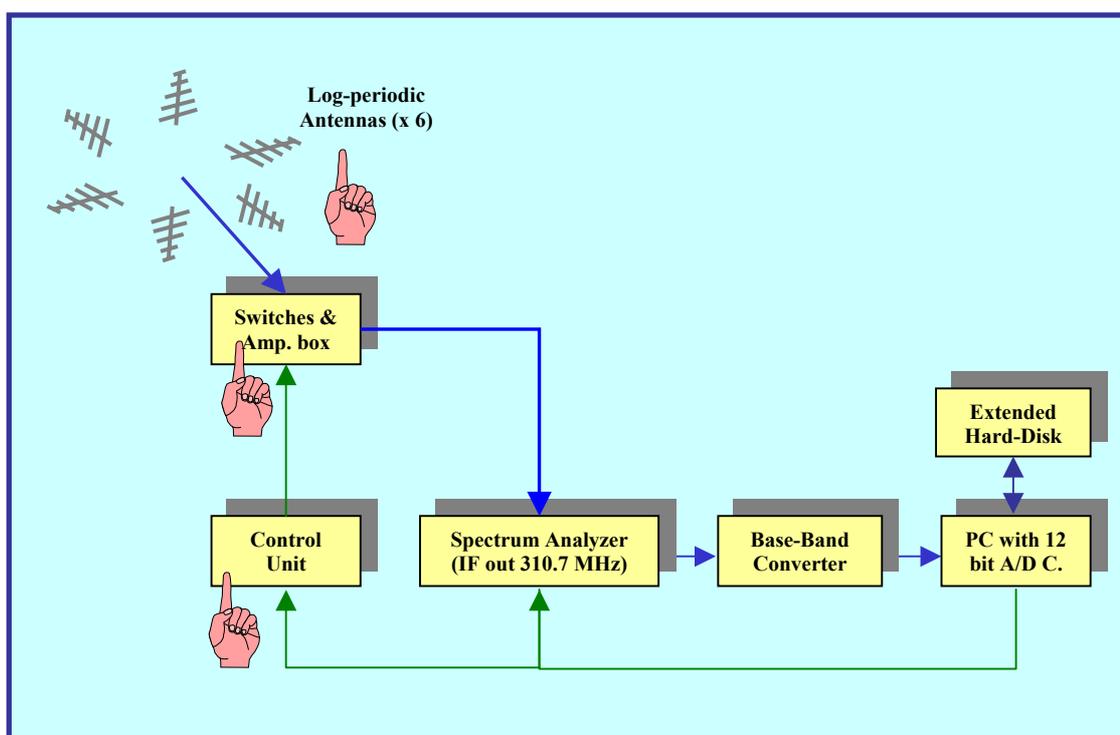


Figura 3 - schema complessivo del sistema Sentinel (sono indicati i blocchi trattati in questo RI)

In questo Rapporto I. ci occuperemo principalmente del cosiddetto Front-end del sistema, cioè:

- delle antenne
- del box di selezione antenne ed amplificazione
- dell'unità locale e di quella remota di comando ( PC / manuale )

## Le antenne

Un sistema automatico di rilevamento, oltre all'affidabilità, deve disporre di:

- visuale completa dell'orizzonte (su 360°)
- adeguata sensibilità
- compatibilità col maggior numero di polarizzazioni
- adeguata velocità.

In quest'ottica, all'impiego della solita antenna su rotore, abbiamo preferito un sistema fisso realizzato con 6 antenne selezionabili da uno switch allo stato solido, quindi in assenza completa di parti in movimento e relative problematiche. Questo garantisce inoltre una notevole velocità di scansione dell'angolo di vista, essenziale in un sistema predisposto con un'alta velocità di calcolo e che si prefigge un controllo rapido e continuo delle principali bande radioastronomiche.

La scelta è quindi andata su antenne a larga banda tipo Log-periodic (SAMA mod.LPA-0320-7) con una copertura in frequenza continua da 300MHz a 2GHz, guadagno tipico 7dB (fascio non inferiore a 60°) e connettore tipo N.

Esse sono state fissate con polarizzazione 45° ad un'altezza di 22mt, sulla torre "interferenze", e disposte a corona sul perimetro della stessa con un orientamento di 60° l'una dall'altra, tale da realizzare una copertura completa dell'orizzonte.

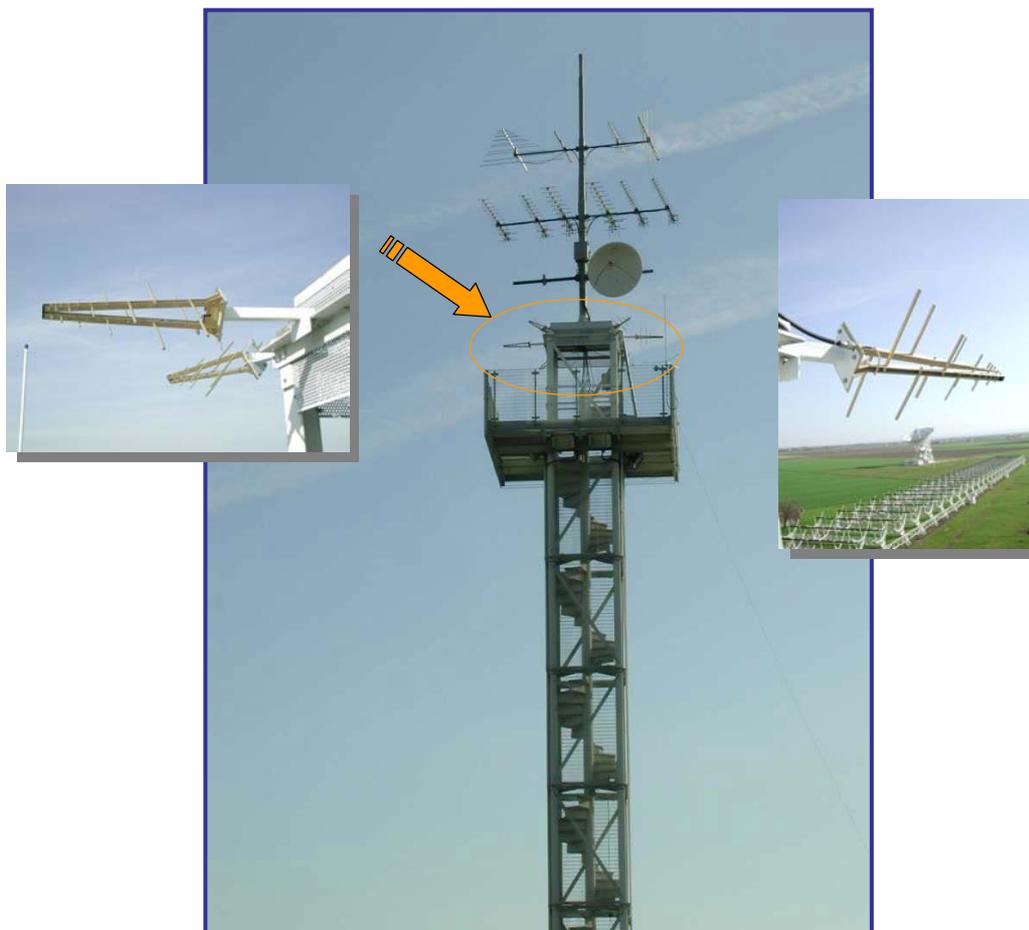


Figura 4 – vista d'insieme e particolari delle antenne installate sulla torre "interferenze"

Ovviamente con l'antenna polarizzata a 45° il guadagno viene limitato a 4dB, ma ci permette di ricevere indistintamente tutte le 4 polarizzazioni senza dover almeno raddoppiare il numero delle antenne, con i problemi che ne deriverebbero.

Questo particolare utilizzo ha comunque il difetto di peggiorare in modo sensibile la lobistica delle stesse, dovuto soprattutto all'impiego di antenne tradizionali (per uso in polarizzazione orizzontale o verticale).

Un secondo fattore negativo è rappresentato dalle masse metalliche che purtroppo vengono a trovarsi posteriormente alle antenne, le quali possono alterarne il corretto funzionamento, ma tuttavia riteniamo il sistema comunque valido per questo tipo di applicazione.

Ogni antenna è poi collegata ad un'unica scatola di selezione ed amplificazione del segnale mediante un cavo coassiale RG214/U, intestato con connettori N, che introduce una perdita d'inserzione di 0.5dB @ 300MHz fino a 1.6dB @ 2GHz.

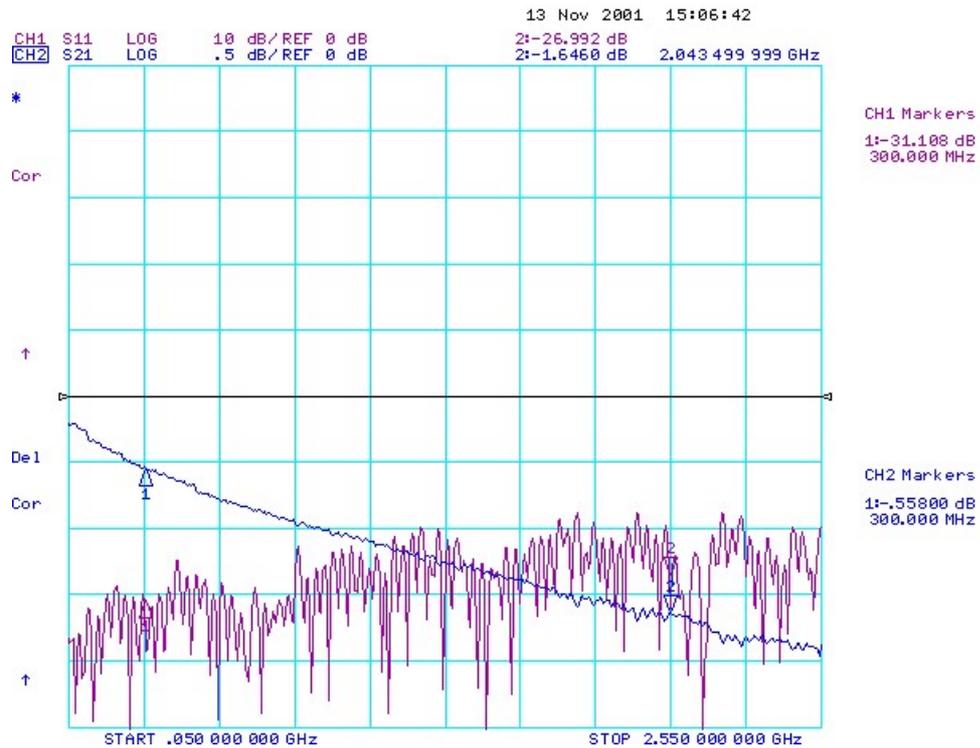


Figura 5 – misura della perdita d'inserzione e R.L. del cavo RG 214/U assemblato

## La scatola di selezione antenne ed amplificazione

Il segnale proveniente dalle antenne giunge, tramite cavo coassiale, alla scatola di selezione antenne ed amplificazione del segnale RF.

Tale contenitore racchiude anche una scheda elettronica-digitale con funzione di Unità Driver Remota, che sarà trattata in un altro capitolo.

La selezione dell'antenna, e quindi del suo segnale, viene effettuata tramite uno switch allo stato solido (SP6T) che pilotato digitalmente realizza la rapida scansione delle antenne sull'orizzonte. La porta comune dello switch fornisce quindi il segnale alla parte di amplificazione.

Infatti, per garantire una buona sensibilità al sistema, e dovendo anche trasferire il segnale RF con un cavo lungo circa 40mt (fin sotto nei locali di controllo), si è resa necessaria una sua amplificazione mediante uno stadio amplificatore a basso rumore e, data la presenza delle forti emissioni FM e TV, dotato di buona dinamica.

Per ovviare ulteriormente la generazione di segnali spuri (per saturazione e/o intermodulazione), abbiamo suddiviso la banda nelle 2 sotto-bande di maggior interesse, andando a realizzare 2 stadi svincolati di filtraggio (passa-banda) ed amplificazione. Questi stadi, assieme ad un terzo che in pratica è una linea non amplificata, vengono poi selezionati tramite 2 switches allo stato solido (SP3T), internamente terminati.

Per ragioni di uniformità abbiamo preferito utilizzare un unico modello di switch che soddisfacesse tutte 3 le applicazioni, ossia SP6T-IT ( UMCC-SR-2010-6S ).

Sotto è visibile l'interno della scatola, nella sua realizzazione finale.

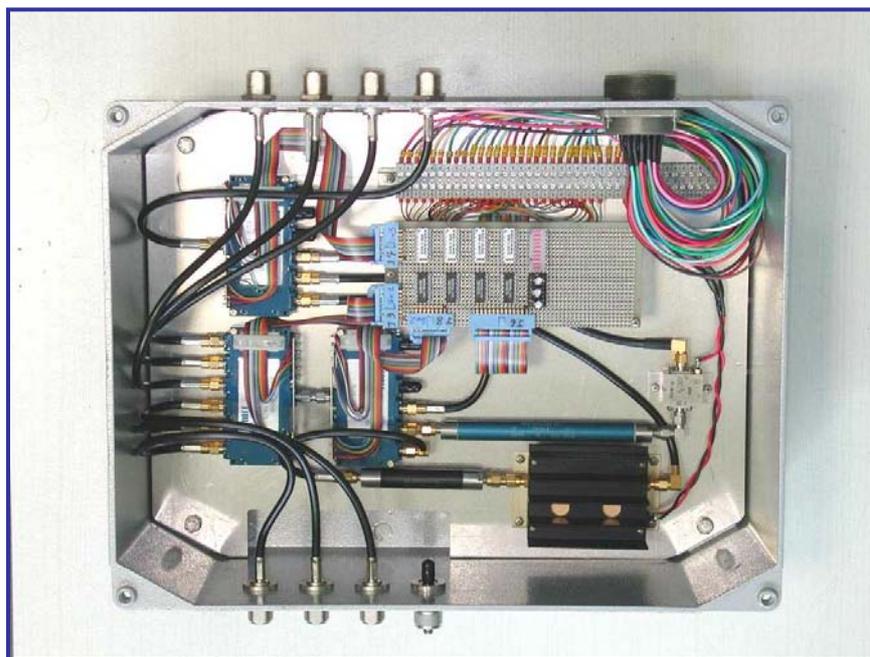


Figura 6 – vista interna della scatola di selezione antenne ed amplificazione RF

Nelle pagine a seguire:

- figura 7 schema del circuito RF
- figura 8 grafico risposta stadio 1380-1820 MHz
- figura 9 grafico risposta stadio 305-425 MHz
- figura 10 grafico risposta stadio non amplificato 300-2000 MHz



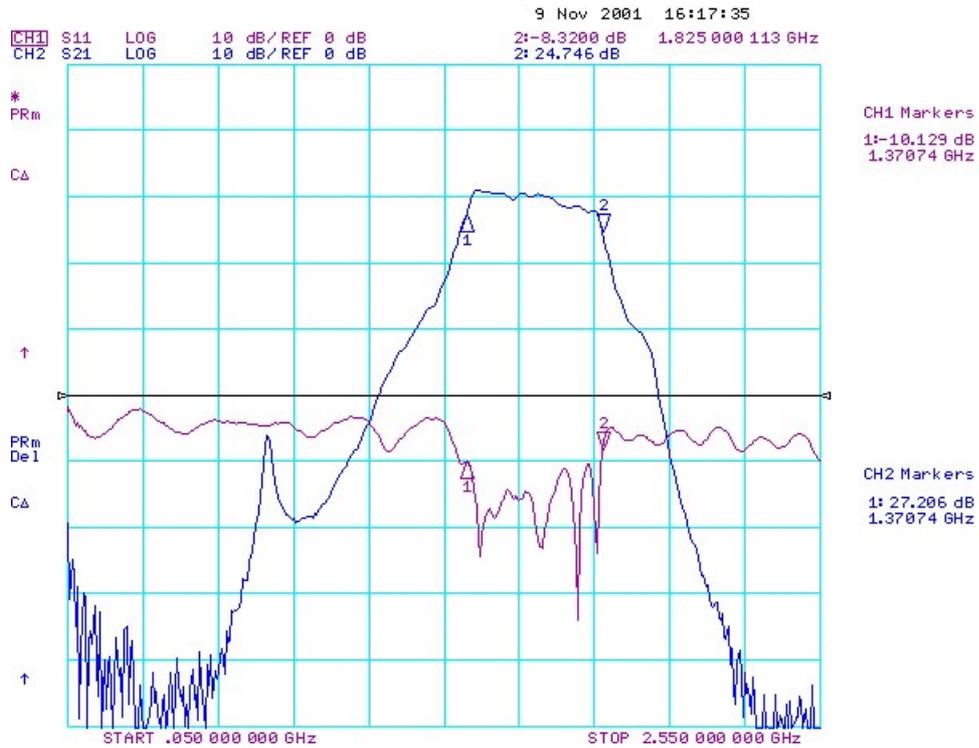


Figura 8 – curva di risposta dello stadio amplificato 1380-1820 MHz (in/out scatola)

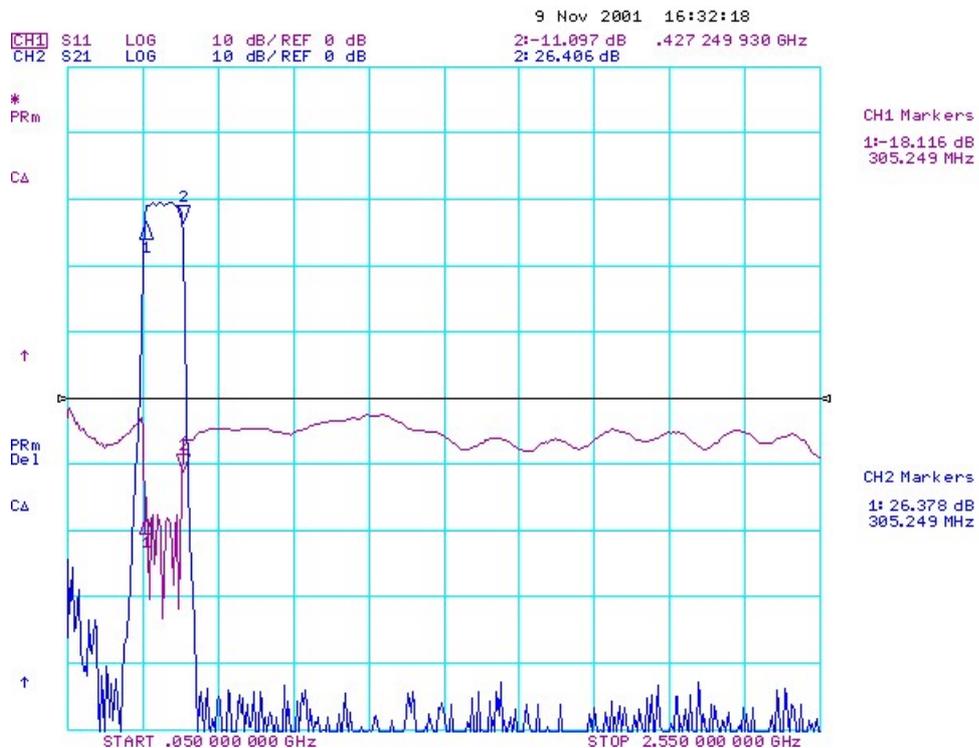


Figura 9 – curva di risposta dello stadio amplificato 305-425 MHz (in/out scatola)

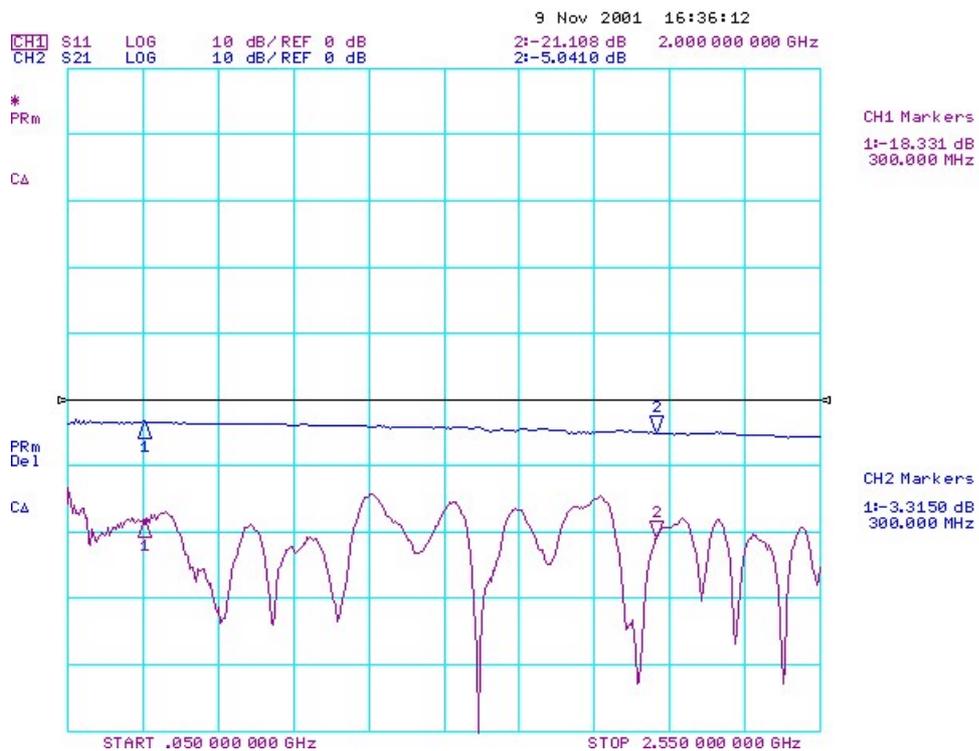


Figura 10 – curva di risposta dello stadio non amplificato 0.3/2 GHz (in/out scatola)

Si fornisce di seguito anche una tabella riportante le caratteristiche RF tipiche della scatola (considerate tra ingresso ed uscita), per ciascuna delle 3 condizioni possibili:

Freq. Bands	Ant. Box N.F.	Ant. box Gain
1380-1820 MHz	5.5 dB	+29 dB
305-425 MHz	6 dB	+29 dB
300/2000 MHz	3.5/5 dB	-3.5/-5 dB

## L'unità di comando ( PC / manuale )

L'unità di comando è l'interfaccia hardware che provvede all'azionamento delle commutazioni relative ai controlli provenienti dal calcolatore del sistema Sentinel 2 (già descritto nel R.I. IRA 294/00).

Tali controlli, presenti sulla porta parallela ai relativi pin dati in uscita (D0 – D7), sono gestiti nel programma come 2 sottoparole (D0 ÷ D3 e D4 ÷ D7), per riuscire a gestire contemporaneamente la selezione delle bande di frequenza e delle antenne, come descritto in precedenza.



Figura 11 –vista interna e frontale del rack unità di comando

Le schedine, che ne sono quindi derivate, sono state curate per non deteriorare la velocità di commutazione degli switch R.F. ed una particolare attenzione a questa caratteristica è stata riservata nella scelta del foto-accoppiatore per isolare il PC da tutta l'elettronica di comando. Come ben visibile dallo schema elettrico (vedi fig. 12), i comandi in arrivo dal calcolatore sul connettore J1 - (DB25) arrivano sulla scheda di comando, dove incontrano subito i veloci foto-accoppiatori (6N137) e dopo aver subito un'inversione arrivano a due multiplexers (74S157), i quali sono stati inseriti nella circuiteria per poter operare anche in modo manuale.

Agendo sull'interruttore a pannello che seleziona la modalità Locale/Remoto, i dati in uscita dai mux. risultano quindi essere o quelli provenienti dal PC o dai 2 tumble-switches, anch'essi accessibili sul frontale del rack, utili per la gestione manuale e delle bande di frequenza e delle antenne.

Continuando nel loro percorso i dati, che fino a qui sono giunti in modalità BCD, vengono decodificati dai relativi decoder (74LS145), i quali rendono sull'uscita relativa un livello TTL basso come valore VERO.

Il primo valore valido corrisponde a 1, poiché s'è voluto evitare che stati transitori casuali (tipo l'accensione del PC o il cavo scollegato), rendessero in uscita un valore vero indesiderato in corrispondenza del valore 0.

Nelle seguenti tabelle sono riportate le relazioni tra gli stati d'ingresso provenienti dal PC, le selezioni operate e l'equivalente posizione dei tumble-switches.

INPUT from PC Parallel Port				RF Switches Port	Channel Selection	Equivalent Channel Tumble-Switch position
D0	D1	D2	D3			
L	L	L	L	NULL	NULL	∅
H	L	L	L	6	1380 ÷ 1820 MHz (Amp.)	1
L	H	L	L	5	305 ÷ 425 MHz (Amp.)	2
H	H	L	L	4	300 ÷ 2000 MHz (Byp.)	3

INPUT from PC Parallel Port				Antenna Switch Port	Antenna Direction	Equivalent Antenna Tumble-Switch position
D4	D5	D6	D7			
L	L	L	L	NULL	NULL	∅
H	L	L	L	6	30°	1
L	H	L	L	5	90°	2
H	H	L	L	4	150°	3
L	L	H	L	3	210°	4
H	L	H	L	2	270°	5
L	H	H	L	1	330°	6

I dati sono ora pronti per essere:

- 1) localmente utilizzati come visualizzazione delle selezioni operate (tramite LED a pannello)
- 2) inviati remotamente per mezzo di un cavo schermato di 16 coppie (2x16 x 0,5 mm<sup>2</sup>) alla sommità della Torre per il controllo delle interferenze.

Questi ultimi entrano nel box di selezione antenne ed amplificazione e, tramite buffer, arrivano agli switches RF (allo stato solido della UMCC), che eseguono l'operazione. Le selezioni sono anche qui ripetute visivamente tramite LED .

Le misure del ritardo di sistema alla commutazione sono state rilevate tramite oscilloscopio e sono raffigurate di seguito nelle figure 12 e 13. Si evidenzia che tutta la catena (dal comando Porta parallela alla commutazione del segnale RF) complessivamente impiega meno di 3 uSec.

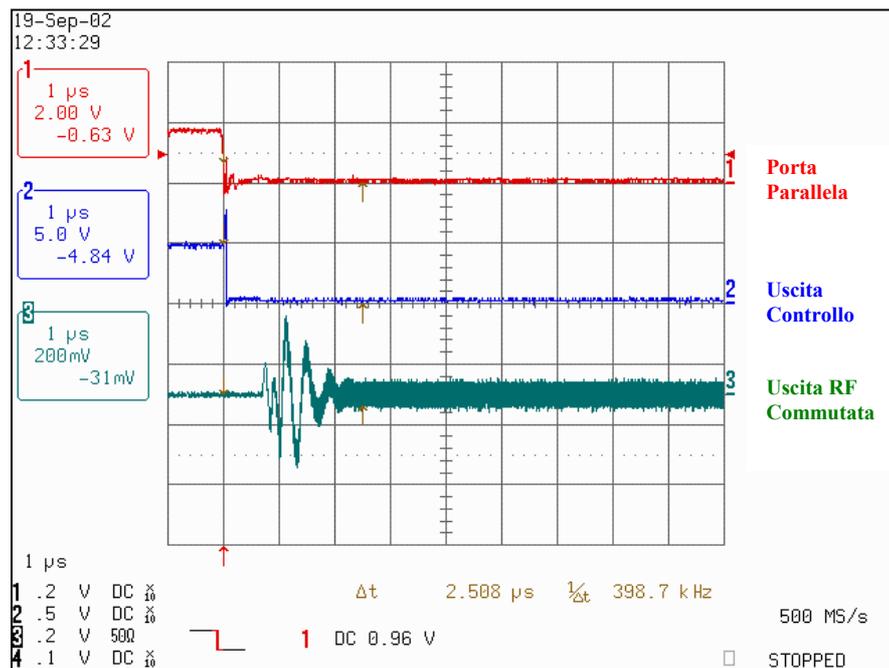


Figura 12 – ritardo di commutazione antenna, all'abilitazione

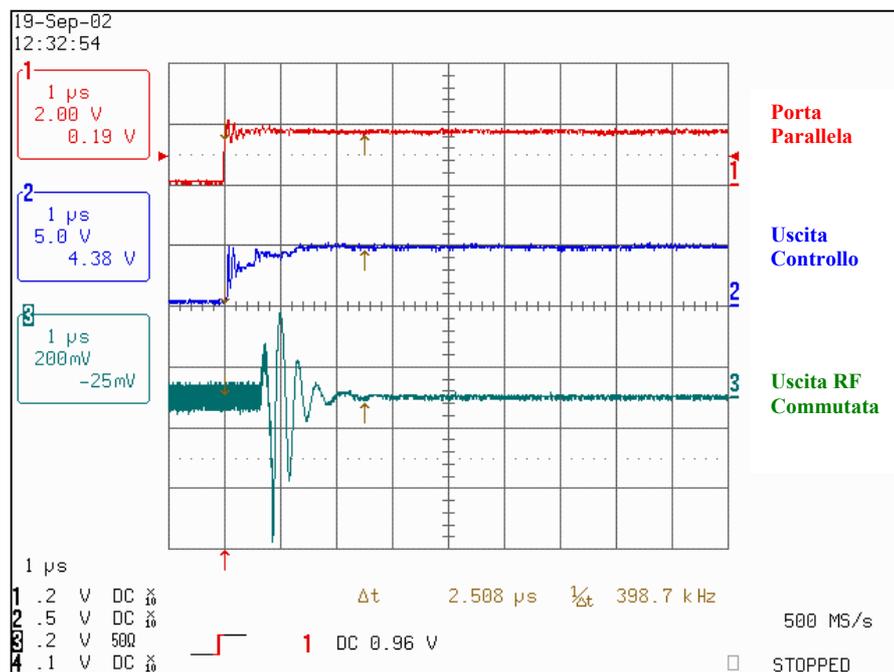


Figura 13 – ritardo di commutazione antenna, alla disabilitazione

Nelle pagine a seguire:

- figura 14 schema elettrico dell'unità di comando: PC / Manuale
- figura 15 schema elettrico del "ricevitore di linea" (in scatola selezione antenne)
- figura 16 schema delle alimentazioni
- figura 17 schema delle connessioni



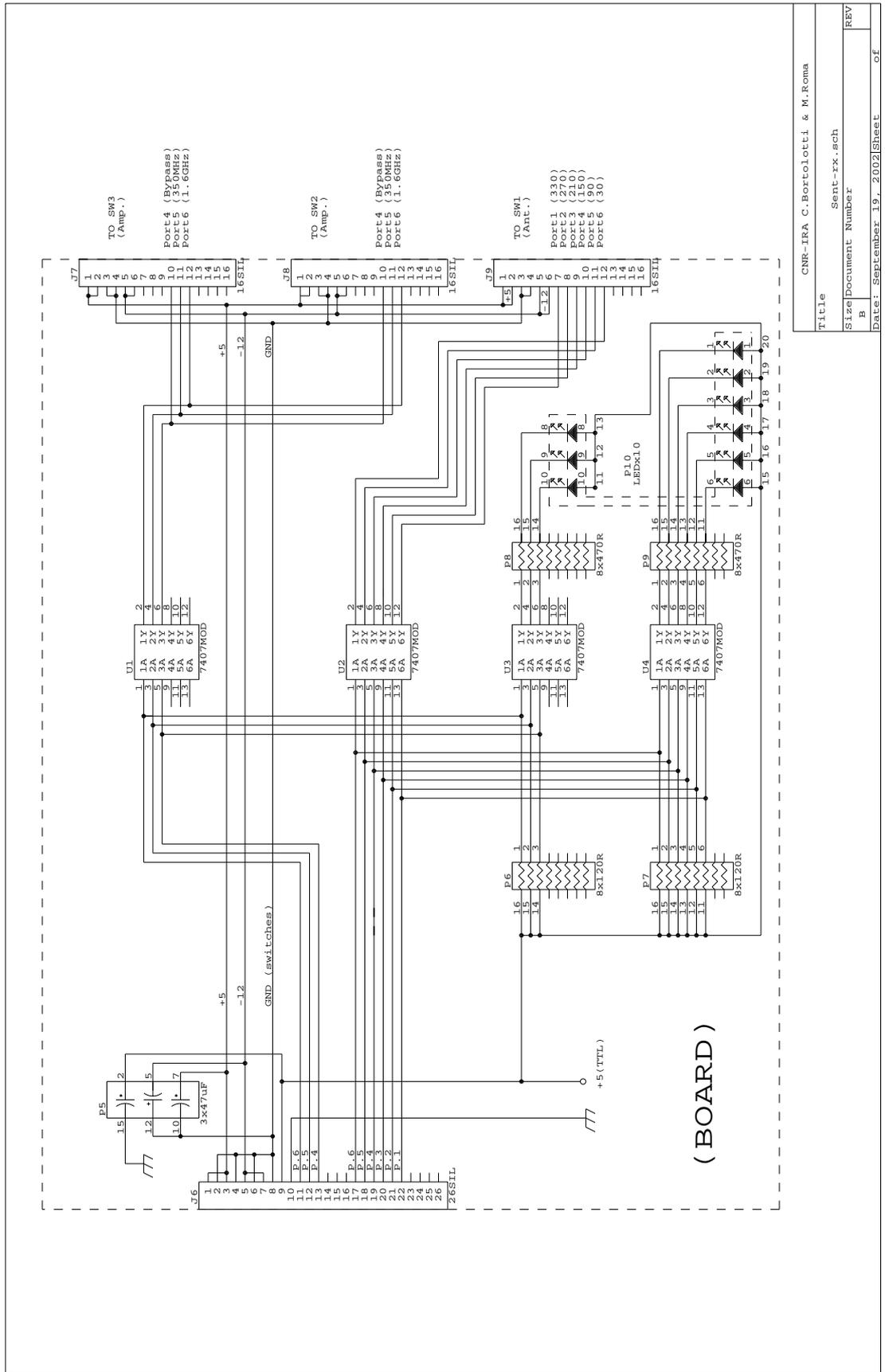
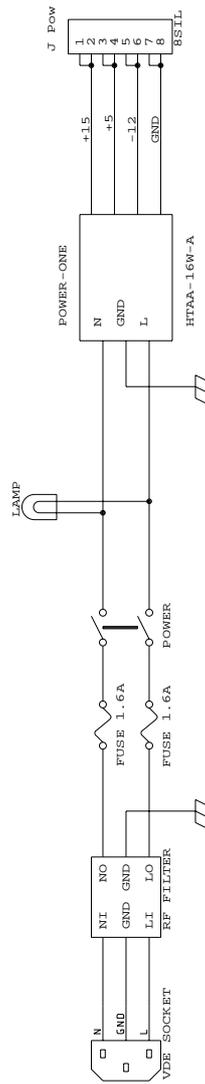


Figura 15 - schema elettrico del "ricevitore di linea" (nella scatola selezione antenne)



CNR - IRA C. Bortolotti & M. Roma

Title Sent-pow.sch

Size Document Number

B REV

Date: September 10, 2002 Sheet of

Figura 16 – schema delle alimentazioni

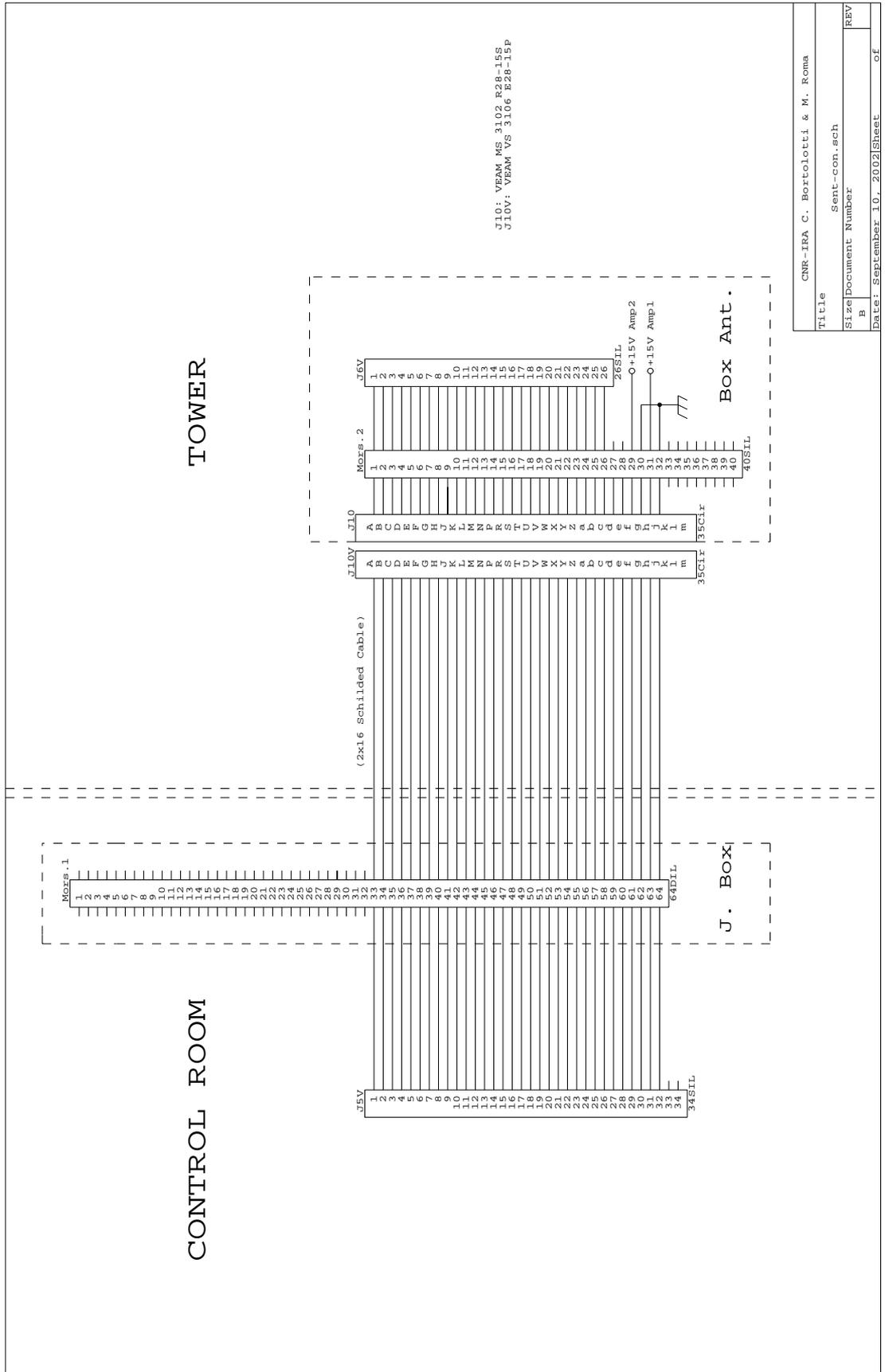


Figura 17 – schema delle connessioni

## Caratteristiche complessive del sistema e considerazioni finali

Il segnale RF, mediante un cavo coassiale a bassa perdita (ANDREW LDF2-50 3/8") lungo 40mt., viene portato nel sottostante locale per il controllo interferenze.

Le caratteristiche complessive del sistema (escluso le antenne) sono riassunte nella tabella che segue:

Freq. Bands	Tower Cable Loss (Andrew)	N.F. (F.E. System)	Gain (F.E. System)
1380-1820 MHz	6 dB	6.9 dB	+21.5 dB
305-425 MHz	3 dB	6.6 dB	+25.5 dB
300/2000 MHz	2.5/7 dB	6.5/13.5 dB	-6.5/-13.5 dB

La commutazione del segnale RF proveniente dalle 6 antenne, è determinata dal PC di comando il quale in base alla selezione dei parametri operativi (Sample-Rate, Channel Number, FFT Burst, Data-Saving) ne modifica la velocità.

Nella seguente figura 18, è visualizzata una delle condizioni operative più veloci (40 Ms/s - 256 Channel - 1 FFT - NO Data Saving) che può raggiungere il Sistema: un intero ciclo di "rotazione" avviene in circa 210 mS. Inoltre è ben visibile la diversa entità del segnale RF proveniente da ciascuna delle 6 antenne.

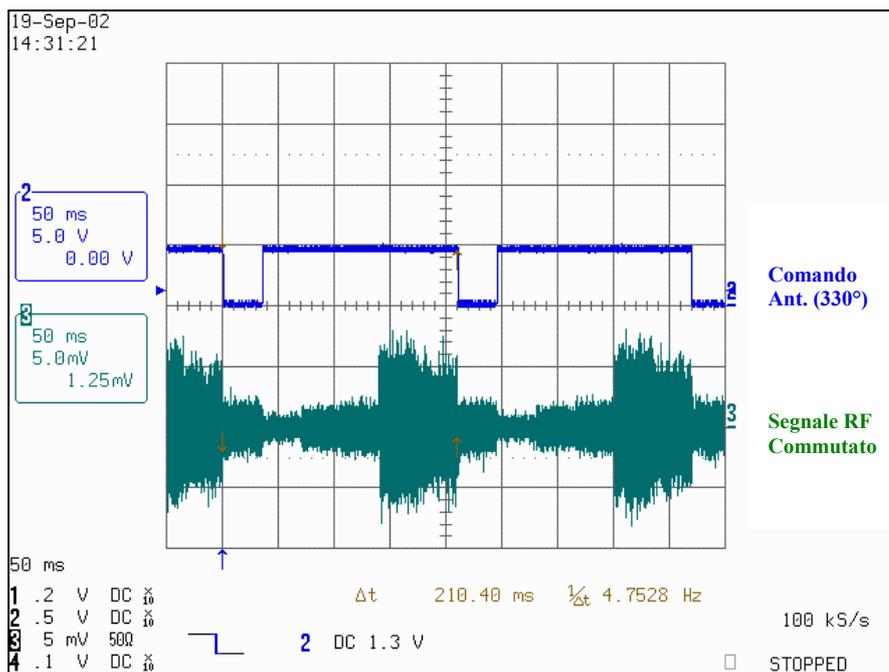


Figura 18 – Segnale RF relativo alle 6 antenne, commutate alla massima velocità di acquisizione

Tale segnale, tramite l'uscita Seconda IF di un Analizzatore di Spettro HP-Serie 8560 opportunamente configurato (comandato remotamente da PC tramite IEEE-488), giungerà all'ingresso del **Sistema di conversione in Banda-Base**, che sarà trattato in un successivo Rapporto Interno.

L'uscita di questo Sistema (2/17 MHz o 2/8.5 MHz) verrà successivamente digitalizzata tramite un Convertitore A/D a 12bit e 40Ms/s, giungendo infine all'acquisizione dati del PC di controllo ed elaborazione che, oltre a ricavarne lo spettro E.M. (tramite FFT), si occuperà anche dell'archiviazione dati e della selezione antenne, banda di frequenza e configurazione Analizzatore di Spettro.

## Ringraziamenti

- Si ringrazia il Sig. **S. Mariotti** per la preziosa collaborazione fornita in fase di progettazione RF e caratterizzazione antenne.
- Si ringrazia inoltre il Sig. **F. Fiocchi** per il fattivo contributo nella progettazione dell'elettronica di comando e nella realizzazione dell'interfacciamento con la porta parallela del PC e del relativo software.
- 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,
- **Il convertitore in Banda-Base del sistema Sentinel 2**  
C. Bortolotti, M. Cecchi, S. Montebugnoli, M. Roma  
Rapporto Interno IRA in fase di realizzazione.

## Allegati

Seguono le copie dei Datasheet relativi ai principali componenti utilizzati.