

Titolo

Sistema Az-EI per la ricezione di emissioni da satellite

C. Bortolotti, M. Roma, R. Ambrosini

Rapporto interno IRA 344/03

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, spesso 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.

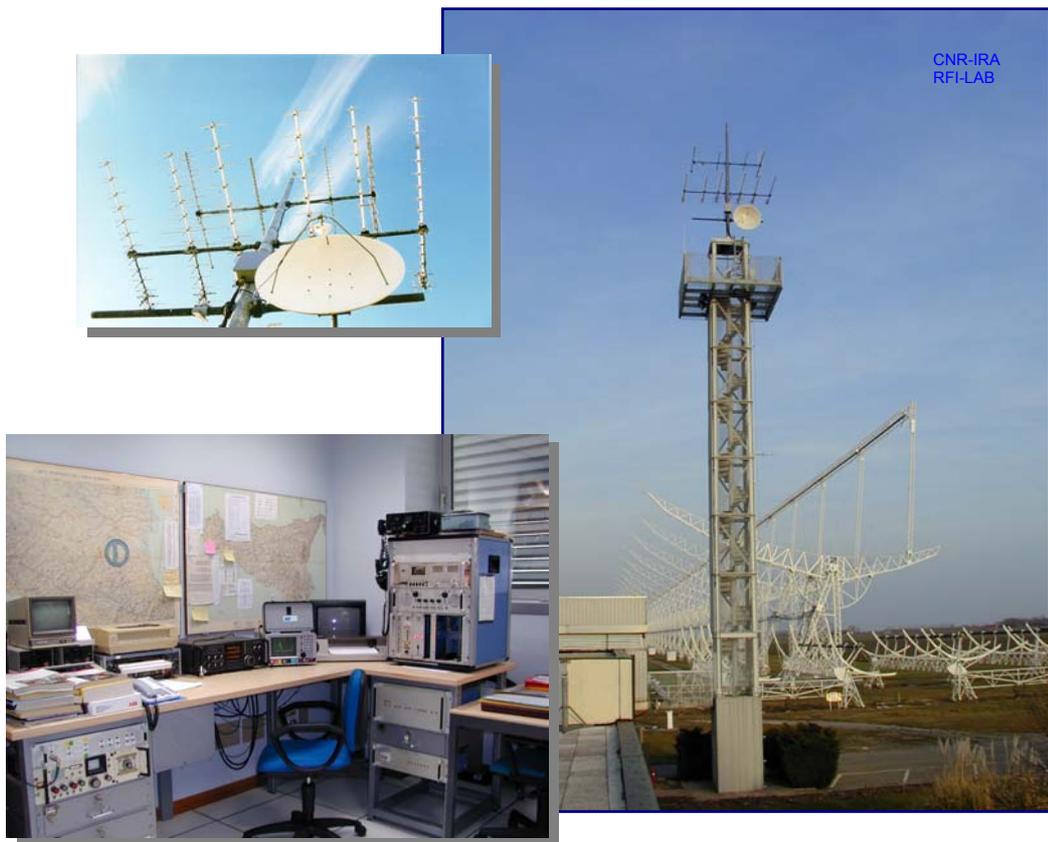


Figura 2 - alcuni particolari del Centro per il controllo delle interferenze di Medicina

Recentemente, alcune problematiche RFI legate ad emissioni satellitari (IRIDIUM – GLONASS – GPS), hanno evidenziato l'esigenza di dotarsi di un sistema Azimuth-Elevation che ne consenta una efficace ricezione. La realizzazione di nuovo sistema è descritto nel presente Rapporto Interno.

Il sistema di ricezione Az-EI

Data la richiesta espressa dal CRAF (Committee on Radio Astronomy Frequencies) di monitorare le emissioni dei satelliti IRIDIUM, GPS e GLONASS, è stato realizzato innanzitutto un sistema che consentisse la copertura delle bande radioastronomiche comprese tra 1300-1700MHz (banda L).

La parte esterna, situata sul tetto dell'edificio, è stata realizzata con i componenti che seguono:

- Un antenna parabolica con diametro 1.5mt.
- Un illuminatore tipo log-periodic 1.2-12GHz, fissato con un angolo di 45° per la ricezione di entrambe le polarizzazioni, se pur con 3dB in meno di efficienza.
- Un rotore doppio, con movimentazione in azimuth ed elevazione, JAESU G-5500 AZ-EL ROTATOR, dotato di controllo remoto. Tale rotore permette una rotazione in azimuth di 360° (max 450°) ed in elevazione di 90° (max 180°). Caratteristiche più precise e modalità di calibrazione sono riportate sul manuale d'istruzioni.
- Un tubolare zincato con i relativi supporti per il fissaggio a parete.
- Un box stagno contenente un filtro passa-banda FILTEK BP30-1510-450-10-BA ed un LNA MINI-CIRCUITS ZHL1217 MLN per l'amplificazione del segnale. Il filtro è necessario per evitare prodotti d'intermodulazione dovuti alle forti emissioni TV e GSM (900 e 1850MHz).
- 4mt di cavo coassiale SHUNER S-042272B a bassa perdita per il collegamento illuminatore-box.
- 30mt di cavo coassiale ANDREW LDF 2-50 3/8" a bassa perdita, per portare il segnale RF dal box al centro di controllo.
- N.3 cavi multipolari, 7x1 mmq, lunghi 32mt ciascuno; per il controllo/azionamento dei rotori e l'alimentazione dell'LNA dal centro di controllo.

All'interno dell'edificio è situato il locale adibito a centro di controllo, dove si trovano:

- Il controllo remoto del rotore JAESU G-5500 DUAL CONTROLLER, sia manuale che computerizzato, quest'ultimo tramite apposito modulo di interfacciamento RS232, JAESU GS-232A COMPUTER CONTROLLER.
- L'alimentatore dell'LNA (+15Vdc).
- Un cavo coassiale a bassa perdita per il collegamento all'analizzatore di spettro.



Figura 3 – Il rotore e l'antenna del sistema Az-EI

Nella pagina seguente, in Fig.4, viene riportato lo schema complessivo del sistema.

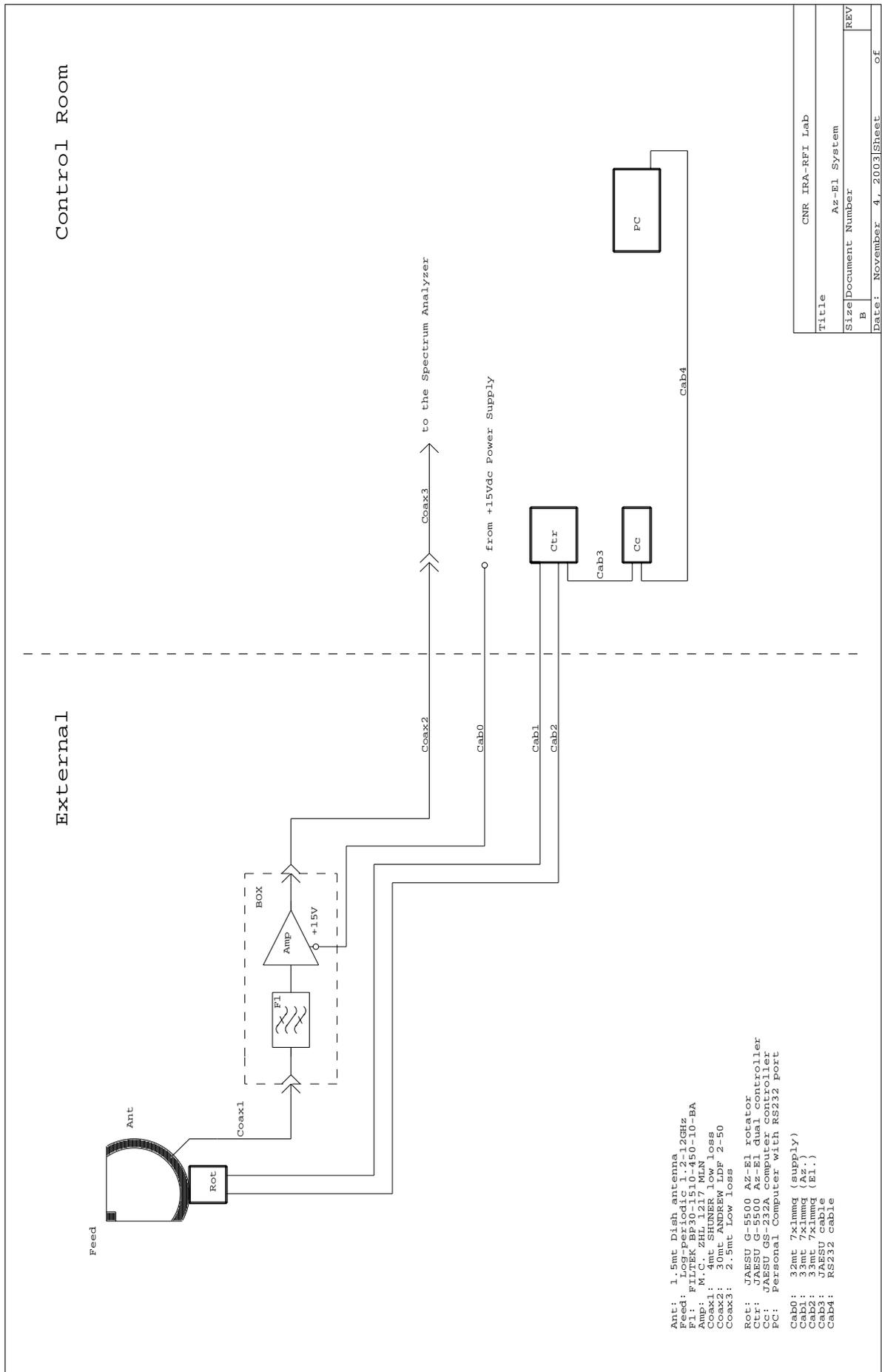


Figura 4 – Schema complessivo del sistema Az-El

Software di puntamento

Il controllo del puntamento viene eseguito dal PC con l'ausilio del software NOVA FOR WINDOWS, le cui caratteristiche e modalità d'impiego sono riportate nel manuale d'uso.

Il PC è collegato mediante un cavo seriale RS232 al modulo di interfaccia (JAESU GS-232A), che a sua volta è connesso al modulo di controllo del rotore (ELEVATION-AZIMUTH DUAL CONTROLLER G-5500) tramite un apposito cavetto in dotazione.

Di seguito vengono elencate alcune "facility" che si sono rivelate molto interessanti:

- Nel Setup/Antenna Rotator è previsto anche il nostro dispositivo (JAESU GS-232A), è pertanto possibile effettuare la verifica dei parametri di calibrazione e l'impostazione di eventuali offset, oltre alla programmazione della posizione di "parcheggio" dell'antenna: nel nostro caso Az=180° ed El=90°.
- La lista dei satelliti ne contiene oltre 1000, ed è inoltre possibile l'aggiornamento dei parametri orbitali via rete-Internet.
- E' disponibile una finestra per il calcolo in tempo reale del doppler in frequenza.
- E' possibile impostare manualmente il valore di azimuth ed elevazione per un puntamento fisso (target).
- Terminando l'esecuzione del programma, l'antenna viene portata automaticamente nella posizione di "parcheggio".

Di seguito viene mostrato il tipico displaj-consolle del programma in esecuzione, come visualizzato dal monitor del PC.



Figura 5 – Displaj-Consolle di Nova For Windows

Caratteristiche generali del sistema e considerazioni finali

Si fornisce di seguito una tabella che riassume le caratteristiche complessive del sistema, riferite al centro-banda:

Frequency Bands (GHz)	1.2 – 1.7	Exp.
Antenna Gain (dB)	23 (1)	
Antenna beam (°)	8	
Ant/Box Cable Loss (dB)	2 (2)	
Box NF (dB)	1.3 (3)	
Box Gain (dB)	34 (3)	
Box/S.A. Cable (dB)	7 (4)	
S.A. NF [Agilent 8562EC] (dB)	18	
Max S.A. frequency resol. (Hz)	1	
System NF (dB)	3.6	
System Gain (dB)	25	

Note alla tabella:

- 1) Antenna parabolica dia.=1,5mt con feed in polarizzazione lineare 45° (valore **stimato** efficienza 50%). Al valore sono stati sottratti ulteriori 3dB in considerazione della polarizzazione 45°.
- 2) 4mt Suhner S-042272B low-loss.
- 3) BPF Filtek BP30-1510-450-10-BA (IL 0.5dB) + LNA Mini-Circuits ZHL12-17 MLN (Gain +35dB).
- 4) 30mt Andrew LDF2-50 3/8" (IL 5dB) + 3mt low-loss cable (IL 2dB).

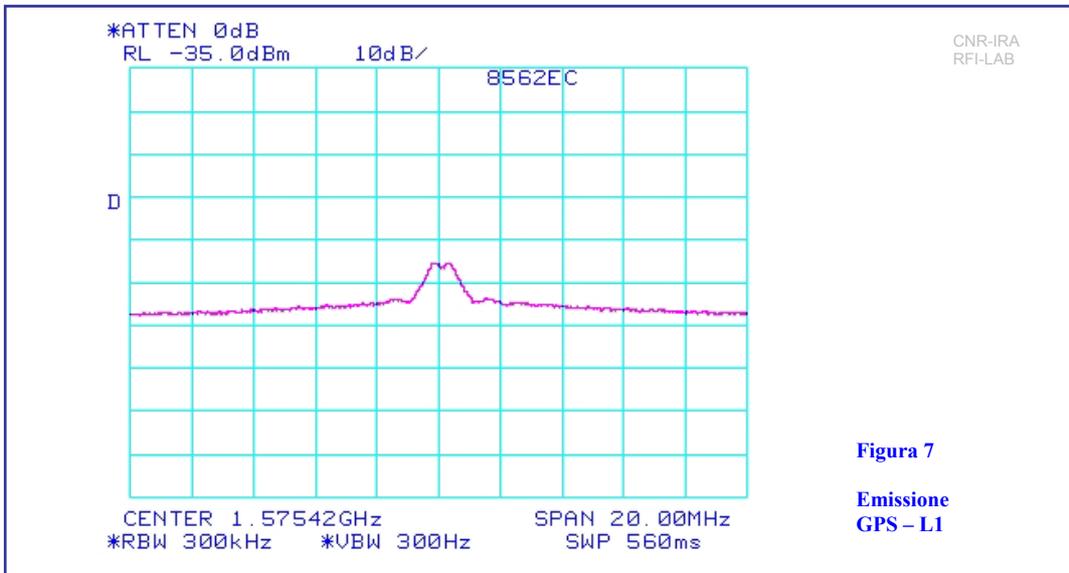
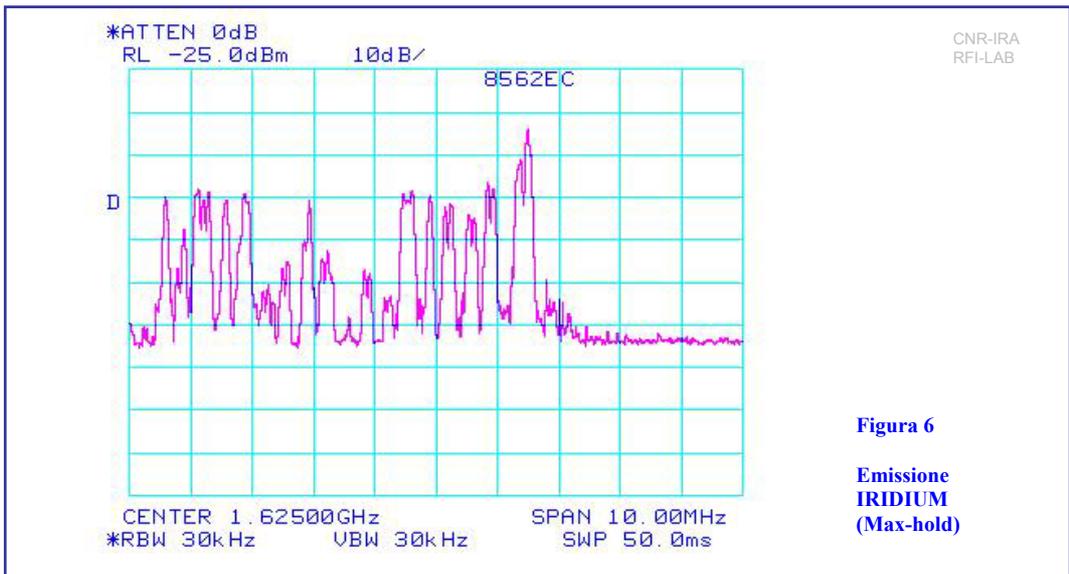
I primi test del sistema hanno fornito buoni risultati, soprattutto in quanto la dimensione dell'antenna parabolica, che determina una buona risoluzione, facilita la ricezione di un solo satellite tra i tanti della costellazione (es. Iridium o GPS).

Un incremento di sensibilità potrebbe essere realizzato, superando alcune difficoltà tecniche, portando il box direttamente sul feed: probabilmente si abbasserebbe la NF di 2dB.

In futuro sarà possibile approntare front-end a frequenze più elevate, andando però a diminuire il diametro della parabola in relazione dei seguenti parametri:

- il "gioco" del rotore [tipicamente Az.=0.5° ed El.=1°]
- la tolleranza/precisione di puntamento [Az.=2° ed El.=1°], con una risoluzione di lettura pari ad 1°, sia per Az. che El.
- la presenza del vento rende instabile la struttura, ovviamente in funzione dell'elevazione della parabola stessa. E' quindi necessario interrompere l'osservazione per non danneggiare il rotore o l'antenna.

Seguono alcuni spettrogrammi che mostrano l'emissione di alcuni satelliti rilevata col sistema Az-El.

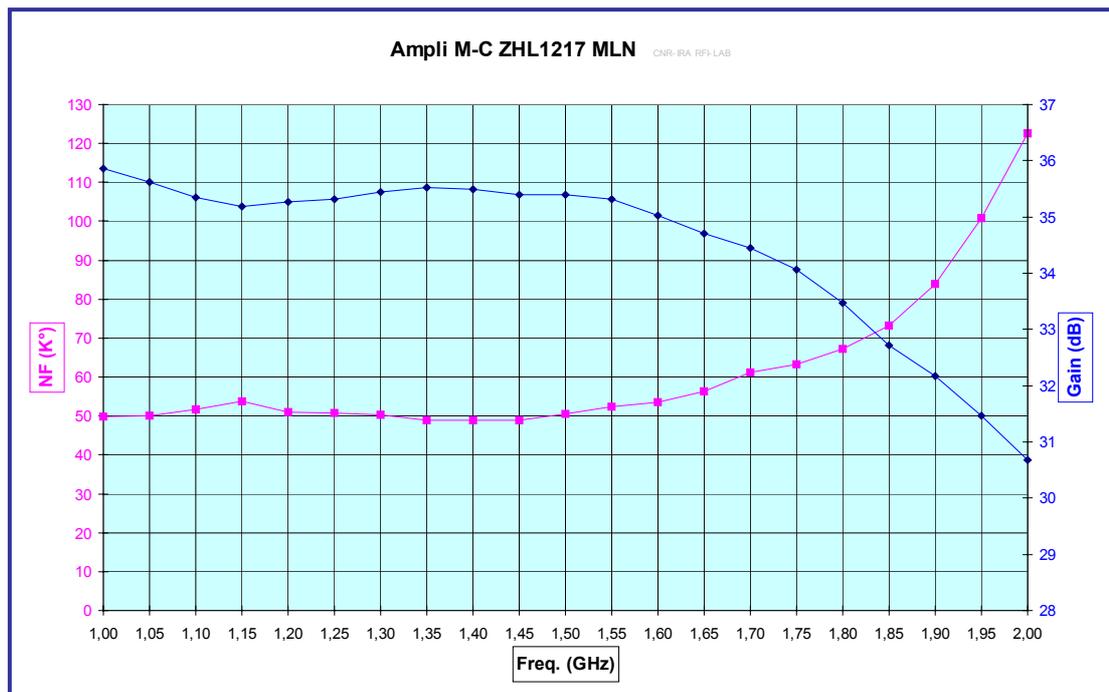


Seguono alcuni allegati:

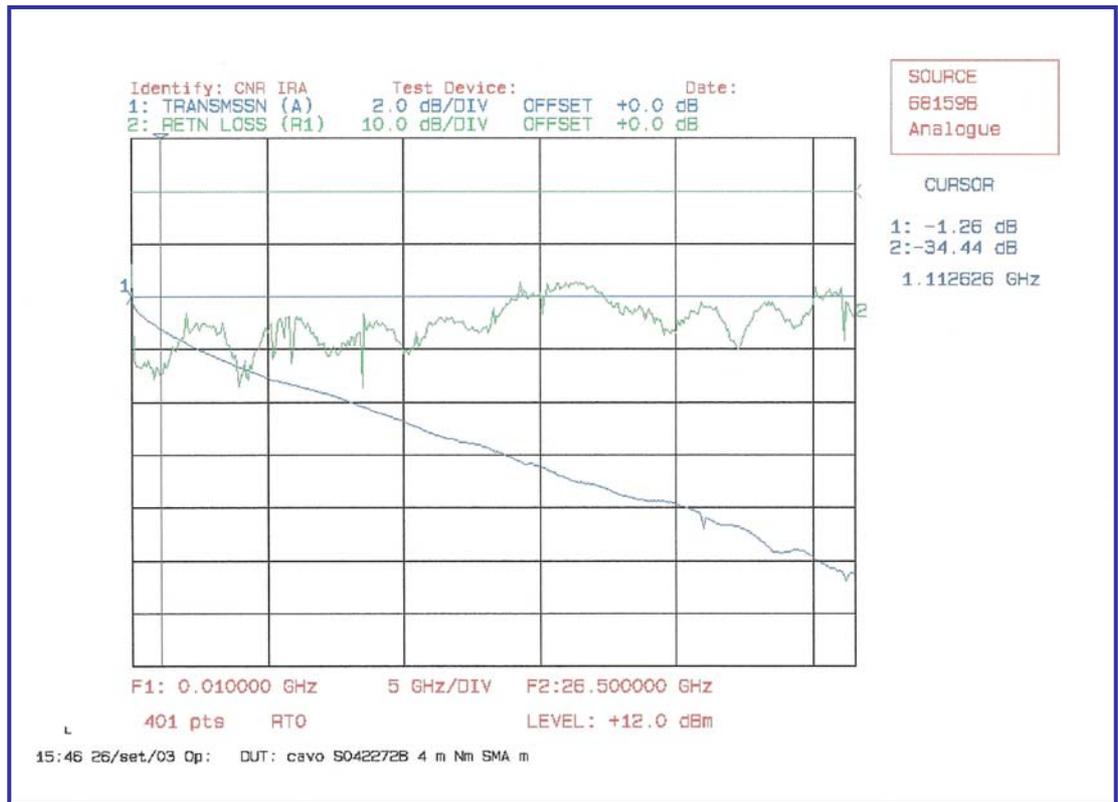
- Allegato A - wire list dei cavi di controllo ed alimentazione
- Allegato B - curva N.F. e Gain dell'amplificatore MC ZHL 1217MLN
- Allegato C - curva I.L. cavo Coax1
- Allegato D - curva I.L. cavo Coax2
- Allegato E - copia della pagina 4 manuale del rotore
- Allegato F - copia delle pagine 7 e 12 manuale del modulo interfaccia
- Allegato G - copia della pagina 13 manuale del modulo interfaccia

Cab0	Morsetto / Pin	Cab1	Morsetto / Pin	Cab2	Morsetto / Pin
rosa	1 (+15Vdc)	rosa	1	rosa	1
azzurro	2 (GND)	azzurro	2	azzurro	2
grigio	3 nu	grigio	3	grigio	3
bianco	4 nu	bianco	4	bianco	4
marrone	5 nu	marrone	5	marrone	5
giallo	6 nu	giallo	6	giallo	6
verde	7 nu	verde	n.c.	verde	n.c.

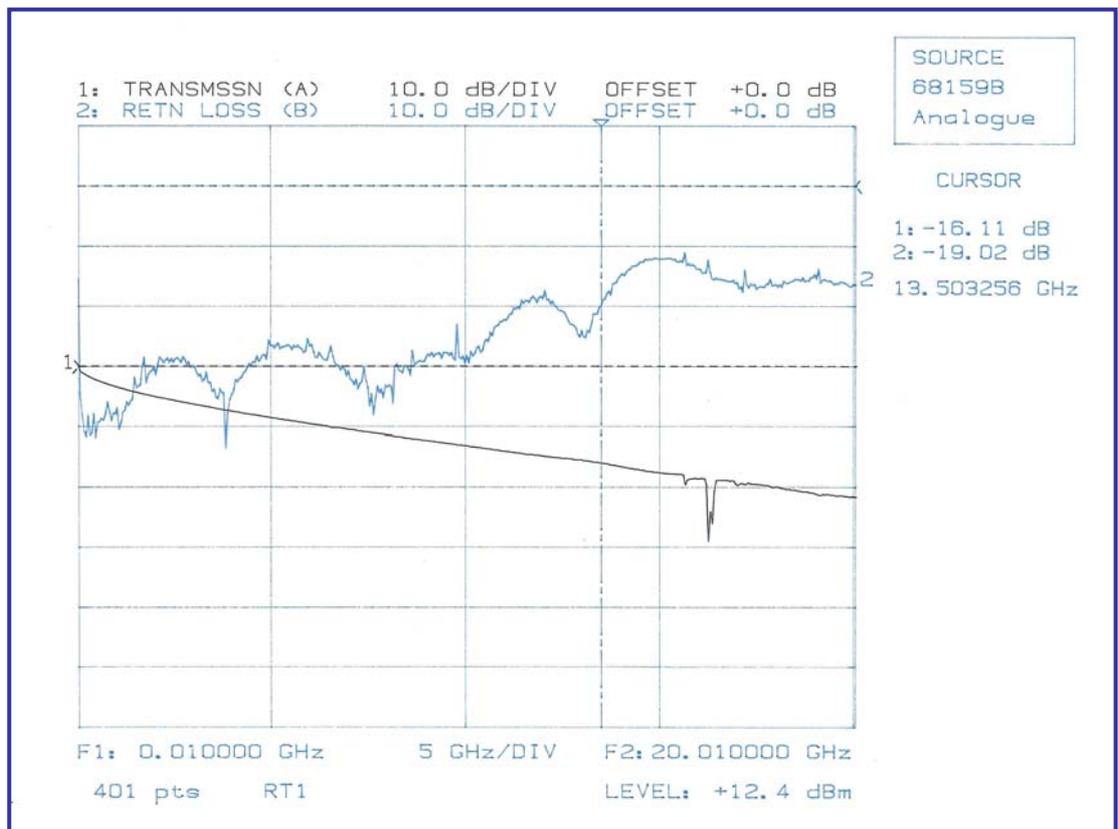
Allegato A – Cable/Connection wire list



Allegato B – N.F./Gain Amplif. MC ZHL 1217MLN



Allegato C - I.L. Coax1 cable



Allegato D - I.L. Coax2 cable

G-5500 Antenna Azimuth-Elevation Rotators & Controller Instruction Manual

PRE-INSTALLATION ADJUSTMENT

Switch the controller off and adjust the **0. ADJ** screws beneath each meter face, if necessary, so that each meter points to the left edge of the scale. Then turn the controller back on for the following steps.

Azimuth Indicator

Press and hold the **LEFT** switch and allow the azimuth rotator to turn until it reaches its end stop. Note the precise position of the rotator (mark the housing, if necessary), and then press and hold the **RIGHT** switch to bring the rotator around one full turn to exactly the same position. The meter should now point precisely to 360° of the scale. If not, adjust the **FULL SCALE ADJ** potentiometer at the upper corner of the rear panel above the **AZIMUTH** terminals.

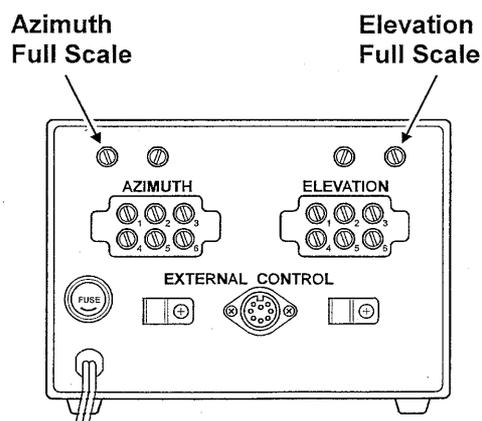
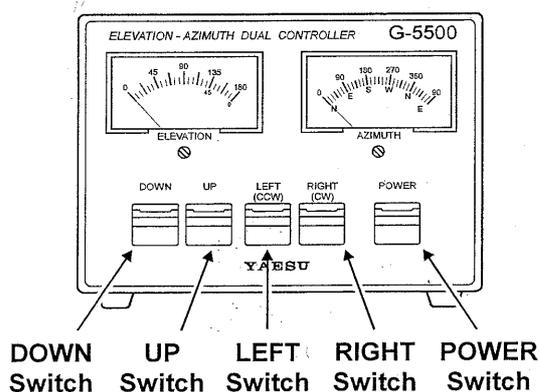
Press the **RIGHT** switch again to continue clockwise rotation until the rotator reaches its end-stop. The indicator should now point to right edge (90°) of the scale.

Elevation Indicator

Press the **UP** switch to align the 180° markers on the rotator. The meter should now point precisely to 180° at the right end of the scale. If not, adjust the **FULL SCALE ADJ** potentiometer at the upper corner of the rear panel above the **ELEVATION** terminals.

Notes on Controller Operation:

- The rotator motors are rated for five-minutes intermittent duty. However, they be brought to rest for at least 15 minutes afterwards.
- If both **UP** and **DOWN** switches or **RIGHT** and **LEFT** switches are pressed at the same time, the corresponding rotator turns up or right (clockwise).
- Release the switch when the meter indicates in the end zones (the rotator stops).
- Remember to turn the controller off when the rotators are not in use.

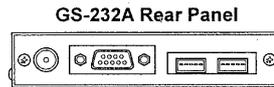


COMPUTER CONNECTION

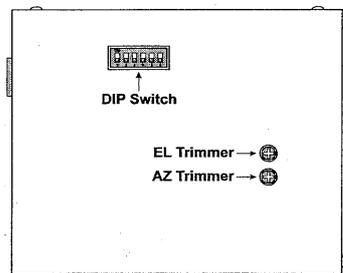
- With the computer switched off, connect the RS-232C cable to the serial port of the computer, then connect the other end of your serial cable to the **RS-232C** connector on the rear panel of the **GS-232A**. Only three wires are used for serial control, so there is no hardware handshaking.
- If you are using a **G-400** Azimuth Rotator, or **G-5400B/G-5600B** Az-EL Rotator, set the **GS-232A**'s DIP switch (switch 5) to "OFF" position, to disable the 450° rotate operation. If you are using a other rotators (except the **G-400/G-5400B** and **G-5600B**), the **GS-232A**'s DIP switch (switch 5) is still "ON."
- Select the desired data baud rate with the DIP switch bank on the **GS-232A**'s bottom case.
- The Control Interface serial data format uses 8 data bits, no parity, and one stop bit, with no handshaking. Turn on the computer, controller, and **GS-232A**, and set up your terminal program for this format and your selected data rate on the serial port to be used for rotator control.

Baud Setting DIP Switches

Baud	DIP Switch			
	1	2	3	4
150	ON	ON	ON	ON
300	OFF	ON	ON	ON
600	ON	OFF	ON	ON
1200	ON	ON	OFF	ON
2400	ON	ON	ON	OFF
4800	OFF	OFF	ON	ON
9600	ON	ON	OFF	OFF



GS-232A Bottom Case



G-5500 Az-EL ROTATOR

Azimuth Offset Null

- Before calibrating the Rotator, check to see that the **GS-232A**'s DIP switch (switch 5) is set to the "ON" position.
- From the Controller panel, set the Rotator fully counter-clockwise (set to 0°).
- Press [O] → [↵] (the letter "oh", and "ENTER") on the computer keyboard to activate the azimuth calibration routine. The computer display should show **AZaaaa = bbbb** returned from the Interface Board, where **aaaa** and **bbbb** are four-digit numbers padded at the left with zeroes.
- Adjust the **AZ** trimmer (located on the bottom case of the **GS-232A**) while watching the computer display, until the four-digit numbers **aaaa** and **bbbb** are the same (the precise values are not important).
- Turn off the **GS-232A**'s **POWER** switch to exit the azimuth calibration routine, then turn on the **GS-232A**'s **POWER** switch again.

Azimuth A-D Calibration

- From the Controller panel, set the Azimuth Rotator fully clockwise (to the right).
- Press [F] → [↵] (F and ENTER) on the computer keyboard to activate the Control Interface's azimuth A-D converter calibration routine. The computer's display should show **+aaaa**, where **aaaa** is a four-digit number which indicates the azimuth heading in degrees.
- Adjust the **OUT VOL ADJ** potentiometer on the "AZIMUTH" (left) side of the Controller rear panel so as to get a reading of "0450" on the computer's display. This reading ("0450: 360 degrees + 90 degrees") corresponds to the actual beam heading you established when you pointed the azimuth rotator fully clockwise.
- Turn off the **GS-232A**'s **POWER** switch to exit the azimuth A-D converter calibration routine, then turn on the **GS-232A**'s **POWER** switch again.

G-5500 AZ-EL ROTATOR

Elevation Offset Null

- From the Controller panel, set the Elevation Rotator to the "left" horizon (down, set to 0°).
- Press [O2] → [↵] (the letter "oh," "2," and "ENTER") on the computer keyboard to activate the elevation calibration routine. The computer will return *AZaaaa = bbbb*, as in the previous procedure, *plus ELcccc = dddd* to the right, where *cccc* and *dddd* are four-digit numbers padded at the left with zeroes.
- Adjust the **EL** trimmer (located on the bottom case of the **GS-232A**), so as to make the numbers *cccc* and *dddd* are the same (again, the actual values are unimportant).
- Turn off the **GS-232A**'s **POWER** switch to exit the elevation calibration routine, then turn on the **GS-232A**'s **POWER** switch again to turn it back on.

Elevation A-D Calibration

- From the Controller panel, set the Elevation Rotator to full scal (180°: "right" horizon).
- Press [F2] → [↵] (F, 2, and ENTER) on the computer keyboard to activate the Control Interface's elevation A-D converter calibration routine. The computer will display *+aaaa+eeee*, where *eeee* is a four-digit number which indicates the elevation heading in degrees. For the purposes of this alignment, you may ignore the (azimuth) *aaaa* numbers.
- Adjust the **OUT VOL ADJ** potentiometer on the "ELEVATION" (right) side of the Controller rear panel so as to get a reading of "0180" on the computer's display. This reading ("180 degrees") corresponds to the actual beam heading you established when you pointed the elevation rotator to the 180° position.
- Turn off the **GS-232A**'s **POWER** switch to exit the elevation A-D converter calibration routine, then turn on the **GS-232A**'s **POWER** switch again to turn it back on.