

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Laurea Triennale In Ingegneria delle Telecomunicazioni

Tesi di Laurea

**Verifica e installazione del sistema di
ricetrasmisione e inseguimento per la
stazione a terra del satellite atmocube**

Laureando:
Shady Kalbouneh

Relatore:
Chiar.mo Prof. Elvio Valentinuzzi
Correlatore:
Igor Coretti

Anno accademico 2008-2009

Introduzione

Giá da alcuni anni, l'Università Degli Studi di Trieste stá sviluppando un nanosatellite (Atmocube), che rappresenta un sistema innovativo di misura per lo studio dell'ambiente spaziale nella vicinanza della terra al di sopra dei 350 km di altezza.

Il progetto Atmocube e' portato avanti dalla cooperazione tra il Dipartimento di Fisica e il DEEI (Dipartimento di Elettronica) dell'Università di Trieste, lo scopo principale di questo progetto é quello di effettuare degli studi sulla Space Weather, infatti i vari strumenti di misura a bordo del satellite consentono di ottenere dati sul campo magnetico terrestre, e sulle radiazioni solari, tali dati vengono associati alle diverse posizioni che il satellite assume durante la sua orbita grazie al GPS presente nel satellite.

Questo progetto ha un forte interesse didattico, infatti l'Università mette a disposizione le proprie infrastrutture per questo progetto, ed offre agli studenti coinvolti la possibilitá di arricchire la loro conoscenza tecnica, e di sviluppare le loro capacità.

In questo elaborato si riporta una descrizione generale della stazione a terra e dei suoi componenti, dopo di ché si passa alla descrizione della stazione a terra per il satellite Atmocube, un approfondimento particolare é rivolto allo studio del sistema di inseguimento del satellite, vengono riportate in dettaglio le operazioni di installazione e configurazione dei rotori d'antenna necessari per l'inseguimento del satellite, le quali sono state l'obiettivo del tirocinio svolto presso l'Osservatorio Astronomico di Basovizza, il quale sará la sede

della stazione a terra per il satellite Atmocube.

Indice

Introduzione	ii
Elenco delle figure	v
Elenco delle tabelle	vii
1 La stazione a terra	1
1.1 Introduzione	1
1.2 Progetto del sistema a terra	2
1.3 Descrizione della stazione a terra	2
1.3.1 Il trasmettitore	4
1.3.2 Il ricevitore	4
1.3.3 Le antenne	6
1.3.4 L'apparecchiatura per il recupero dei dati della missione (Mission data recovery equipment)	7
1.3.5 L'interfaccia per gli utenti dei dati	7
1.3.6 L'apparecchiatura per la telemetria, l'inseguimento e i comandi (The Telemetry, Tracking, and Command (TTC)	7
1.3.7 Il centro di controllo della stazione	7
1.4 Il sistema di inseguimento del satellite (Tracking System)	8
1.5 La stazione a terra per il satellite Atmocube	8
1.6 Struttura della stazione a terra	9
1.6.1 Il ricetrasmittitore	9
1.6.2 Il sistema di antenne	10

1.6.3	L'apparecchiatura per la telemetria, l'inseguimento e i comandi (The Telemetry, Tracking, and Command (TTC)	12
1.6.4	Il sistema di inseguimento del satellite	12
2	installazione e configurazione dei rotori d'antenna per la stazione a terra	15
2.1	Interfacciamento rotori - controller manuale	16
2.1.1	Calibrazione dell'indicatore azimutale	18
2.1.2	Calibrazione dell'indicatore di elevazione	19
2.2	Interfacciamento controller manuale- scheda di interfaccia RCI-SE	20
2.2.1	Connettore J1: collegamento ai rele' azimutali	21
2.2.2	Connettore J2: collegamento ai relé zenitali	23
2.2.3	Connettore J3: Alimentazione	24
2.2.4	Connettore J4: funzionamento dell' ADC	25
2.3	Schema di collegamento RCI-SE - Controller Manuale	25
2.4	Alimentazione della scheda RCI-SE	29
2.5	Calibratura azimutale	31
2.6	Calibratura zenitale	32
2.7	Interfacciamento RCI SE pc	34
	Conclusioni	37
	Appendice: Data Sheet	39
	Ringraziamenti	41

Elenco delle figure

2.1	Rotori e controller manuale del satellite atmocube	16
2.2	Schema di connessione dei cavi	18
2.3	Pannello anteriore del controller manuale	19
2.4	Scheda RCI-SE	22
2.5	Connettore J1 della scheda RCI-SE	23
2.6	Connettore J2 della scheda RCI-SE	24
2.7	Alimentatore	29
2.8	RCI-SE collegata al controller	30
2.9	I potenziometri nella RCI-SE	33

Elenco delle tabelle

1.1	caratteristiche del PRM 430	12
2.1	Associazione numero di pin-colore del filo per il collegamento rotori-controller	17
2.2	Associazione numero di pin-colore del filo per il collegamento controller-scheda RCI-SE	26
2.3	Associazione numero del pin e la sua funzione	27
2.4	Valori di tensione in uscita dal pin 6	27
2.5	Valori di tensione in uscita dal pin 1	28
2.6	Schema di collegamento	28

Capitolo 1

La stazione a terra

1.1 Introduzione

L'assistenza da terra, mediante comunicazioni radio, svolge un ruolo fondamentale nelle missioni di esplorazione spaziali. La Ground Station é la stazione a terra di assistenza radio al satellite. É attraverso la stazione sulla Terra che il satellite riceve ordini ed é attraverso ad essa che il satellite invia i suoi dati.

Piú in generale il sistema a terra, consiste in una o piú stazioni a terra e in centri di controllo, che svolgono la funzione di supportare il segmento spaziale (il satellite e i suoi payloads), e fornire agli utenti della missione i dati generati dagli strumenti a bordo del satellite, piú in dettaglio le funzioni del sistema a terra sono:

1. Garantire uno o piú canali di comunicazione a RF con il satellite.
2. Provvedere al controllo del satellite e del payload, tramite l'emissione di comandi, e la determinazione dei parametri orbitali.
3. Monitorare il satellite e lo stato del suo payload
4. Fornire agli utenti della missione i dati generati dagli strumenti a bordo del satellite

Per essere in grado di supportare il satellite e il suo payload, il sistema a terra deve riuscire a controllarli, monitorare il loro stato, e inseguire il satellite, per determinare la posizione orbitale e determinare l'attitudine del satellite attraverso le informazioni fornite dai sensori.

Il sistema a terra controlla il satellite e le sue strumentazioni di bordo tramite la trasmissione di comandi. Le stazioni a terra acquisiscono i dati della missione dal satellite e dagli strumenti a bordo e li trasferisce agli utenti.

1.2 Progetto del sistema a terra

Il processo della progettazione del sistema a terra può essere riassunto nei seguenti passi:

1. Stabilire il numero e la collocazione delle stazioni a terra
2. Stabilire il data rate nel tratto spazio-terra
3. Determinare i necessari G/T (fattore di merito) e l' EIRP per le antenne (Equivalent Isotropically Radiated Power)
4. Determinare il data handling richiesto
5. Stabilire la collocazione del data handling
6. Decidere la collocazione del SOCC (Spacecraft Operations Control Center), del POCC (Payload Operazioni Control Centers) e del MCC (Mission control Center)
7. Determinare e selezionare i links di comunicazione con il satellite

1.3 Descrizione della stazione a terra

Si definisce Stazione a Terra o Ground Station l'insieme delle apparecchiature sulla superficie terrestre per la comunicazione con il satellite, indipendentemente dal fatto che tali apparecchiature siano fisse o mobili. La funzione essenziale

della stazione a terra é quella di trasmettere e di ricevere comandi dal satellite,in certi casi essa svolge solo la funzione di ricevere dati dal satellite. I vari sottosistemi di cui si compone una generica stazione a terra,capace di trasmettere,ricevere ed inseguire il satellite sono i seguenti:

1. Il trasmettitore

Ci possono essere una o diverse catene di trasmissione,ció dipende dal numero delle distinte frequenze portanti,e dal numero dei satelliti con i quali la stazione a terra deve operare simultaneamente.

2. Il ricevitore

Come nel caso precedente ci possono essere una o piú catene di ricezione ció dipende dal numero delle distinte frequenze portanti,e dal numero dei satelliti con i quali la stazione a terra deve operare simultaneamente.

3. Le antenne

Di solito si usa la stessa antenna sia per la trasmissione che per la ricezione,per premettere che la stessa antenna sia usata sia per la trasmissione che per la ricezione,si usa un commutatore d'antenna.

4. il sistema di inseguimento del satellite (Tracking system)

Questa parte comprende il circuito di controllo necessario per mantenere l'antenna puntata verso il satellite.

5. L'apparecchiatura per il recupero dei dati della missione (Mission data recovery equipment)

6. L'interfaccia per gli utenti dei dati

7. L'apparecchiatura per la telemetria,l'inseguimento e i comandi (The Telemetry,Tracking, and Command (TTC)

8. Il centro di controllo della stazione

Nelle seguenti sezioni, si tratteranno con varie estensioni ciascuno di questi sottosistemi della Stazione a Terra, la conoscenza di ciascun sottosistema é richiesta per specificare il corretto funzionamento della Stazione a Terra.

1.3.1 Il trasmettitore

I sottosistemi di trasmissione variano dal singolo e semplice trasmettitore con una potenza di pochi Watt, a trasmettitori multicanale che utilizzano amplificatori con una potenza in uscita dell'ordine dei kW.

Quando sono richieste diverse catene di trasmissione, si possono usare amplificatori TWT (Travelling Wave Tube) a banda larga, oppure ciascun canale può utilizzare un amplificatore ad alta potenza, tipicamente un klystron.

L'amplificatore a banda larga é quello più comunemente usato, nonostante risenta dei problemi legati alla intermodulazione quando amplificatori non lineari gestiscono più di una portante simultaneamente. Bisogna tener presente che il rapporto tra la potenza della portante e il rumore di intermodulazione, anche non essendo elevato vá tenuto in considerazione nel calcolo del rapporto (C/N) complessivo. Il rumore di intermodulazione viene considerato additivo al rumore termico di canale.

1.3.2 Il ricevitore

Per essere in grado di ricevere un segnale da un satellite, ci sono diverse distinte operazioni che devono essere eseguite.

Per prima cosa il segnale ricevuto deve essere amplificato, dopo di che deve essere riportato a bassa frequenza tale da consentire un'ulteriore amplificazione e demodulazione, il segnale demodulato deve essere presentato all'ingresso dell'apposita apparecchiatura per processare il segnale in banda base. Tale segnale può essere utilizzato dallo stesso terminale di terra, oppure può essere nuovamente convertito per essere trasmesso da qualche altra parte.

Quando parliamo della catena di ricezione, ci riferiamo specificatamente all'amplificatore a basso rumore, ai down-converters e ai demodulatori.

L'operazione di down-conversion può essere realizzata con un solo passo, passando direttamente dalla frequenza della portante in downlink, alla frequenza intermedia del demodulatore, oppure la conversione di frequenza può essere realizzata in più passi.

L'amplificatore a basso rumore è uno degli elementi critici per la determinazione delle prestazioni della stazione a terra. Le prestazioni della stazione a terra sono caratterizzate dalla figura di merito (G/T), che è determinata dal guadagno di antenna, e dalla temperatura di sistema la cui espressione è data da:

$$T_s = T_a + (L - 1)T_0 + LT_R + \frac{L(F - 1)T_0}{G_R}$$

Dove le temperature sono espresse in gradi Kelvin.

Il secondo termine di questa equazione rappresenta l'indizio sul perché di tante decisioni prese per il progetto della stazione a terra. Nonostante la temperatura d'antenna solitamente assume bassi valori, nel caso di tempo nitido, e nonostante l'eccesso di temperatura del ricevitore T_R è anche esso basso, la temperatura di sistema può essere sorprendentemente elevata se ci fosse anche una piccola perdita nella linea di trasmissione tra l'antenna e l'amplificatore a basso rumore. Per esempio il termine $(L - 1)T_0$ per una perdita nella linea di trasmissione di 0.5dB sarebbe di 35 K.

Per questo motivo è necessario per avere una Stazione a Terra di elevate prestazioni che la linea di trasmissione tra antenna e amplificatore a basso rumore sia tanto corta quanto pratica.

L'amplificatore a basso rumore introduce rumore di intermodulazione, per caratterizzare questo rumore si parla di punto di intercetta, il più significativo è il punto di intercetta di terzo ordine. Gli amplificatori a basso rumore come tutti gli amplificatori arrivano ad un punto di saturazione, e introduce i problemi legati alla intermodulazione, è diventato comune specificare questa intermodulazione tramite il punto di intercetta, che rappresenta il punto nel quale, l'estensione della porzione lineare della curva del prodotto di intermodulazione di terzo ordine intercetta l'estensione della porzione lineare della curva della frequenza fondamentale, l'espressione del rapporto tra la potenza

della frequenza fondamentale e la potenza del prodotto di intermodulazione di terzo ordine é data dalla seguente espressione: $\frac{C}{I} = 2(P_x - P_0)$
Dove P_0 é la potenza di saturazione e P_x é la potenza associata al punto di intercetta di terzo ordine, solitamente entrambe le potenze espresse in dBm. Questo risultato dipende dall'assunzione che abbiamo fatto, cioè che la potenza del prodotto di intermodulazione di terzo ordine varia in funzione del cubo della potenza in ingresso.

1.3.3 Le antenne

Le antenne sono dispositivi in grado di convertire il campo elettromagnetico che captano in un segnale elettrico, oppure viceversa di irradiare, sotto forma di campo elettromagnetico, il segnale elettrico con il quale vengono alimentati. Le principali caratteristiche di un antenna sono le seguenti:

1. Guadagno e direttiività
2. Resistenza di radiazione
3. Impedenza caratteristica
4. Efficienza

Il sistema di antenna include l'antenna e il suo supporto, gli azionatori elettromeccanici per il controllo della posizione e del movimento dell'antenna, e ovviamente le linee di trasmissione che trasportano i segnali a RF verso e dall'apparecchiatura a RF.

L'antenna insieme all'apparecchiatura per la RF deve soddisfare il fattore di merito (G/T) richiesto, alla frequenza della portante in down-link. L'antenna inoltre, insieme all'apparecchiatura di trasmissione deve fornire il richiesto EIRP alla frequenza della portante in uplink. Il sistema di antenna deve inoltre fornire i richiesti modi nel pilotare (manovrare) l'antenna, come ad esempio il sistema di controllo computerizzato, e l'inseguimento automatico del satellite. Nel caso dell'in-

seguimento automatico, si usa lo stesso segnale ricevuto dal satellite per pilotare l'antenna tramite l'utilizzo dei rotori d'antenna, si possono utilizzare dei rotori per il controllo della rotazione azimutale, e rotori per il controllo dell'elevazione.

1.3.4 L'apparecchiatura per il recupero dei dati della missione (Mission data recovery equipment)

Dopo la demodulazione del segnale ricevuto, questa parte condiziona i dati della missione prima di presentarli agli utenti della missione e agli altri componenti della stazione a terra, tipicamente ha la propria collocazione all'interno del sistema, ma potrebbe anche essere mischiato con il ricevitore.

1.3.5 L'interfaccia per gli utenti dei dati

Ha la funzione di interfacciare l'apparecchiatura per il recupero dei dati dalla missione con gli utenti.

1.3.6 L'apparecchiatura per la telemetria, l'inseguimento e i comandi (The Telemetry, Tracking, and Command (TTC)

Questa parte condiziona e distribuisce la telemetria ricevuta e i segnali per l'inseguimento del satellite.

1.3.7 Il centro di controllo della stazione

La sua funzione consiste nel controllo della configurazione e delle interconnessioni tra i componenti della stazione a terra, e nel mantenere la stazione a terra configurata per supportare le operazioni della missione.

1.4 Il sistema di inseguimento del satellite (Tracking System)

L'inseguimento dei satelliti, a differenza del semplice fatto di puntare l'antenna su di essi nell'orientazione iniziale o semplicemente cambiare il puntamento da un satellite all'altro, è richiesto quando l'orbita del satellite da inseguire è non geostazionaria, il problema è relativo e dipende dall'orbita che il satellite compie. Possiamo identificare una gerarchia per le categorie di puntamento e di inseguimento:

- (a) L'inseguimento non è necessario ed è richiesta soltanto una sistemazione iniziale
- (b) Il cambio del puntamento dell'antenna è richiesto per cambiare da un satellite all'altro
- (c) L'inseguimento è necessario in base all'orbita del satellite
- (d) Inseguimento automatico
- (e) Inseguimento automatico e continuo

Per l'inseguimento automatico del satellite sarà necessario montare dei rotori dedicati ed interfacciarli con il pc, il quale dopo aver installato un apposito programma per l'inseguimento, provvederà automaticamente all'inseguimento del satellite in base all'orbita prevista.

1.5 La stazione a terra per il satellite Atmocube

Avendo discusso sulla Stazione a Terra in modo generale, passiamo ora alle caratteristiche della stazione a terra per il satellite Atmocube.

La stazione a terra per il satellite Atmocube avrà sede presso l'Osservatorio Astronomico di Basovizza, l'osservatorio é già stato in precedenza sede della stazione a terra della missione Itamsat che ha provveduto nel 1991 al lancio di un satellite amatoriale LEO della tipologia dei Microsat. L'utilizzo dell'Osservatorio Astronomico di Basovizza come stazione a terra per il satellite Atmocube é stato concesso dal responsabile dell'osservatorio il professor Mauro Messerotti. La realizzazione della stazione a terra ha un'importanza pari alla progettazione dello stesso satellite, in quanto per realizzare gli scopi di questa missione é necessario garantire un collegamento affidabile tra Atmocube e la stazione a terra.

La stazione a terra deve essere in grado di:

- (a) rendere disponibili i dati sperimentali
- (b) garantire un canale di comunicazione affidabile con il satellite
- (c) garantire l'inseguimento automatico del satellite

1.6 Struttura della stazione a terra

I blocchi funzionali sono i seguenti:

- (a) Il sistema di antenne
- (b) Il ricetrasmittitore
- (c) Il centro di controllo dei sistemi e la gestione dei dati, che comprende il sistema per l'inseguimento del satellite

Segue una descrizione dei precedenti blocchi

1.6.1 Il ricetrasmittitore

Il ricetrasmittitore della stazione a terra é analogo a quello che verrà impiegato nel satellite, ed é progettato e realizzato interamente dagli

Questa tipologia di antenne, in alluminio, prevede una serie di elementi che fungono da direttori per irradiare il campo nella direzione desiderata, e una serie di riflettori il cui scopo è quello di limitare l'irradiazione nella direzione opposta, le antenne sono alimentate da una linea di trasmissione, nel nostro caso un cavo coassiale. Per utilizzare l'antenna a 430 Mhz sia per la trasmissione che per la ricezione si usa un commutatore d'antenna, e per amplificare il segnale ricevuto si inserirà un amplificatore a basso rumore LNA (Low Noise Amplificator), segue la descrizione del LNA che si utilizzerà, ovviamente ci saranno due preamplificatori, uno per la frequenza 430 Mhz, e l'altro per la frequenza 144 Mhz, segue la descrizione del preamplificatore a 430 Mhz.

Il modello del LNA che si è scelto di utilizzare è PRM430 un preamplificatore a GaAS FET a basso rumore, il PRM è un preamplificatore da palo di ottima qualità; impiega due stadi di amplificazione del segnale: il primo è un dispositivo ad alta sensibilità costruito con la tecnologia GaAS FET che garantisce una bassa cifra di rumore; il secondo stadio oltre che amplificare il segnale protegge il GaAS FET dai picchi di potenza inversa consentendo al PRH 430A di operare con potenze di 200W. I relé coassiali sono di ottima qualità e non introducono attenuazioni apprezzabili.

Installazione ed uso

Il PRM 430 è in contenitore metallico ed elettricamente a massa, è a buona tenuta ed è previsto per l'installazione a palo, per ottenere le migliori prestazioni si installa il PRM 430 il più vicino possibile all'antenna; in quanto il cavo introduce comunque delle attenuazioni, e nel contesto generale le perdite del cavo vengono considerate come cifra di rumore addizionale.

Connessioni

Il connettore OUTPUT-TX vá collegato al cavo proveniente dal

Tabella 1.1: caratteristiche del PRM 430

Frequenza di lavoro	430-440 Mhz
Guadagno	16 db
Cifra di rumore in centro banda	1.5 db
potenza di by-pass	200W
Alimentazione	+13.5V,negativo a massa

trasmettitore,il connettore INPUT-ANT vá collegato al cavo direzione antenna,per l'alimentazione,il positivo vá collegato sul pin POWER,il negativo sullo schermo del cavo,o sú una vite di fissaggio del pannelo. La Tabella1.1 indica le carateristiche del PRM 430

1.6.3 L'apparecchiatura per la telemetria,l'inseguimento e i comandi (The Telemetry,Tracking, and Command (TTC)

Un software adeguato sul computer deve consentire il monitoraggio dello spostamento del satellite e quindi regolare di conseguenza lo spostamento dell'antenna.

1.6.4 Il sistema di inseguimento del satellite

Per monitorare il costante movimento del satellite ché sará mandato in orbita é necessario implementare un tracking automatico delle antenne,attraverso un software opportuno sul server della stazione a terra.

Le antenne si muovono attraverso i rotori,che possono essere controllati sia manualmente tramite un controller manuale, sia tramite pc,nel seguente capitolo verranno descritti i rotori utilizzati e verrà descritta l'operazione di installazione e configurazione dei rotori

per la stazione a terra, e le varie operazioni di interfacciamento necessarie a realizzare il controllo manuale, e il controllo tramite pc, tali operazioni sono state l'oggetto del tirocinio che ho svolto presso l'Osservatorio Astronomico di Basovizza, sotto la supervisione di Igor Coretti.

Capitolo 2

installazione e configurazione dei rotori d'antenna per la stazione a terra

Rotori YEASU G-5500

Il modello dei rotori utilizzati per il controllo del movimento dell'antenna per l'inseguimento del satellite atmocube é *YEASU G-5500*. Questo modello consiste in un rotore azimutale (450°) e uno per l'elevazione (180°). I rotori si possono controllare sia manualmente tramite il controller manuale sia tramite pc, e per entrambe le operazioni bisogna interfacciare i rotori con il controller manuale e con il pc. La Figura2.1 mostra i rotori (azimutale e di elevazione) e il controller manuale.

I due rotori possono essere montati assieme o ognuno indipendentemente dall'altro. L'unità di controllo manuale dispone di due scale di misura, una per l'angolo azimutale e l'altra per l'elevazione, e dispone di interruttori di controllo delle direzioni: azimutale: LEFT, RIGHT (da 0° fino a 450°) e di elevazione: UP, DOWN (da 0° fino a

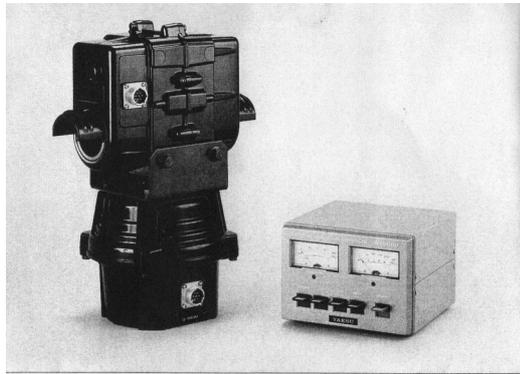


Figura 2.1: Rotori e controller manuale del satellite atmocube

180°). Sul pannello posteriore trova posto un morsetto per il controllo esterno del rotore External Control al fine dell' interfacciamento con il computer per mezzo di convertitori A/D.

Le diverse fasi di interfacciamento dei rotori sono le seguenti :

- i. Interfacciamento rotori - controller manuale
- ii. Interfacciamento controller manuale - scheda di interfaccia RCI-SE
- iii. Interfacciamento RCI-SE -pc

2.1 Interfacciamento rotori - controller manuale

Preparazione del cavo e collegamento rotori-controller

Prima di installare l'antenna e i rotori bisogna verificare le connessioni e testare le operazioni sui rotori. Il cavo di controllo per col-

Tabella 2.1: Associazione numero di pin-colore del filo per il collegamento rotori-controller

PIN	COLORE
1	MARRONE
2	VERDE
3	BIANCO
4	GRIGIO
5	GIALLO
6	ROSA
7	INUTILIZZATO

legare i rotori al controller manuale deve avere 6 fili conduttori, si assembla il cavo utilizzando un connettore a 7 pin.

Per poter identificare i fili da connettere al controller, associamo al numero del pin un determinato colore del filo, la Tabella 2.1 indica le associazioni che abbiamo fatto: numero del pin, colore del filo.

Dunque si collega ciascun filo (il colore di ciascun filo identifica il numero di pin) ai terminali sul retro del pannello del controller, bisogna far attenzione a far coincidere i fili con i terminali giusti, e si inserisce il connettore nel morsetto dei rispettivi rotori come illustrato nella Figura 2.2. Ovviamente bisognerà preparare 2 cavi: uno per collegare il rotore azimutale al controller e il secondo per collegare il rotore di elevazione al controller.

Una volta terminata l'operazione di collegamento dei cavi rotori-controller, e dopo esserci accertati di aver fatto i collegamenti giusti (far combaciare i numeri dei pin con il terminale giusto), si può procedere alla verifica del funzionamento dei rotori tramite il controller manuale, a questo punto alimentiamo il controller e verifichiamo il suo funzionamento; il rotore azimutale deve essere in grado di

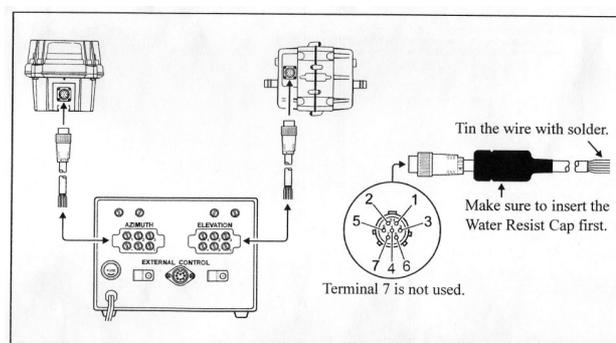


Figura 2.2: Schema di connessione dei cavi

ruotare in senso orario e antiorario agendo sui rispettivi comandi manuali, la stessa cosa vale per il rotore di elevazione, deve essere in grado di ruotare verso l'alto e verso il basso agendo sui rispettivi comandi manuali, avendo fatto i giusti collegamenti cioè si verifica. La Figura 2.3 riporta il pannello anteriore del controller manuale dei rotori, e gli interruttori per il controllo del rotore azimutale (RIGHT, LEFT) e per il controllo del rotore di elevazione (UP, DOWN).

2.1.1 Calibrazione dell'indicatore azimutale

Per la giusta calibrazione dell'indicatore azimutale presente sul pannello anteriore del controller si effettuano le seguenti operazioni:

Si preme l'interruttore di rotazione antioraria LEFT, e lo si tiene premuto finché il rotore azimutale non raggiunge il suo limite di rotazione antiorario. A questo punto prendiamo nota dell'effettiva posizione del rotore, eventualmente facendo un piccolo segno, dopo di che si tiene premuto l'interruttore di rotazione oraria RIGHT fino a che il rotore azimutale non compie un'intera rotazione, e punti esattamente sullo stesso punto segnato in precedenza. A questo punto l'indicatore azimutale



Figura 2.3: Pannello anteriore del controller manuale

dovrebbe puntare precisamente al valore 360° della scala. Se ciò non fosse si agisce sul potenziometro FULL SCALE ADJ situato sull'angolo superiore del pannello posteriore, si agisce con un cacciavite finché l'indicatore non indichi esattamente l'angolo 360° , a questo punto si preme l'interruttore di rotazione oraria RIGHT e lo si tiene premuto finché il rotore non raggiunge il suo limite di rotazione. A questo punto l'indicatore dovrebbe puntare esattamente al valore 90° che è l'estremità della scala.

2.1.2 Calibrazione dell'indicatore di elevazione

Per la giusta calibrazione dell'indicatore di elevazione si effettuano le seguenti operazioni:

Si preme l'interruttore di rotazione verso l'alto (UP) finché il rotore di elevazione non giunge al suo limite di rotazione.

A quel punto la scala dovrebbe indicare l'angolo massimo, cioè 180°, se non fosse così si agisce sul potenziometro FULL SCALE ADJ situato sull'angolo superiore del pannello posteriore del controller, sopra i terminali per l'elevazione, quindi si agisce con un cacciavite sul potenziometro, finché l'indicatore non indica esattamente l'angolo 180° cioè la massima elevazione.

A questo punto l'operazione di interfacciamento ROTORI-CONTROLLER MANUALE è conclusa.

2.2 Interfacciamento controller manuale- scheda di interfaccia RCI-SE

La scheda di interfaccia utilizzata è la Rotor Control Interface Second Edition RCI-SE con un convertitore analogico-digitale (A/D) a 10 bit, la sua funzione consiste nella possibilità del controllo dei rotori tramite pc.

La scheda può essere connessa ad una qualsiasi porta parallela (LPT) disponibile.

Il circuito RCI-SE è progettato per adempiere i due seguenti compiti:

- i. Leggere la posizione dell'antenna per mezzo del convertitore A/D.
- ii. Pilotare la rotazione e l'elevazione tramite l'utilizzo dei relé.

Sulla scheda sono presenti i seguenti connettori:

- i. J1 : La rotazione azimutale dell'antenna è controllata per mezzo di questo connettore collegato a tre relé.
- ii. J2 : Simile a J1, utilizza due relé per controllare l'elevazione; uno per la rotazione verso l'alto e l'altro relé per la rotazione verso il basso.

2.2 Interfacciamento controller manuale- scheda di interfaccia RCI-SE

- iii. J3 : Alimentazione; richiede una tensione continua di 12-14V DC;
- iv. J4 : Ingresso del convertitore A/D, utilizzato per rilevare la posizione dell'antenna: questo connettore deve essere collegato in parallelo al potenziometro del rotore.
- v. DB-25 : Connettore DB-25 femmina da collegare alla porta parallela del computer.

Nella Figura2.4 sono indicate le posizioni dei vari connettori:

2.2.1 Connettore J1: collegamento ai rele' azimutali

Come abbiamo detto questo connettore controlla la rotazione azimutale dell'antenna,J1 é collegato a tre relé uno per il controllo della rotazione oraria(RIGHT) l'altro per la rotazione antioraria (LEFT) e il terzo rele' (AUX) é in grado di pilotare il freno o il controllo di velocità del rotore(questa opzione non é prevista per i nostri rotori).

Il relé utilizzato é del tipo a 2 posizioni e controlla 2 circuiti separati: ogni ingresso supporta una corrente di 5A ed una tensione di 220V.

I circuiti principali sono già connessi al connettore J1,la Figura2.5 mostra lo schema del connettore J1:

Il connettore J1 ha 9 terminali,3 terminali per ogni relé, i terminali verranno indicati come segue:

J1-1,J1-2,J1-3,J1-4,J1-5,J1-6,J1-7,J1-8,J1-9.

A tensione nulla,J1-2 e' collegato a J1-1: quando il relé é attivo,J1-2 é connesso a J1-3.

A tensione nulla,J1-5 e' collegato a J1-4: quando il relé é attivo,J1-5 é connesso a J1-6.

A tensione nulla,J1-8 e' collegato a J1-7: quando il relé é attivo,J1-

2. installazione e configurazione dei rotori d'antenna per la stazione a terra

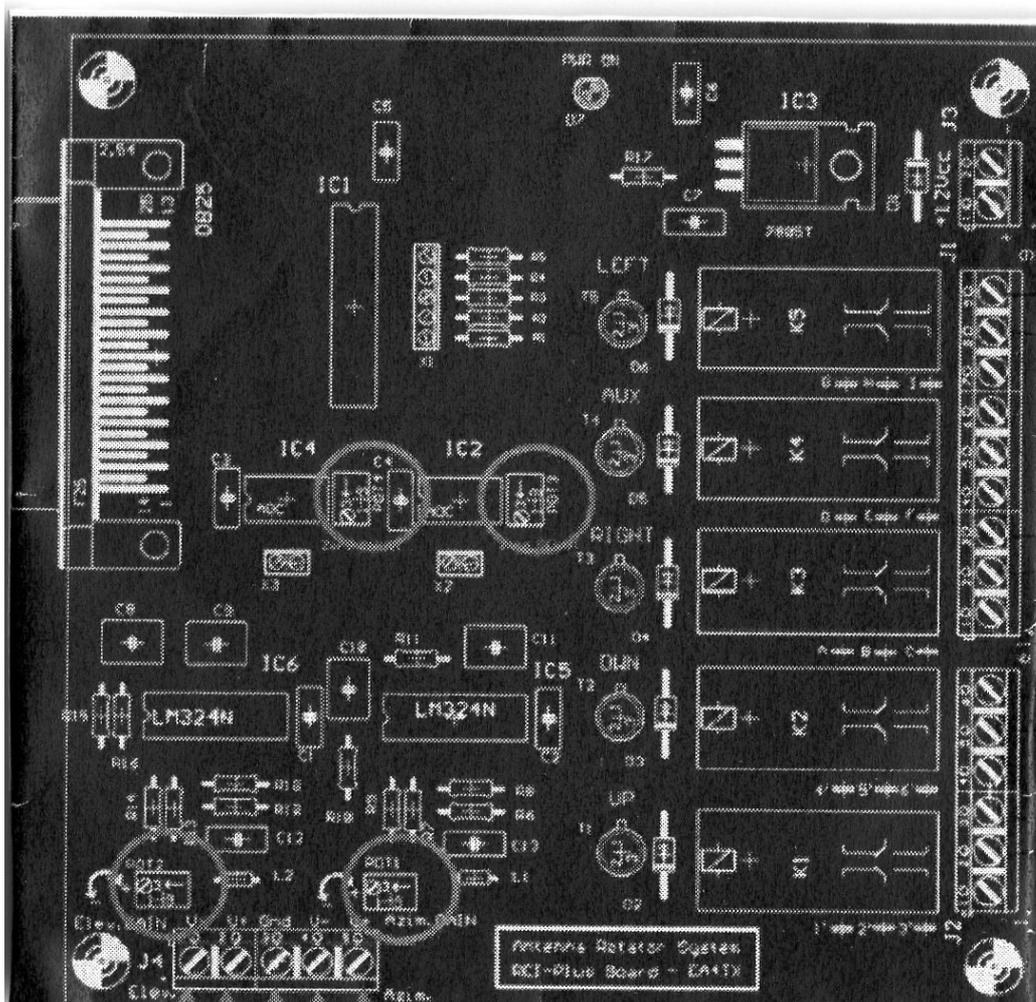


Figura 2.4: Scheda RCI-SE

2.2 Interfacciamento controller manuale- scheda di interfaccia RCI-SE

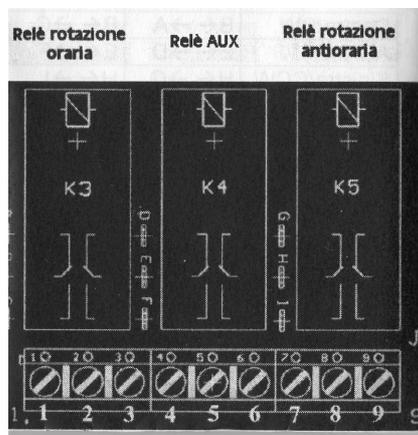


Figura 2.5: Connettore J1 della scheda RCI-SE

8 é connesso a J1-9.

Per la rotazione a destra deve essere J1-2 connesso a J1-3, cioè quando il relé viene 'attivato' passa dalla dalla situazione : normalmente chiuso: J1-2 collegato a J1-1 alla situazione normalmente aperto J1-2 connesso a J1-3 e avviane la rotazione oraria RIGHT.

Per la rotazione a sinistra deve essere J1-8 connesso a J1-9, cioè quando il relé viene 'attivato' passa dalla dalla situazione : normalmente chiuso: J1-8 collegato a J1-7 alla situazione normalmente aperto J1-8 connesso a J1-9 e avviane la rotazione antioraria LEFT.

2.2.2 Connettore J2: collegamento ai relé zenitali

Assieme ai 3 relé per la rotazione azimutale,la scheda RCI-SE ne fornisce ulteriori 2 per l'elevazione.

Per la rotazione verso l'alto deve essere J2-2 connesso a J2-3, cioè

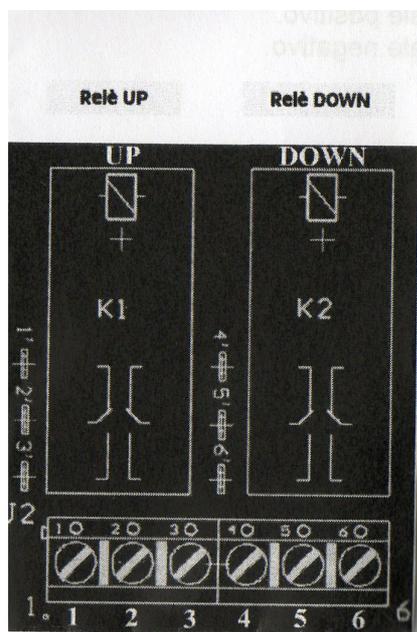


Figura 2.6: Connettore J2 della scheda RCI-SE

quando il relé viene 'attivato' passa dalla situazione normalmente chiuso: J2-2 collegato a J2-1, alla situazione normalmente aperto J2-2 connesso a J2-3 e avvia la rotazione verso l'alto UP. Per la rotazione verso il basso DOWN deve essere J2-5 e' connesso a J2-6, cioè quando il relé viene 'attivato' passa dalla situazione normalmente chiuso: J2-5 collegato a J2-4 alla situazione normalmente aperto J2-5 connesso a J2-6 e avvia la rotazione verso il basso DOWN.

La Figura 2.6 rappresenta lo schema del connettore J2:

2.2.3 Connettore J3: Alimentazione

La scheda RCI-SE deve essere alimentata da una tensione continua compresa tra i 12 ed i 14 volt.

Bisogna fare attenzione alla polarità:

J3-1 é il terminale positivo.

J3-2 é il terminale negativo.

2.2.4 Connettore J4: funzionamento dell' ADC

Per mezzo del convertitore Analogico-Digitale(ADC),il computer é in grado di rilevare la posizione dell'antenna: perché ciò sia possibile ,é necessario collegare i terminali del potenziometro (azimutale e zenitale) del rotore,rappresentati dai pin 1 e 6 del morsetto per il controllo esterno 'EXTERNAL CONTROL' situato sul pannello posteriore del controller manuale al connettore J4 della RCI-SE.

2.3 Schema di collegamento RCI-SE - Controller Manuale

Preparazione del cavo per il collegamento RCI-SE - Controller Manuale

Per il collegamento abbiamo bisogno di un cavo che contiene 8 fili;saldiamo i fili conduttori su di un connettore a 8 pin,l'associazione: Numero di pin/Colore del filo é mostrata nella Tabella2.2

Dopo la preparazione del cavo per il collegamento, inseriamo il connettore ad 8 pin nel morsetto (EXTERNAL CONTROL) presente sul pannello posteriore del controller manuale.

L'associazione tra il numero del pin e la sua funzione é riportata nella Tabella2.3.

Per essere sicuri dei valori di tensione in uscita dai pin 6 e 1 che andranno collegati al connettore J4,per la lettura della posizione

Tabella 2.2: Associazione numero di pin-colore del filo per il collegamento controller-scheda RCI-SE

PIN	COLORE
1	ROSSO
2	GIALLO
3	MARRONE
4	VERDE
5	VIOLA
6	ROSA
7	NUTILIZZATO
8	GRIGIO

dei rotori dopo la conversione A/D, misuriamo con l'ausilio di un voltmetro il valore di tensione in uscita da questi pin al variare della posizione dei rotori.

All'interno del rotore trova posto un potenziometro collegato al mast. Il voltaggio varia durante la rotazione dell'antenna e, come conseguenza, sarà possibile rilevare delle tensioni opposte ai due limiti estremi (con dei valori intermedi durante la rotazione): normalmente, sul limite orario CW sarà massima.

Questo valore di tensione è diverso per ogni modello di rotore, per essere sicuri del livello di tensione in uscita dai pin 1 e 6 del morsetto 'EXTERNAL CONTROL' situato sul pannello posteriore del controller, effettuiamo la misura della tensione in uscita dal pin 6, e la tensione in uscita dal pin 1 con l'ausilio di un voltmetro.

Si riportano i valori di tensione in uscita dal pin 1 e dal pin 6, ricordando che il livello di tensione in uscita dal pin 1 varia con la variazione dell'angolo di elevazione, e il livello di tensione in uscita dal pin 6 varia con la variazione dell'angolo di rotazione azimutale.

I valori di tensione misurati in uscita dal pin 6, al variare

Tabella 2.3: Associazione numero del pin e la sua funzione

PIN	FUNZIONE DEL PIN
6	fornisce una tensione in uscita che varia da 0- 5 VDC che corrisponde agli angoli da 0° - 450°
1	fornisce una tensione in uscita che fino a 0- 5 VDC che corrisponde agli angoli da 0° - 180°
4	per la rotazione antioraria quando collegato a massa
2	per la rotazione oraria quando collegato a massa
5	per la rotazione verso basso quando collegato a massa
3	per la rotazione verso lalto quando collegato a massa
7	fornisce DC13V
8	massa comune

dell'angolo di rotazione azimutale sono riportati nella Tabella2.4

Mentre i valori di tensione misurati in uscita dal pin 1,al variare dell'angolo di elevazione sono riportati nella Tabella2.5

Come possiamo notare la tensione in uscita varia in modo approssimativamente lineare in funzione dell'angolo di

Tabella 2.4: Valori di tensione in uscita dal pin 6

ANGOLO	TENSIONE
450°	4.84 V
360°	3.84 V
270°	2.98 V
180°	2.00 V
90°	1.02 V
45°	0.45 V
0°	0.03 V

Tabella 2.5: Valori di tensione in uscita dal pin 1

ANGOLO	TENSIONE
180°	5.08 V
135°	3.92 V
90°	2.67 V
45°	1.32 V
22.5°	0.68 V
0°	0.2 V

Tabella 2.6: Schema di collegamento

COLORE DEL FILO	TERMINALE DEI CONNETTORI DI RCI-SE
ROSSO	J4-2
GIALLO	J1-3
MARRONE	J2-3
VERDE	J1-9
VIOLA	J2-6
ROSA	J4-5
INUTILIZZATO	
GRIGIO	(J4-1,J4-3,J4-4) (J1-2,J1-8,J2-2,J2-5)

rotazione. Dopo di questo si collegano i fili conduttori del cavo; ricordando l'associazione : NUMERO DEL PIN/COLORE DEL FILO , ai terminali dei vari connettori della scheda RCI-SE (J1-1,J1-2,J1-3,J1-4,J1-5,J1-6,J1-7,J1-8,J1-9),(J2-1,J2-2,J2-3,J2-4,J2-5,J2-6),(J4-1,J4-2,J4-3,J4-4) secondo lo schema di collegamento illustrato nella Tabella 2.6



Figura 2.7: Alimentatore

2.4 Alimentazione della scheda RCI-SE

Come abbiamo detto in precedenza la scheda deve essere alimentata da una tensione continua compresa tra i 12-14 V, la scheda va' alimentata tramite il connettore J3, dove J3-1 e' il terminale positivo e J3-2 e' il terminale negativo.

Come alimentatore abbiamo usato un alimentatore KENWOOD con tensione in uscita di 13.8 V e una corrente di 16 A (questo alimentatore era utilizzato per alimentare la radio KENWOOD utilizzata in precedenza nell' Osservatorio Astronomico di Trieste). Per prevenire danneggiamenti alla scheda abbiamo utilizzato un fusibile di 700 mA, riporto in Figura 2.7 una foto dell'alimentatore KENWOOD utilizzato per l'alimentazione.

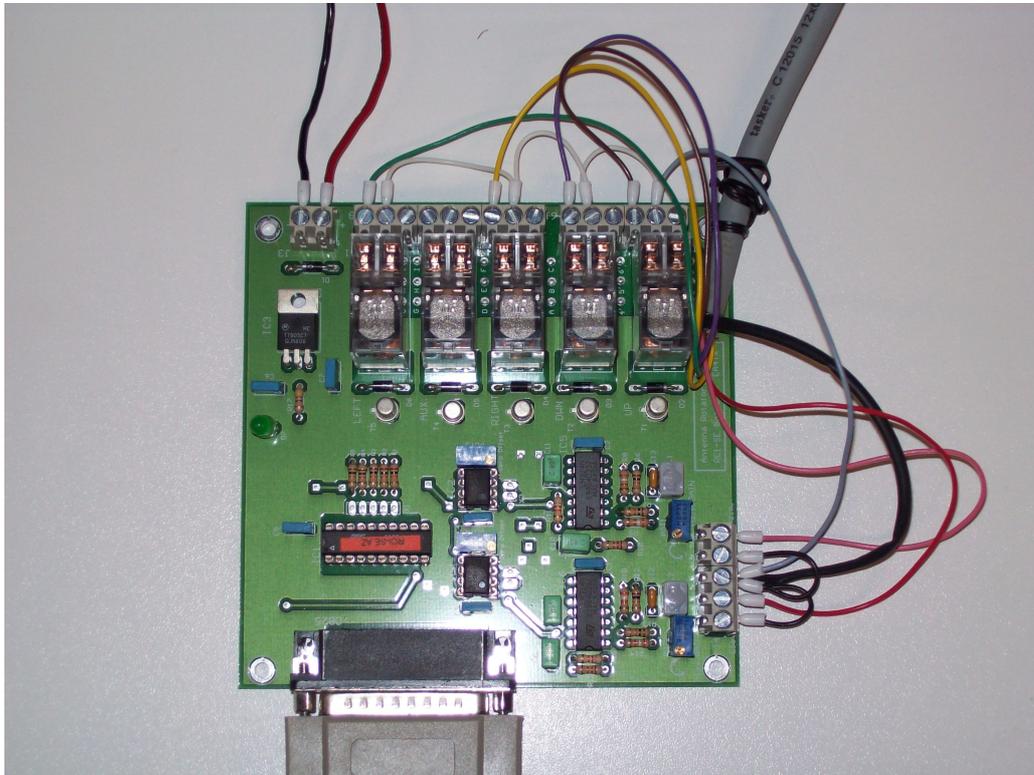


Figura 2.8: RCI-SE collegata al controller

La Figura 2.8 rappresenta la scheda di interfaccia RCI-SE con tutti i collegamenti ai terminali dei connettori J1, J2, J3, J4 secondo lo schema precedente, rispettando le varie associazioni: colore del filo (numero di pin) - terminali dei vari connettori.

Come possiamo notare anche dalla figura precedente, abbiamo scelto di collegare a ponte le varie masse della scheda RCI-SE; le masse sono i terminali J1-2, J1-8, J2-2, J2-5, J4-1, J4-3, J4-4.

Utilizzando come massa di riferimento la massa del controller manuale (pin 8)

Il convertitore A/D ha una risoluzione di 10 bit, e di conseguenza, ha la possibilità di rilevare 1024 stati binari digitali diversi; per

quanto riguarda il rotore azimutale, supponendo una rotazione di 450° , otterremo una risoluzione di 0.439° (variazione minima).

Per il rotore di elevazione, supponendo una rotazione di 180° , otterremo una risoluzione di 0.176° (variazione minima).

Poiche' sul convertitore A/D e' possibile applicare un massimo di 5V (per ottenere il livello digitale ottimale in uscita),sara' necessario,secondo i vari casi,amplificare o attenuare la tensione all'ingresso del connettore J4.

Sulla scheda RCI-SE sono presenti due potenziometri per ogni ingresso,in grado di eseguire le seguenti regolazioni:

i. Ingresso azimutale (rotazione):

POT1: regola il guadagno/attenuazione da 3 a 24 V.

POT3 regola il limite antiorario (CCW : 0V).

ii. Ingresso zenitale (elevazione):

POT2: regola il guadagno/attenuazione da 3 a 24V.

POT4: regola il limite inferiore (orrizzonte : 0 V).

2.5 Calibratura azimutale

Per la calibratura azimutale portiamo il rotore azimutale all'estremo limite destro (rotazione oraria).Misuriamo la tensione presente sul punto X2 (collegato all'ingresso analogico del convertitore : IC2 PIN 2.) A questo punto la tensione e' massima,dato che il rotore azimutale ha raggiunto il suo limite massimo di rotazione,questo valore massimo dovrebbe essere 5V (per ottenere il livello digitale

ottimale in uscita).

Il valore misurato in questo punto (con l'ausilio di un voltmetro) risulta di poco superiore ai 5 V, perciò agisco tramite un cacciavite sul Pot1, ruotandolo in senso orario per attenuare leggermente il segnale d'ingresso e ottenere un valore d'ingresso di 5V.

*Regolazione della tensione continua per il limite
antiorario(sinistro):*

Normalmente, quando il rotore è posto sull'limite inferiore, il voltaggio all'anagrosso del convertitore A/D è nullo(0V) ma alcuni modelli forniscono un valore di poco superiore, ad esempio il valore di tensione all'ingresso del convertitore A/D IC2 misurato con l'ausilio di un voltmetro quando il rotore azimutale è posto sul suo limite inferiore risulta di poco superiore allo 0, circa 0.2V, quindi agisco con il cacciavite sul pot3, finché il voltmetro non mi segnala tensione nulla.

2.6 Calibratura zenitale

Per la calibratura zenitale porto il rotore zenitale all'limite superiore (elevazione), misuro la tensione presente sul punto X3 (ingresso del convertitore IC4), il valore di tensione misurato con un voltmetro in tale punto risulta di poco superiore ai 5V (5.20 V), quindi agisco sul Pot2 con un cacciavite e lo ruoto in senso orario fino ad ottenere all'ingresso del convertitore il valore 5V.

*Regolazione della tensione continua per il limite
antiorario(sinistro):*

Come per il caso precedente portiamo il rotore di elevazione al suo limite inferiore e misuriamo il valore di tensione all'ingresso del convertitore A/D IC4, esso risulta di poco superiore al valore

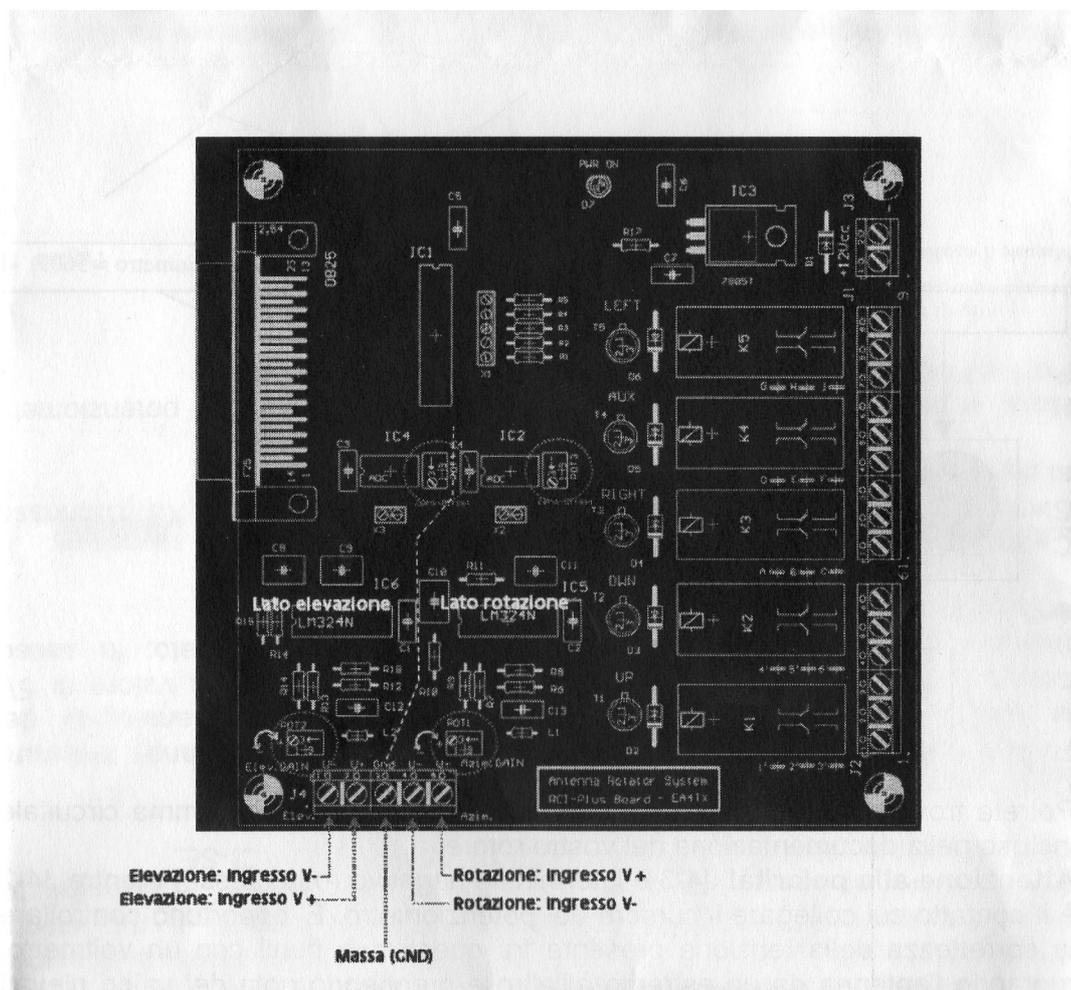


Figura 2.9: I potenziometri nella RCI-SE

nullo; circa 0.3V,perciò agisco con un cacciavite sul pot4 per portare questo valore a 0V.

Nella Figura2.9 si puo' notare la posizione dei vari potenziometri.

Verifica del funzionamento della scheda RCI SE

Per verificare il funzionamento della scheda,e per accertarci che tutti i collegamenti fatti siano giusti,alimentiamo la scheda,a questo punto:

- i. Per la rotazione oraria RIGHT, sarà sufficiente cortocircuitare il terminale J1-2 al terminale J1-3, facendo questa operazione il rotore azimutale ruota in senso orario, perciò i collegamenti per la rotazione oraria sono giusti.
- ii. Per la rotazione antioraria LEFT, sarà sufficiente cortocircuitare il terminale J1-8 al terminale J1-9, facendo questa operazione il rotore azimutale ruota in senso antiorario, perciò i collegamenti per la rotazione antioraria sono giusti.
- iii. Per la rotazione verso l'alto UP, sarà sufficiente cortocircuitare il terminale J2-2 al terminale J2-3, facendo questa operazione il rotore di elevazione ruota verso l'alto, perciò i collegamenti per la rotazione verso l'alto sono giusti.
- iv. Per la rotazione verso il basso DOWN, sarà sufficiente cortocircuitare il terminale J2-5 al terminale J2-6, facendo questa operazione il rotore azimutale ruota verso il basso, perciò i collegamenti per la rotazione verso il basso sono giusti.

*A questo punto, la seconda fase di interfacciamento :
(controller-scheda RCI-SE) é completata.*

2.7 Interfacciamento RCI SE pc

Per interfacciare la RCI SE con il pc, per prima cosa si installa sul pc il programma ARS WIN (Antenna Rotator System for Windows), tale programma si trova sul cd che viene allegato con la RCI SE, tale programma consente il controllo dei rotori da pc, come consente la lettura della posizione dell'antenna (angolo di elevazione e angolo di rotazione).

Dopo aver installato sul pc questo programma, si collega tramite cavo DB-25 maschio-maschio la porta parallela del pc al connettore DB-25 presente sulla RCI SE. Tramite ARS WIN si possono effettuare ulteriori calibrature, per consentire una lettura piú precisa della posizione dell'antenna.

Tramite gli appositi comandi sul pc, si é in grado di controllare il movimento dei rotori nelle varie direzioni.

Per il tracking automatico, si installa uno dei tanti software disponibili in rete, come ad esempio gpredict, il quale é un'applicazione per l'inseguimento del satellite, che oltre ad eseguire il tracking del satellite é in grado di predire il tempo esatto dei futuri passaggi del satellite, ed é in grado di fornire le informazioni dettagliate di ogni passaggio del satellite.

Conclusioni

L'installazione e la configurazione dei rotori d'antenna per la stazione a terra ,che comprende le varie operazioni di interfacciamento necessarie per garantire il controllo automatico del movimento delle antenne tramite i rotori ,per l'inseguimento del satellite AtmoCube,che é stato oggetto del mio tirocinio svolto presso l'Osservatorio Astronomico di Basovizza,pur non essendo un operazione che richiede un particolare impegno,é sempre uno dei sottosistemi necessari per il conseguimento della missione.

Per la completa descrizione del sistema di inseguimento del satellite,bisogna ancora specificare il software che verrà utilizzato per il tracking del satellite, due tra i possibili software sono: gpredict, e Ham Radio Deluxe,entrambi scaricabili gratuitamente.

Bibliografia

- [1] Wilbur L. Prithcard, Henri G. Suyderhoud, Robert A. Satellite Communication Systems Engineering , second edition
- [2] James R. Wertz, Wiley J. Larson. Space Mission Analysis and Design , third edition
- [3] J.G. Proakis M. Salehi. Communication System Engineering. Prentice-Hall.
- [4] Alessandro Cuttin. Progetto di sistema del satellite AtmoCube architettura di comunicazione e architettura di sistema. Corso di laurea triennale in ingegneria delle telecomunicazioni, A.A. 2005/2006
- [5] Veronica Baldini. studio della stazione a terra per il satellite AtmoCube. Corso di laurea triennale in ingegneria della telecomunicazioni. A.A. 2006/2007.

Ringraziamenti

Ringrazio di cuore i miei genitori e la mia famiglia, che pur essendo lontani, mi hanno dato e mi daranno sempre la forza e il coraggio di andare avanti, e in cui trovo sempre il sostegno nei momenti difficili, ringrazio di cuore i miei zii che mi hanno affettuosamente ospitato come un membro della loro famiglia, per il periodo degli studi universitari, e che mi sono sempre stati vicini, anche nei momenti difficili, ringrazio i miei nonni per l'affetto che mi danno e che continueranno a dare. Un enorme grazie ai miei cari amici, che passo per passo mi hanno accompagnato in questa laurea triennale, e che mi hanno regalato tantissimi bei momenti indimenticabili, e che quando ne avevo bisogno non hanno mai esitato ad aiutarmi e a darmi il loro supporto e sostegno per continuare ed andare avanti. Ringrazio il professor Elvio Valentinuzzi per la sua disponibilità, e Igor Coretti che durante il periodo di tirocinio mi ha insegnato molte cose, e mi ha aiutato nei lavori che dovevo svolgere.

