



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	330
Publication Year	2025
Acceptance in OA@INAF	2025-01-22T11:15:52Z
Title	La Stanza Ricevitore del Radiotelescopio Croce del Nord: passato, presente e futuro
Authors	BORTOLOTTI, Claudio, ROMA, Mauro, MONTEBUGNOLI, STELIO
Affiliation of first author	IRA Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/35705 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/330

Titolo

La Stanza Ricevitore del Radiotelescopio Croce del Nord : passato, presente e futuro

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

* Istituto di Radioastronomia - Bologna

Indice:

La Stanza Ricevitore del Radiotelescopio Croce del Nord	pagina 4
Blocchi e Dispositivi principali	7
• <i>Quadro elettrico [Rack 20]</i>	7
• <i>“Fossa dei Serpenti”</i>	8
• <i>Ritardi Fissi IF EW e NS [Rack 2-3 e 9-10]</i>	9
• <i>Controllo Sfasatori a Kerosene - antenne NS [Rack L]</i>	11
• <i>Compensazione Ritardi Variabili Ch NS [Rack 4, 5, 6, 7 e 8]</i>	12
• <i>Oscillatore Locale [Rack 1]</i>	15
• <i>Catene IF 30 MHz Ch EW e NS [Rack 12 e 13 e Rack 16 e 17]</i>	16
• <i>Rivelatori Ch EW e NS [Rack 21,27 e 28]</i>	17
• <i>Banco Prove A - B - C - D - E [Rack B, C, D e 19]</i>	18
• <i>Formazione Fasci fissi EW [Rack 21]</i>	21
• <i>Formazione Fasci fissi NS [Rack 27 e 28]</i>	22
• <i>Rivelatori Fasci EW e NS [Rack 29]</i>	23
• <i>Integratori e Registratori a carta [Rack 23, 24, 25 e 26]</i>	24
• <i>Marche di Calibrazione Noise e +1dB [Rack 14 e 15]</i>	26
• <i>Amplificatori e Divisori di Potenza Ch e Fasci Croce [Rack 32]</i>	28
• <i>Correlatori ed Integratori Interferometri Croce [Rack 34 e 35]</i>	29
• <i>Inseguitori di Frangia EW [Rack 30 e 31]</i>	30
• <i>Generatore +/-50V per Riferimento Alimentatori [Rack 22]</i>	31
• <i>Dispositivo per Controllo tensioni Alimentatori [Rack A]</i>	32
• <i>Conversione A/D, Acquisizione e Registrazione dati [Rack M e N]</i>	33
• <i>PC Calibrazione, Schedulazione ed Acquisizione dati Croce [T2]</i>	34
• <i>PC Puntamento Antenne EW e NS, impostazione Sfasatori a Kerosene, Ritardi Variabili e sfasatori IF NS [T2]</i>	36
• <i>Distribuzione Tempo & Frequenza ed orologi UT e Sid. [Rack I]</i>	37
• <i>Sezione SETI [Rack 36, 37 e T3]</i>	38
• <i>Sistema Pulsar [Rack F, G, H, T1 e 18]</i>	39
• <i>Acquisizione e visualizzazione parametri Meteo [Rack I ed L]</i>	41
• <i>Nuovo Fascio Analogico NS Best IN [Rack E ed F modificato]</i>	42
Rimodulazione spazi per dispositivi Birales, FRB e test SKA	43
Predisposizione Stanza Ricevitore per il futuro Data Center FRB/Birales	45
Riferimenti di alcune campagne osservative realizzate con la Croce	47
Ringraziamenti	48

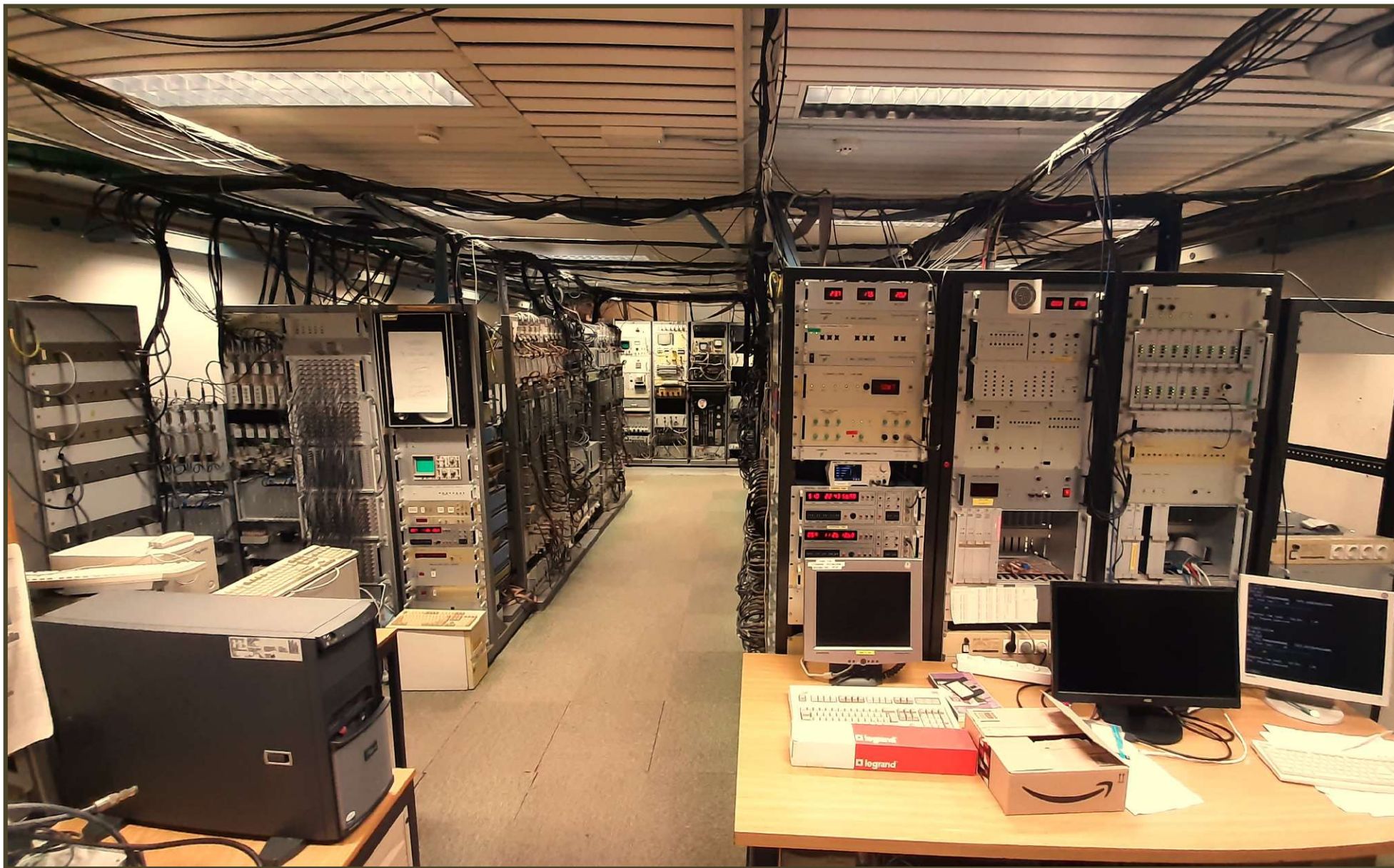
La Stanza Ricevitore del Radiotelescopio Croce del Nord

Il Radiotelescopio Croce del Nord fu costruito agli inizi degli anni 60 espressamente per effettuare una survey a 408MHz, emissione di sincrotrone, di tutto il cielo nord. Furono eseguite le survey B1, B2 e B3, fino all'ultima fascia di cielo con Dec. da 48° a 58°, realizzata all'inizio degli anni 90 con la nuova acquisizione dati. Fu anche implementato un programma osservativo a lungo termine per lo studio della variabilità di un nutrito set di radiogalassie, che si protrasse dall'inizio degli anni 70 fino alla fine dello stesso decennio. Dalla fine degli anni 80 a fine anni 90 fu eseguito il programma di survey per la catalogazione delle pulsar ultraveloci (millisecondo). Dall'inizio del 2000 fino al 2012 si usò parte del ramo NS per lo sviluppo di un banco di prova per le tecnologie che avrebbero permesso la verifica dei concetti che stavano alla base del nuovo radiotelescopio internazionale SKA (Square Kilometre Array). Questo portò alla realizzazione di un nuovo sistema ricevente su 8 cilindri NS, denominato BEST 2 (Basic Element for SKA Training). Dalla metà del decennio 2000 fino ad oggi, si è sfruttato il BEST 2 per trasformare parte della Croce nel Terminale Ricevente del Radar bistatico BIRALES (BIstatic RAdar for LEO Survey), nell'ambito del programma di monitoraggio dei detriti spaziali SST (Space Surveillance and Tracking).

Nella Stanza Ricevitore è contenuto l'insieme dei dispositivi IF (media frequenza) per l'equalizzazione ritardi, sfasamenti, amplificazione, calibrazione dei canali, oltre alla formazione fasci, distribuzione, correlazione, rivelazione ed acquisizione dati.

Nella versione iniziale di questo locale furono ricevute le prime radiosorgenti, verso la metà degli anni 60. I primi test osservativi furono realizzati mediante segnali tracciati su Registratore a Carta e successivamente con l'ausilio di un sistema Digitale di acquisizione dati su nastro magnetico, che nel tempo ha subito diversi upgrading.

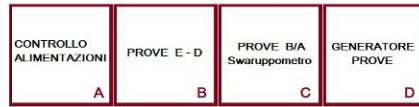
Si riportano di seguito un'immagine (vista da est) ed una planimetria (non in scala) con la disposizione della Stanza Ricevitori come si è evoluta nel tempo, fino agli anni 2000, dove viene riportata anche la funzione principale di ciascuna colonna Rack-19" e dei dispositivi in essa alloggiati.



Stanza Ricevitore vista dall'ingresso lato Est



STANZA RICEVITORI CROCE DEL NORD



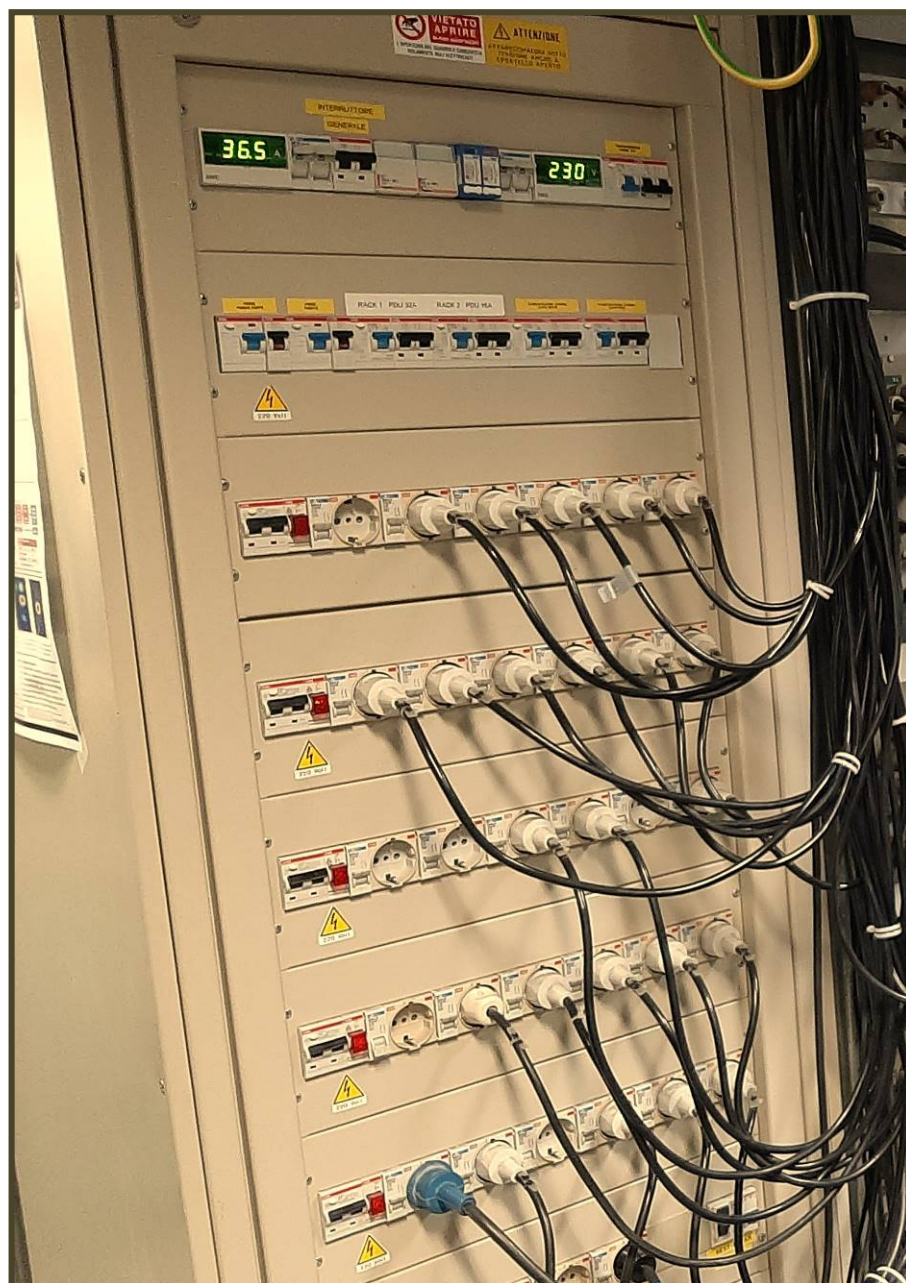
Blocchi e Dispositivi principali

Segue qui una breve descrizione dei principali Blocchi funzionali della Stanza Ricevitore Croce, con riferimento alla precedente planimetria:

- **Quadro elettrico [Rack 20]**

L'impianto elettrico 230 Vac della Stanza Ricevitori è alimentato da un Gruppo di Continuità monofase da 20 KVA, che permette di sopperire alle brevi mancanze di rete elettrica in attesa dell'avvio del Gruppo Elettrogeno.

In questo quadro l'alimentazione della stanza ricevitore viene frazionata in un idoneo numero di linee, ciascuna protetta da dispositivi di protezione MTD (Magneto-Termico Differenziale), per una migliore distribuzione dei carichi e per ovvie ragioni di sicurezza.



Il Quadro Elettrico con protezioni MTD – Rack 20

- ***“Fossa dei Serpenti”***

Da questo “pozzo” fuoriescono i cavi coassiali interrati che connettono le Cabine EW e NS alla Stanza Ricevitore (compresi quelli previsti per il raddoppio del Ramo NS ‘??’). Si tratta di cavi coassiali Pirelli 6,46/23,7 in Arcotene (tipo sottomarino), così ripartiti:

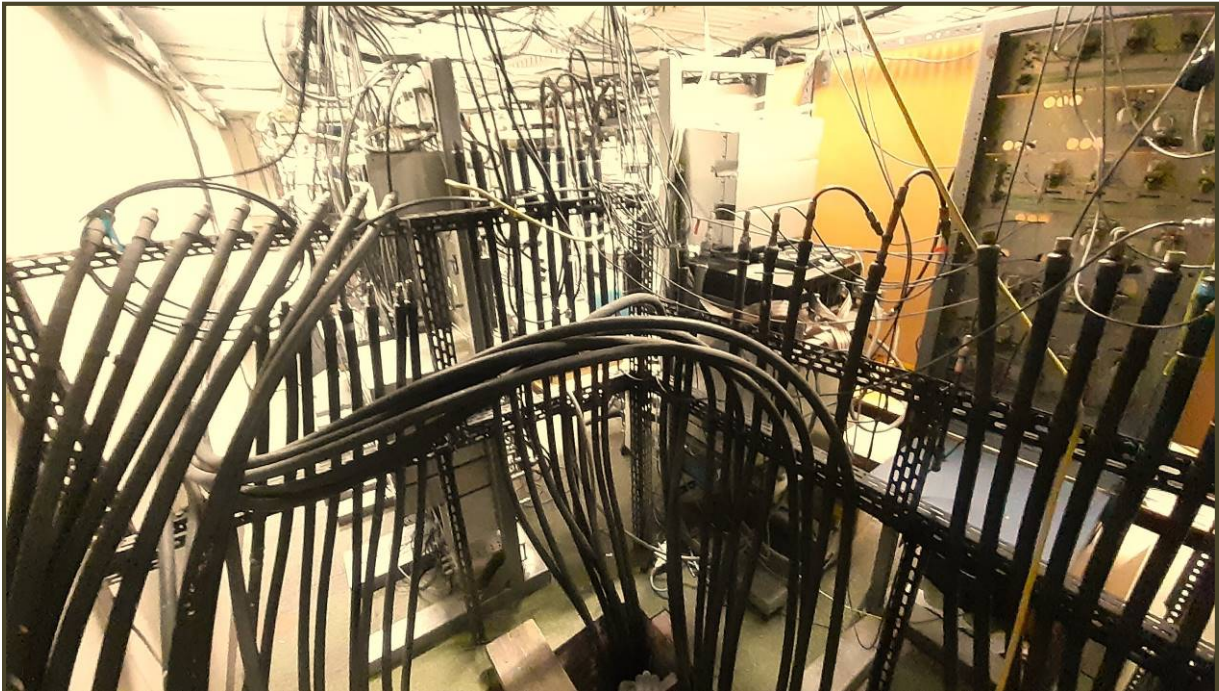
n.6 Coax In IF 30MHz ramo EW

n.6 Coax Out Calibrazione Ric. EW,

n.8+8 Coax In IF 30MHz ramo NS

n.8+8 Coax Out Calibrazione Ric. NS,

n.3 Coax Out OL 378MHz per i semi-rami N, S e ramo EW.



La “Fossa dei Serpenti” con i suoi cavi coassiali

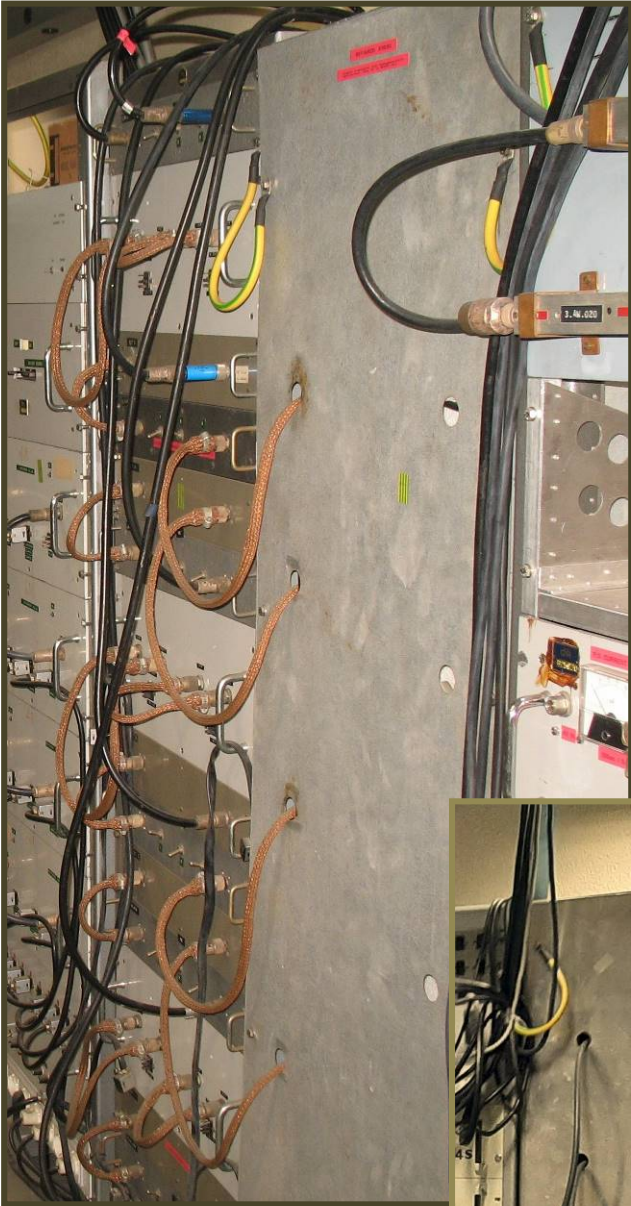
- ***Ritardi Fissi IF EW e NS [Rack 2-3 e 9-10]***

La Croce, oltre che operare in modalità total power (Singoli canali e Fasci somma), può lavorare anche in modalità interferometrica. In particolare vengono moltiplicati i segnali dei 6 Ch EW x 8 Ch NS, realizzando così 48 interferometri reali (96 complessi). Con le 96 risposte interferometriche complesse (mediante interferometri singoli calibrati), è possibile creare una mappa radio “sweepando” il fascio totale da 4'x4' all'interno del Field of View di 24' x 110'. Tale fascio si realizza sommando le risposte interferometriche moltiplicate per una opportuna fase, per ogni pixel della mappa.

La compensazione dei ritardi nei canali EW e NS è necessaria per operare nella zona di massimo guadagno dei Correlatori ($\Delta t=0$), ammettendo all'ingresso del Correlatore un Δt max di 40 nS di ritardo tra i vari Ch.

Nel ramo EW sono quindi stati equalizzati tutti i cammini in cavo di ogni canale. Considerando la geometria di questo ramo, il canale 1E posto a 100 m dalla Stanza è stato equalizzato con il 6E posto a 600 m, e così tutti i canali intermedi 2E, 3E, 4E, 5E spazati circa 100 m tra loro. Per realizzare ciò, in fase di costruzione furono sepolti rotoloni di cavo Pirelli in una enorme buca (dove ora c'è il prato di fronte alla stazione), in modo tale che il cavo coassiale del canale 1E avesse la stessa lunghezza del cavo 6E (in riferimento al quale furono equalizzati anche tutti gli altri!). La medesima cosa avvenne anche per i canali N e S, mantenendo lo stesso riferimento di lunghezza anche per questi cavi.

Oltre a tale accorgimento, furono predisposti dei moduli per affinare l'equalizzazione dei percorsi sotterranei dei vari cavi coassiali, ossia dei ritardi fissi (EW \rightarrow rack 2 e 3 - NS \rightarrow rack 9 e 10) formati ciascuno da un idoneo rotolo di cavo a cui è possibile aggiungere step equivalenti a 1, 2 e 4 lambda alla frequenza IF di 30MHz (agendo sui quali non viene perturbata la fase dei segnali). Questi settaggi vengono realizzati una volta per tutte in fase di calibrazione iniziale del Radiotelescopio.



Ritardi Fissi EW – Rack 2-3



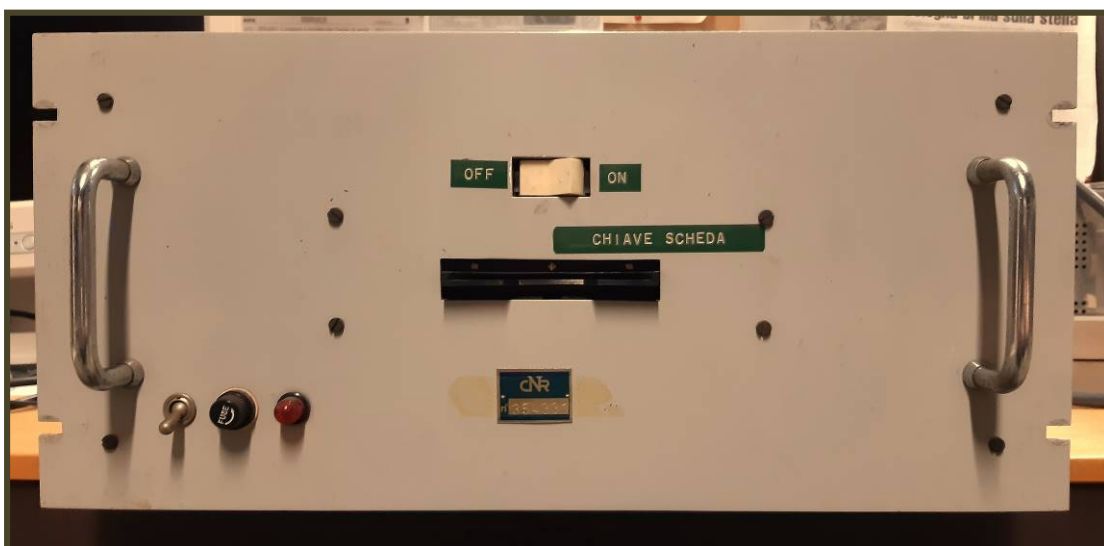
Ritardi Fissi NS – Rack 9-10

- **Dispositivi di compensazione dei Ritardi Variabili - Ch NS [Rack 4, 5, 6, 7 e 8]**

La compensazione dei ritardi di ciascuna IF NS in funzione della Declinazione di puntamento, viene realizzata mediante un idoneo numero di spezzoni di cavo coassiale di lunghezza pari o multipla di lambda, tramite i dispositivi presenti nei blocchi 4, 5, 6, 7 e 8.

Va chiarito che inserendo o togliendo cavi lunghi $N \cdot \lambda$ (λ relativo al valore della IF a 30 MHz, quindi 10 m in aria e circa 6,6 m in cavo) non si modifica la fase del segnale ma solo il ritardo, con lo scopo di minimizzare la perdita di coerenza nella formazione dei fasci e dei correlatori. Uno dei problemi affrontati nella realizzazione dei dispositivi ha riguardato l'invarianza dei livelli di segnale a seguito dell'inserimento/disinserimento dei ritardi in cavo.

Inizialmente la programmazione dei ritardi variabili veniva gestita tramite un processore a schede perforate: una scheda per ciascun grado di puntamento.



Processore a schede Perforate per la gestione dei Ritardi Variabili NS – Rack 4

In seguito fu impiegato un PC Apple 2 Plus (la programmazione degli step di $N \cdot \lambda$ avveniva in fase di puntamento antenna, quindi prima dell'acquisizione, non occorre quindi sistemi di calcolo molto veloci), poi sostituito con un PC IBM @ 12 MHz (posizionati sul T2).



Modulo di Interfacciamento con PC - Ritardi Variabili NS – Rack L

I dispositivi sopra menzionati sono descritti nel RI IRA 98/87 :
“Sistema di puntamento elettrico del Ramo NS, e compensazione dei ritardi variabili
tramite personal computer” - S. Montebugnoli, A. Cattani, R. Barbieri, con disegni
di V. Albertazzi.



Blocchi con Ritardi Variabili NS – Rack 4, 5, 6, 7 e 8

- **Oscillatore Locale [Colonna 1]**

Il segnale radio ricevuto in banda 408MHz, viene convertito nella banda IF 30MHz con l'ausilio di un Oscillatore locale a 378 MHz.

L'impiego di un unico oscillatore locale [Rack 1] fu certamente obbligato in quanto a quei tempi (anni 60/70), usando oscillatori locali singoli per ogni canale, non ci sarebbe stata la possibilità di mantenerli sincronizzati in fase con la conseguente impossibilità di formare un fascio stabile. Per cui l'idea vincente fu quella di utilizzare un oscillatore locale di potenza (in grado di erogare 50W) con distribuzione del segnale ad albero di natale per tutte le Cabine. L'alta potenza si è resa necessaria in quanto, per raggiungere tutti i ricevitori, il segnale percorre lo stesso cammino in cavo subendo una notevole attenuazione. Con questa soluzione, eventuali variazioni di fase o ampiezza si sarebbero ripercosse in egual modo su tutti i ricevitori e anche l'eventuale dilatazione dei cavi dovuta alla temperatura sarebbe stata uguale.

Con le nuove esigenze di stabilità e sintonia di frequenza legate alla Spettroscopia ad alta risoluzione ed al progetto Birales, l'oscillatore pilota dell'OL è stato sostituito con un sintetizzatore programmabile R&S agganciato ad un segnale di riferimento a 10 MHz generato dal H-Maser di Stazione.



Stadio amplificatore di potenza dell'Oscillatore Locale 378 MHz – Rack 1

- **Catene IF 30 MHz Ch EW e NS [Rack 12 e 13 e Rack 16 e 17]**

Le 14 catene (6 EW ed 8 NS) amplificano e filtrano il segnale IF proveniente dalle cabine esterne, realizzando un importante shaping nella banda passante larga 2,5 MHz, fondamentale per la reiezione delle interferenze ai bordi e fuori dalla banda RA 406,1-410 MHz. Particolare attenzione è stata prestata nella progettazione di questi filtri, come il minimo ripple di ampiezza in banda e quant'altro.

Un ulteriore stadio è costituito da uno sfasatore con regolazione di 360° per la calibrazione delle catene IF, azionabile manualmente mediante step fissi di 180° e 90° ed in modo continuo per i rimanenti 90°.



Catene IF Ch EW – Rack 12-13

- **Rivelatori Ch EW e NS [Rack 21, 27 e 28]**

Per monitorare i livelli o testare i 14 canali IF (6 catene EW e 8 catene NS) sono stati realizzati dei Rivelatori di segnale che permettono di monitorarne l'andamento nel tempo su Carta o tramite acquisizione A/D.



Rivelatori Ch EW – Rack 21



Rivelatori Ch NS – Rack 27-28

- **Banco Prove A - B - C - D - E [Rack B, C, D e 19]**

Per la calibrazione di queste catene, una volta effettuata l'osservazione di una sorgente puntiforme (calibratore), si caricano i dati acquisiti in un programma di calibrazione (anni 70: "Astro", anni 90 in poi: "Cal") il quale poi fornisce le correzioni di fase ed ampiezza da apportare a tutti i canali singoli EW e NS.

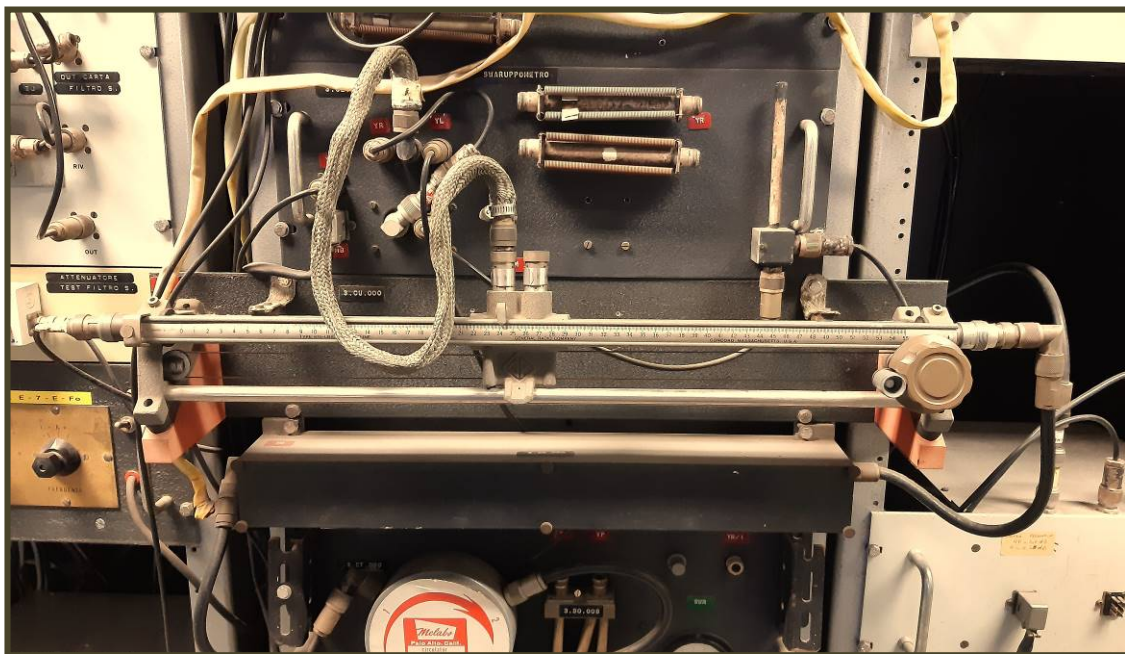
Le correzioni di fase vanno impostate tramite la Prova B mediante gli sfasatori delle catene IF, facendo attenzione ad introdurre il corretto offset di fase di 180° (identificabile "S o Z"). Si evidenzia che la lettura della fase viene realizzata con un originale dispositivo che impiega un sensore a linea fessurata, denominato SWARUPPOMETRO.

Le correzioni di ampiezza per l'equalizzazione dei guadagni delle catene IF vengono impostate tramite la Prova "D", mediante attenuatori fissi a levetta (0.5, 1, 2, 4, 8, 16 dB) ed una regolazione variabile da ½ dB mediante un potenziometro multigiro.

Una volta effettuate le calibrazioni il radiotelescopio è pronto, ed è quindi possibile effettuare le osservazioni e le ricerche scientifiche programmate.

Oltre alle prove sopra menzionate, sono state previste anche:

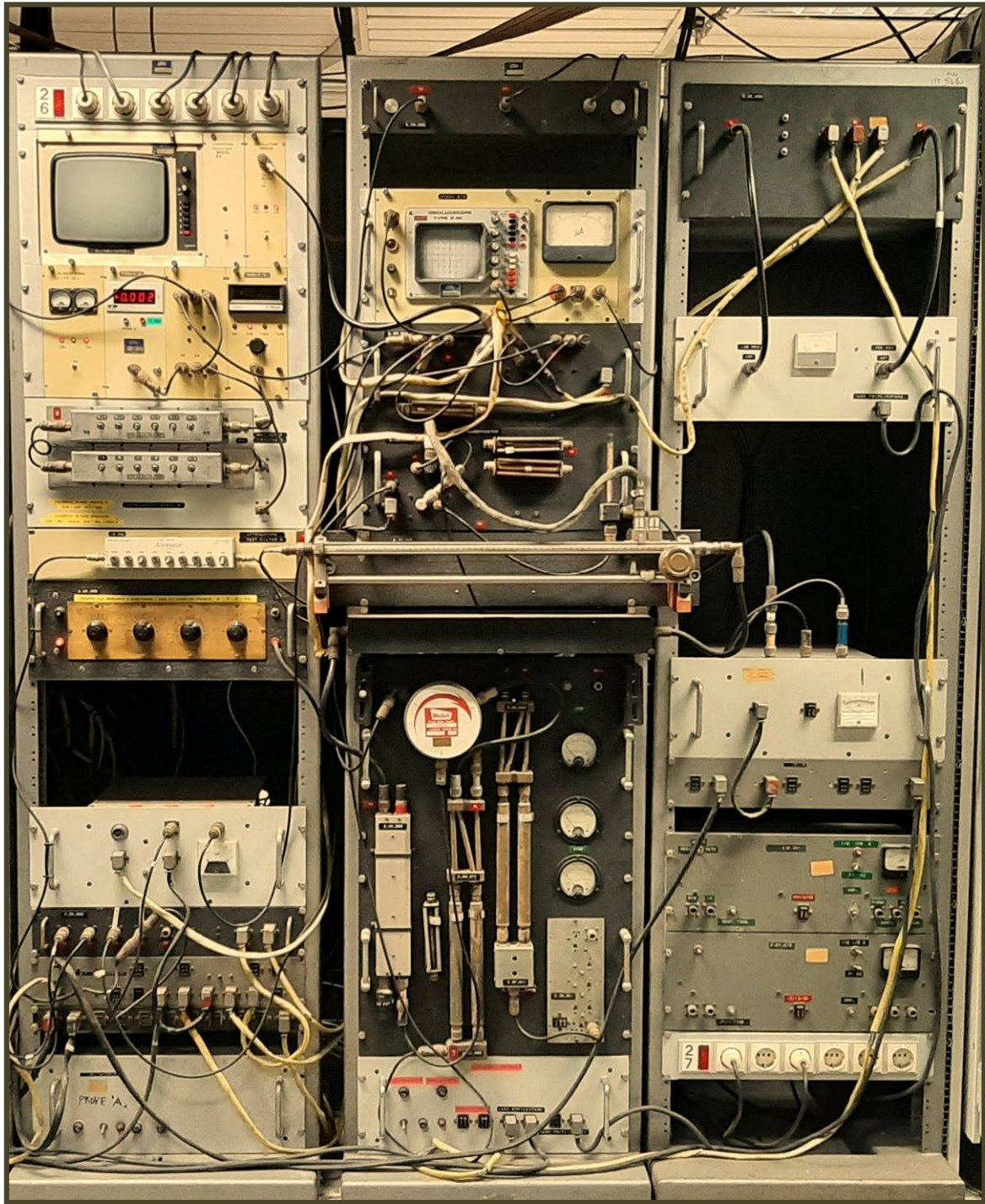
- prova A per la misura della lunghezza delle linee di prova (cavi coassiali) che arrivano alle cabine
- prova E per la misura dei livelli in uscita dalle singole catene IF.



L'originale Swaruppometro per la determinazione della fase – Rack C

CANALI	1E	2E	3E	4E	5E	6E	1N	2N	3N	4N	1S	2S	3S	4S
A $\frac{S}{Z}$														
φ														
$\Delta\varphi = \frac{A_n - A_1 + \varphi}{2}$														
B imposto														
S														
B finale														
Z														
B letto														
D dB														
D μA														
db in catena														
DATA														FIRMA :
														NOTE :

Il modulo su cui riportare le letture delle Prove per calcolare le correzioni da apportare

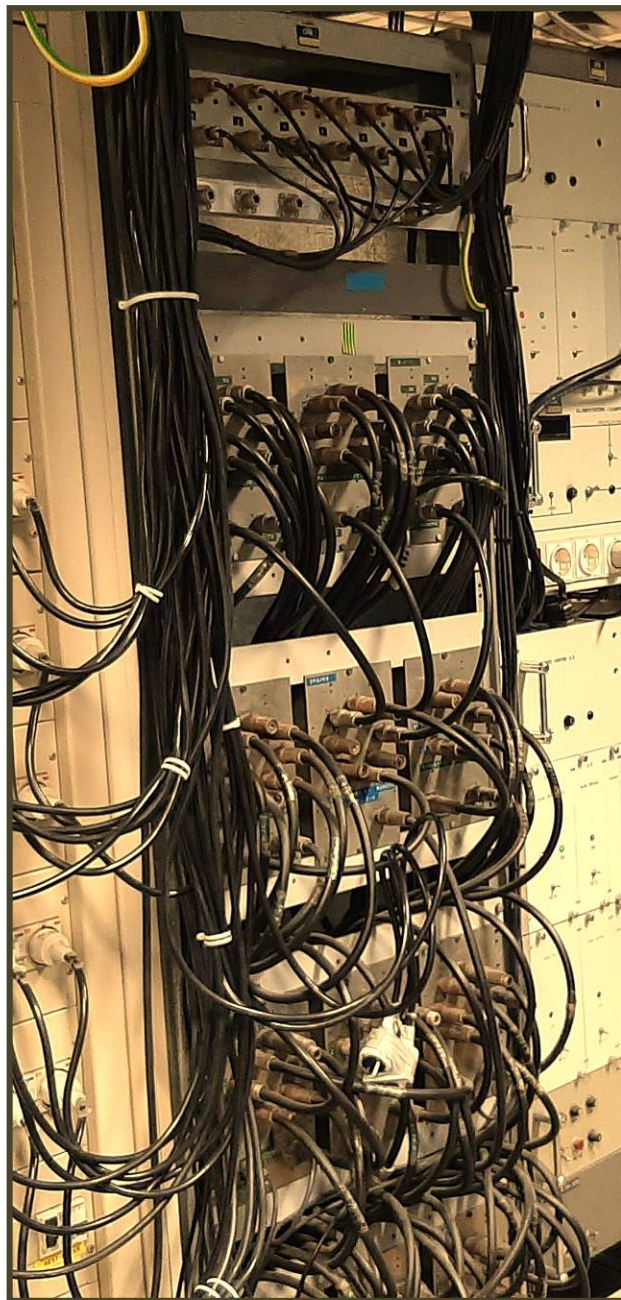


Banco Prove Croce – Rack B, C e D

- ***Formazione Fasci fissi EW [Rack 21]***

I fasci EW sono stati realizzati sommando con opportuni delay i segnali dei 6 Ch (cavi di opportuna lunghezza), realizzando più fasci sul piano orizzontale all'interno del singolo FoV (campo di vista dell'antenna): uno centrale punta al meridiano (B), uno 4' in anticipo Est (A) ed uno 4' in ritardo ovest (C). Il transito di una radiosorgente viene così realizzato in tempi consecutivi sui tre fasci. Questi segnali vengono poi rivelati ed integrati, e possono per essere visualizzati su carta o inviati all'acquisizione dati.

Per ridurre il ripple in ampiezza nel passare da un fascio all'altro, mediante ulteriori cavi di lunghezza opportuna, si introdussero altri due fasci (A1 e B1). Lo switch in sequenza dei 5 fasci fu impiegato espressamente per il sistema di acquisizione ed elaborazione dati per lo studio delle Pulsar.



Divisori Ch e Formazione Fasci EW – Rack 21

- **Formazione Fasci fissi NS [Rack 27 e 28]**

La formazione dei fasci NS è influenzata dalla variazione del puntamento antenne quindi, tramite appositi phase shifter, viene compensata la variazione di fase del segnale radio ricevuto per “riallineare” il fronte d’onda degli 8 Ch. (rack 11).

Anche i fasci NS sono stati creati con lo stesso principio di quelli EW, sommando cioè i singoli Ch con l’inserimento di spezzoni di cavo di opportuna lunghezza. I 5 fasci NS (F/G/H/I/Y) distanziati 4’ tra loro, sono però distribuiti sul piano verticale (meridiano). Anche questi sono seguiti da una catena di rivelazione ed integrazione per l’analisi del segnale, anche se in pratica nel tempo sono stati poco utilizzati. A tal proposito si ricorda che ci fu una diatriba tra diversi ricercatori.

Alcuni sostenevano che si potevano correlare i 3 fasci EW con i 5 NS ottenendo 15 risposte interferometriche (30 complesse), risparmiando correlatori e diminuendo il costo. Altri sostenevano lo schema dei correlatori sciolti, che necessita di più correlatori (96 complessi) ma rende il sistema più flessibile. Questo perché nell’eventualità un interferometro risultasse “disturbato” lo si poteva escludere in fase di riduzione dati, rendendo il sistema molto più efficiente. Fu poi deciso di implementare entrambi i sistemi, ma principalmente fu utilizzato quello con i 96 interferometri (sciolti).



Divisori Ch per Formazione Fasci NS – Rack 27-28

- *Rivelatori Fasci EW e NS [Rack 29]*

Dopo la formazione dei fasci, tramite apposite catene fasci EW e NS dotate di attenuatori a levetta (per ottimizzarne i livelli), i segnali vengono inviati ai moduli Rivelatori Total Power.

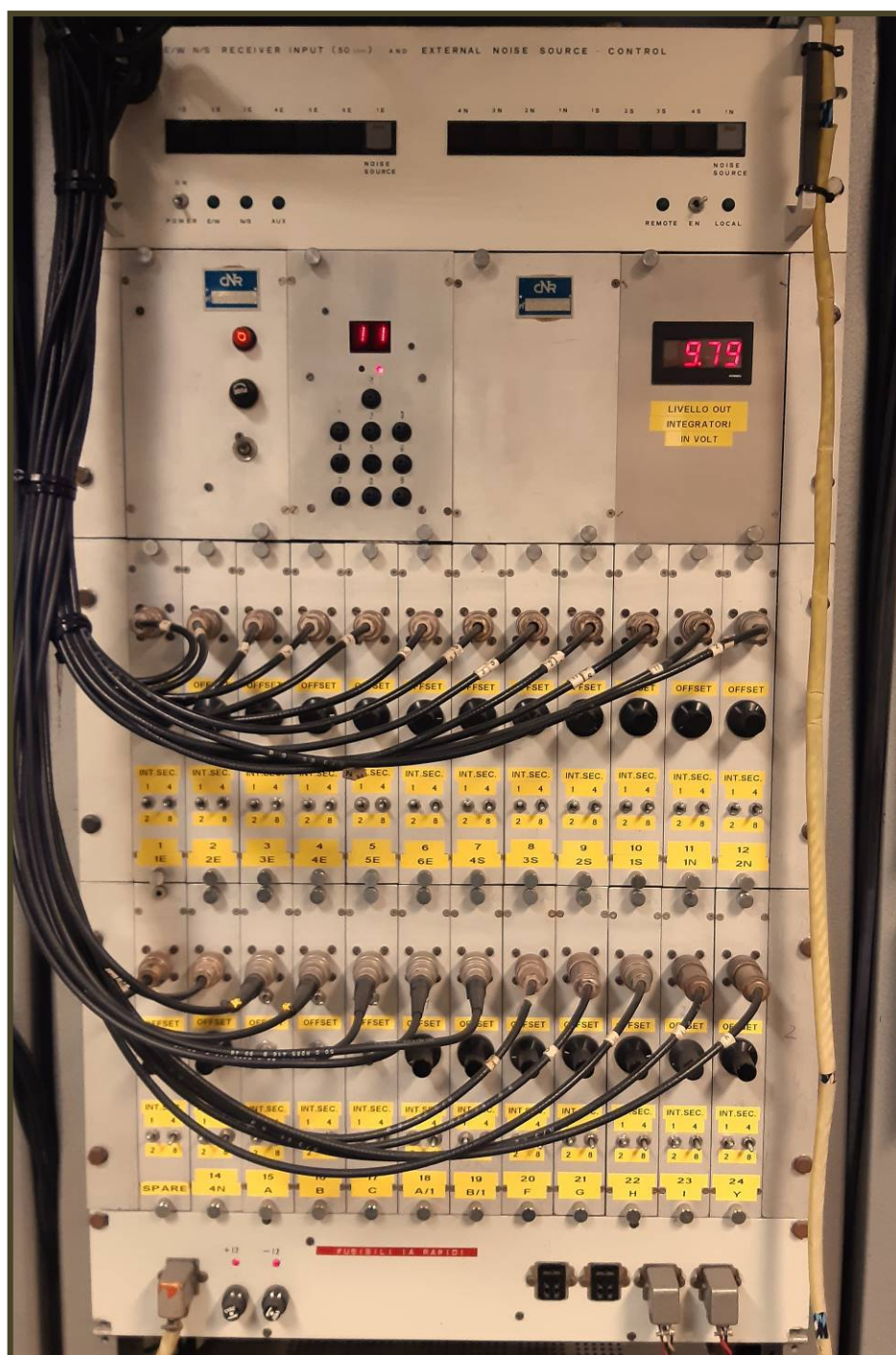


Rivelatori Fasci NS – Rack 29

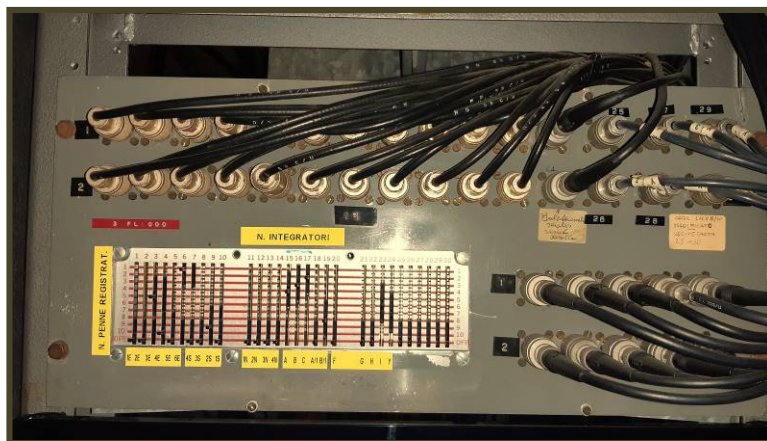
- ***Integratori dei segnali rivelati e Registratori su carta [Rack 23, 24, 25 e 26]***

I segnali total power rivelati dei canali EW e NS e dei fasci EW e NS, per poter essere idoneamente monitorati/acquisiti, vengono portati ad un dispositivo di integrazione con step selezionabili 1-2-4-8 Sec., la cui uscita in continua viene resa disponibile per l'acquisizione dati (MUX).

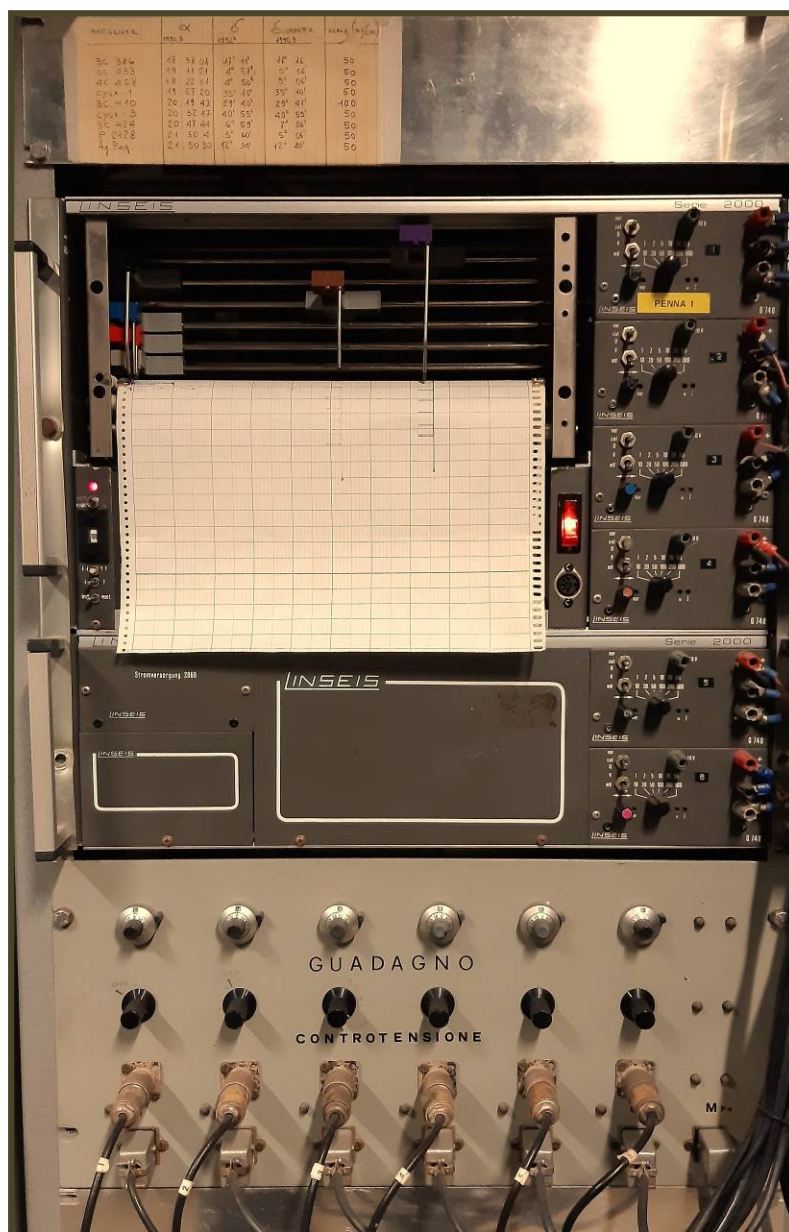
Lo stesso dispositivo dispone anche di una seconda uscita al cui segnale viene sommata ad una contro-tensione variabile, per regolare la visualizzazione della tracce sul registratore a carta entro il range +/-10 V. Alcuni di questi segnali, selezionabili tramite un apposita matrice di commutatori a slitta (Rack 23), possono essere visualizzati su registratore a carta. Nel tempo questo registratore è stato sostituito con un data-logger che tramite un PC visualizza i tracciati su uno schermo.



Integratori segnali rivelati e messa su Resistenza – Rack 24



Selettore ingressi Penne Registratore – Rack 23



Registratore su Carta a 6 penne Linseis – Rack 24

Nel Rack 24 è situato anche il dispositivo di commutazione su resistenza (50 ohm) dell'ingresso dei 14 ricevitori, oltre all'azionamento della marca esterna dei Ch 1E ed 1N, per la verifica della corretta funzionalità del radiotelescopio.

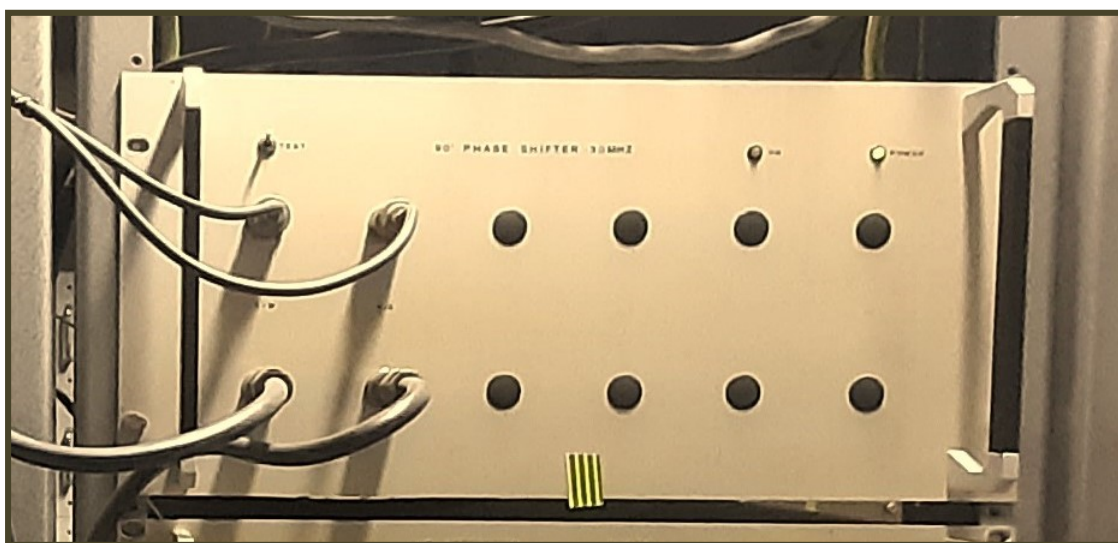
- **Marche di Calibrazione Noise e +1dB [Rack 14 e 15]**

Per equalizzare i guadagni dei 14 canali (EW+NS) è prevista la possibilità di iniettare una marca di rumore all'ingresso del secondo stadio IF. Questa marca è necessaria anche per effettuare le calibrazioni in fase ed ampiezza dei 96 correlatori (programma Corr p). Nelle stesse catene è presente anche un modulo (comandabile remotamente via PC) per l'esclusione/inserimento di 1 dB di attenuazione, che permette di ricavare il "flusso equivalente del sistema", legato univocamente alla sensibilità del Radiotelescopio.

Per fare ciò viene osservata una sorgente di calibrazione (con flusso noto) e sul "fondo" prima del transito si toglie il dB in tutti i canali (in pratica si amplificano di 1 dB). Misurando sul tracciato che ne deriva l'altezza in mm della marca (M) e della sorgente (S), si può calcolare il Flusso Equivalente del Sistema (sensibilità in Jy), utilizzando la seguente semplice relazione:

$$\text{F.E.S.} = (M * \text{Flusso Sorgente}) / (S * 0.26)$$

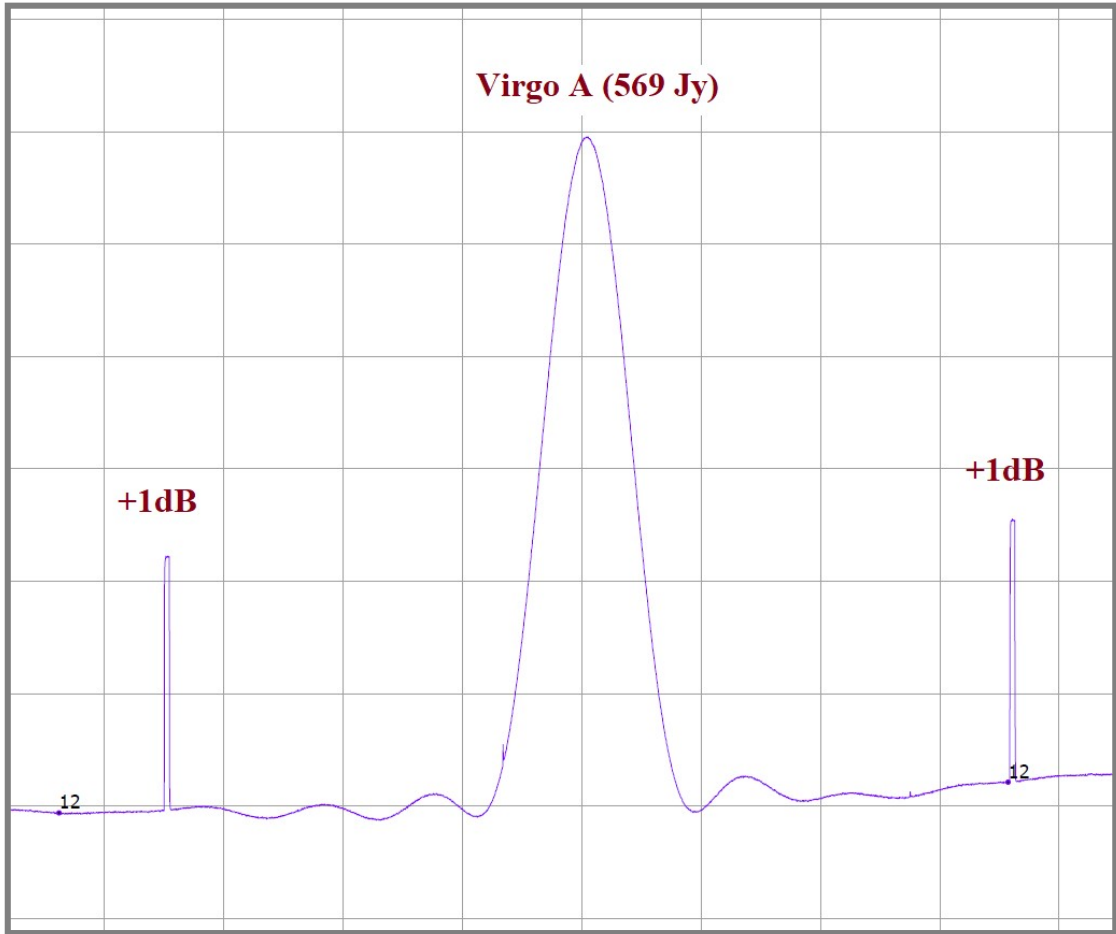
In pratica la "rumorosità" del radiotelescopio si considera equivalente all'osservazione del cielo in presenza di una radio-sorgente costante in background con flusso pari a F.E.S. (Jy). Ovviamente più sensibile è il sistema e più bassa risulta l'intensità della sorgente "equivalente di fondo".



Marca per calibrazione noise – Rack 15



Marca 1 dB – Rack 14



**Tracciato del transito di Virgo A con attivazione della marca +1dB (prima e dopo),
 test di sensibilità del nuovo Fascio Analogico NS Best 1N (4 Cilindri):
 applicando la formula sopra riportata il F.E.S. risulta 833 Jansky**

- *Amplificatori e Divisori di Potenza Ch singoli e Fasci [Rack 32]*

Per poter creare tutte le possibili coppie di interferometri prodotto Ch EW*NS e fasci EW*NS, occorrono innumerevoli porte col segnale dei singoli canali. Sono perciò stati previsti degli amplificatori lineari di potenza che innalzano il livello del segnale IF prima della sua suddivisione in un congruo numero di porte.

Le uscite dei divisori di potenza vengono quindi cablate per formare i 48 correlatori Ch EW*NS coseno (reali) e 48 seno (immaginari) ed ai 15 correlatori fasci EW*NS reali e 15 immaginari.



Amplificatori e Divisori di potenza – Rack 32

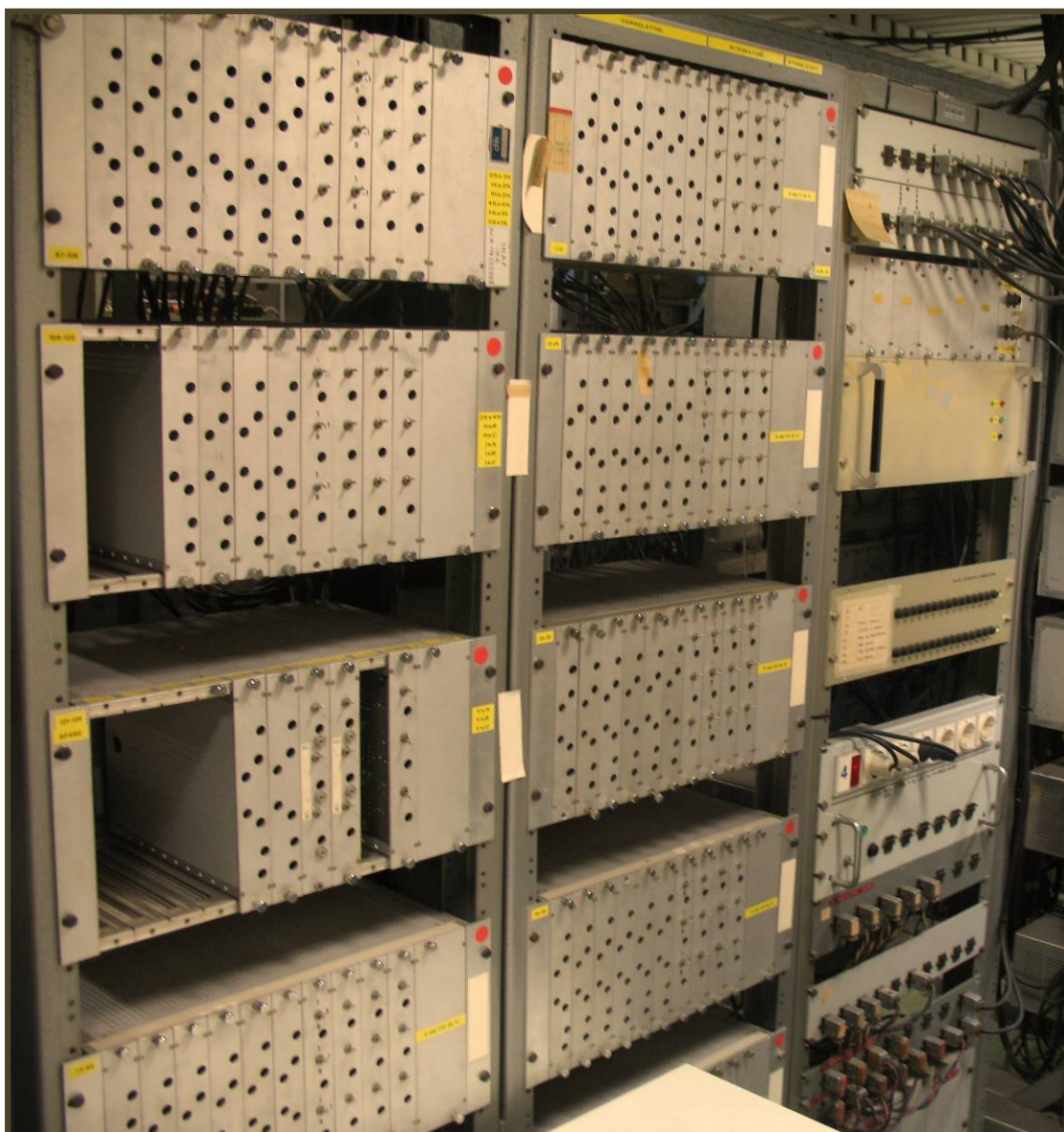
- **Correlatori ed Integratori Interferometri Croce [Rack 33, 34 e 35]**

Dal rack 32 che ospita tutti i divisori di potenza, partono i cavi per il cablaggio e la formazione dei correlatori prodotto canali singoli della Croce e dei fasci, alloggiati nei Rack 33, 34 e 35.

Gli interferometri sono stati assemblati in un certo numero di scatole (Rosselli del Turco) ed in ogni blocco lo stesso canale NS viene moltiplicato per i 6 canali EW, per un totale di 48 correlatori reali (cos) e, dopo uno sfasamento di 90° , di 48 correlatori immaginari (sen). Lo stesso schema viene realizzato anche per la correlazione prodotto dei fasci EW*NS (15 Sen + 15 Cos).

Ciascun correlatore complesso è dotato di un integratore, la cui costante di integrazione è selezionabile da un minimo di 1 ad un max di 8 secondi, (valore previsto esclusivamente per il funzionamento con gli inseguitori di frangia).

La fase, i guadagni e l'isolamento dei canali cos e dei canali sen viene effettuata tramite un programma in Fortran denominato "Corr p", che sfrutta la marca interna (Rack 15) inviata al banco di correlatori sia in "forma" reale che ruotata di 90 gradi. La fase dei correlatori è fondamentale per la corretta calibrazione del radiotelescopio.

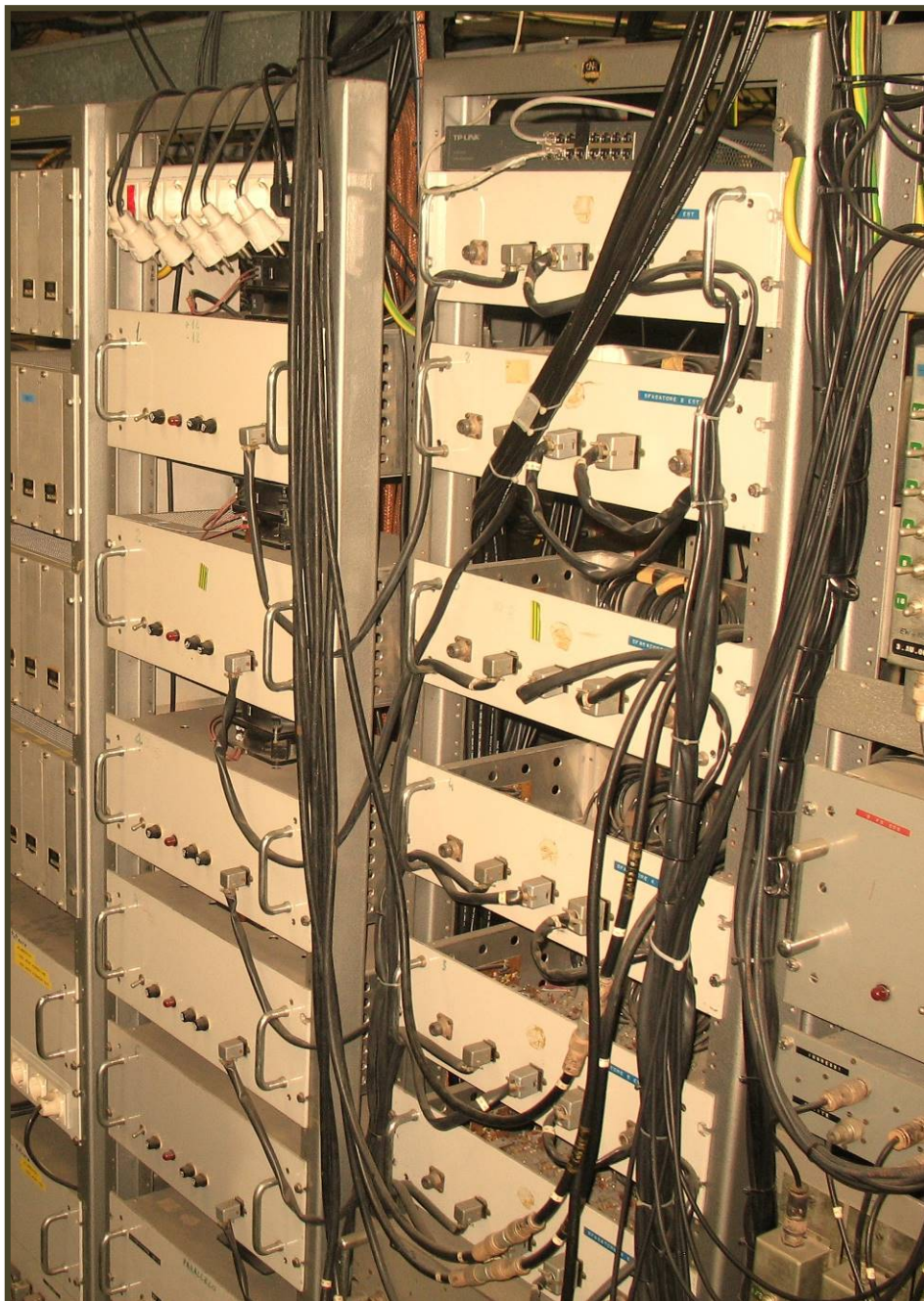


Correlatori ed Integratori Interferometri – Rack 33, 34 e 35

- ***Inseguitori di Frangia Ch EW [Rack 30 e 31]***

Per potere aumentare il tempo di integrazione dei correlatori fino a 8 secondi (aumentando quindi il rapporto S/N), fu implementato un sistema gestito da computer che “adatta” le frange dei singoli interferometri secondo opportuni criteri. In pratica viene “accelerata” la frequenza di frangia degli interferometri NS*1E, equalizzandola con quella del NS*2E, mentre si “rallentano” gli interferometri NS*3E, NS*4E, NS*5E e NS*6E (sempre in riferimento al NS*2E). Ovviamente per fare questo si agisce solo su 5 canali EW prima di entrare nel banco “correlatori”.

Tale modus operandi fu però dismesso poco tempo dopo la sua implementazione, a causa di problemi legati principalmente all’elettronica (salti di livello tra l’inserzione o l’esclusione di opportuni step di cavo con funzione di phase-shifter) ed alle modalità osservative.



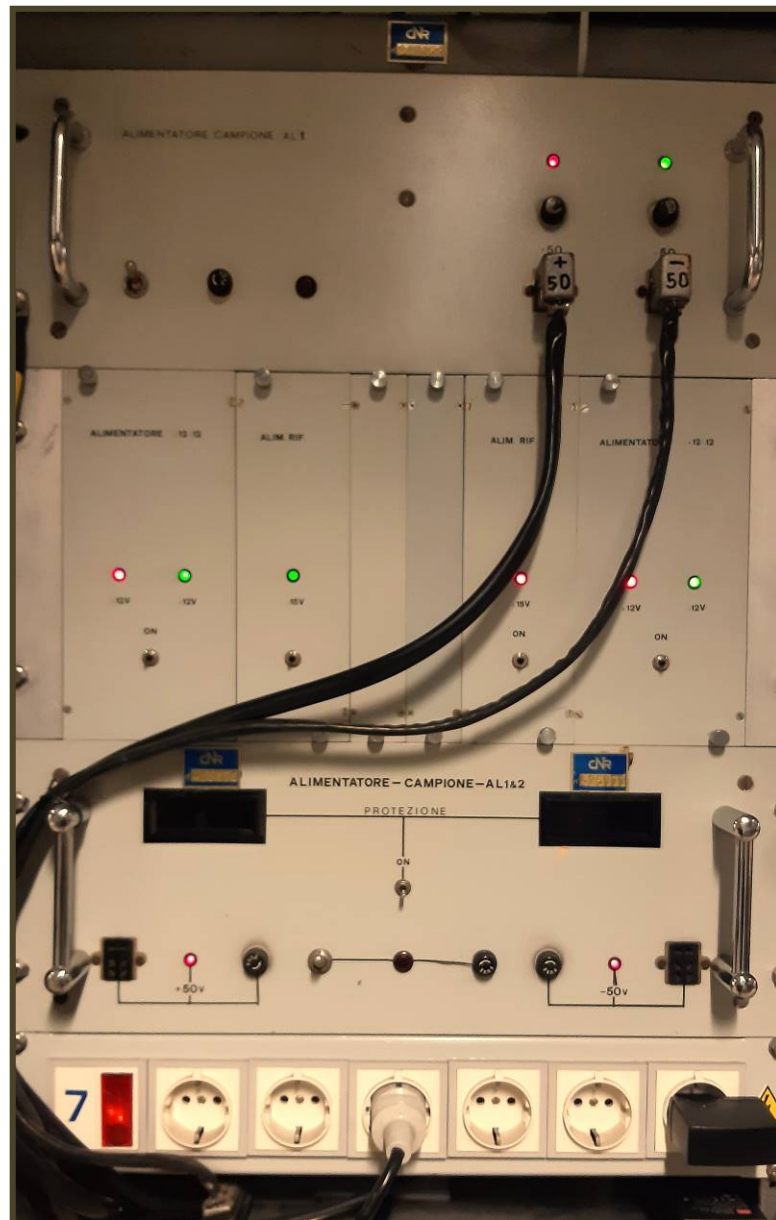
Inseguitori di Frangia EW – Rack 30-31

- **Generatore Tensione +50/-50V per Riferimento Alimentatori [Rack 22]**

Per rendere il più possibile indipendente tutti i dispositivi elettronici dalle eventuali variazioni della tensione di alimentazione, fu scelto il metodo di inviare agli alimentatori di tutti i blocchi la stessa tensione di riferimento di +50 V e -50 V, in modo da “agganciarli” allo stesso valore. In questo modo un’eventuale piccola variazione della tensione di riferimento si sarebbe ripercossa allo stesso modo su tutti gli alimentatori. I generatori di tensione di riferimento furono progettati con grande cura e la stabilità di detta tensione e la relativa “pulizia” erano veramente alte. In origine i valori di riferimento erano +200V e -155V, ma in seguito per motivi di sicurezza furono ridotti.

La tensione di Riferimento +50/-50V, tramite appositi distributori (cavi a spine Painton), raggiunge tutti gli alimentatori della Stanza Ricevitore.

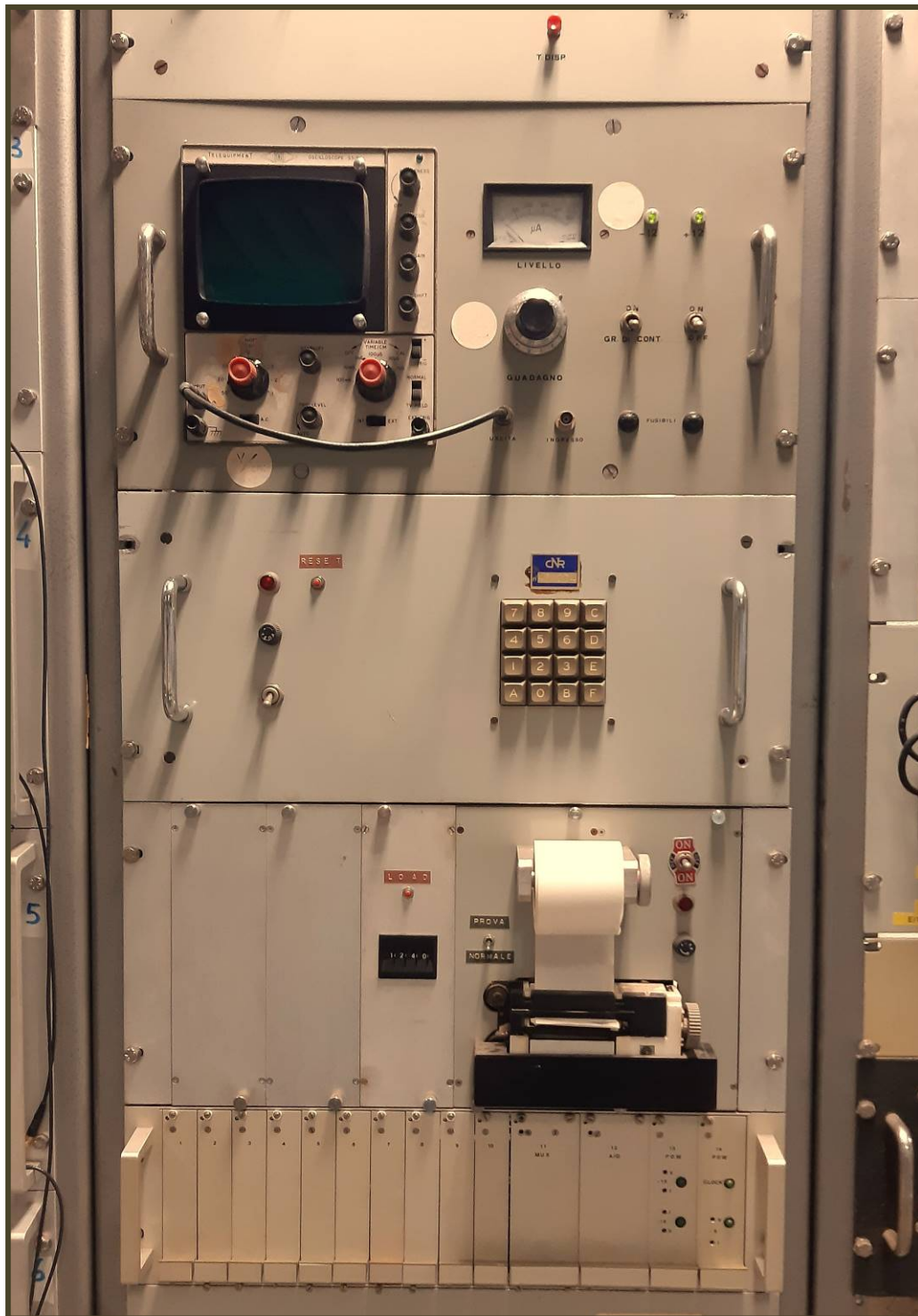
Gli unici alimentatori che non necessitano di questo riferimento sono quelli degli inseguitori di frangia (Rack 30 e 31), i soli a regolazione “parallelo” per garantire una maggiore velocità di risposta al modificarsi del carico.



Generatore Tensione di Riferimento +/- 50V – Rack 22

- **Dispositivo per Controllo Tensioni Alimentatori [Rack A]**

Questo blocco autonomo è stato realizzato per monitorare le tensioni all'uscita di tutti gli alimentatori, rilevando periodicamente una lista dei valori misurati mediante l'ausilio un convertitore A/D ad alta risoluzione. Viene poi prodotta una stampa di quei valori che si discostavano di un "Delta" V (programmato) rispetto quello teorico. Naturalmente ciascun alimentatore viene identificato da un numero progressivo assegnato in fase di assemblaggio del sistema.



Controllore Tensioni Alimentatori – Rack A

- *PC di Calibrazione, Schedulazione ed Acquisizione dati Croce [T2]*

Inizialmente (anni 80) il PC per la gestione dell'acquisizione dati era costituito da un Apple II plus che, pur avendo un clock interno di alcuni MHz, era largamente sufficiente per la gestione on line dei vari programmi di acquisizione e calibrazione off line (Corr p, Cal, Sidtime ecc.). Questo PC fu poi sostituito (inizio anni 90) da un PC IBM con clock da 12 MHz, ancora in uso.

Tramite questi PC è possibile gestire, tra gli altri, uno script di calibrazione (Fortran) che una volta battuto su tastiera il nome di un calibratore presente in un data base (con coordinate al 1950) ne esegue il calcolo aggiornato della precessione, che vengono inviate ad un secondo PC che si occupa dell'azionamento sfasatori a kerosene, ritardi e puntamento antenne (Rack L).

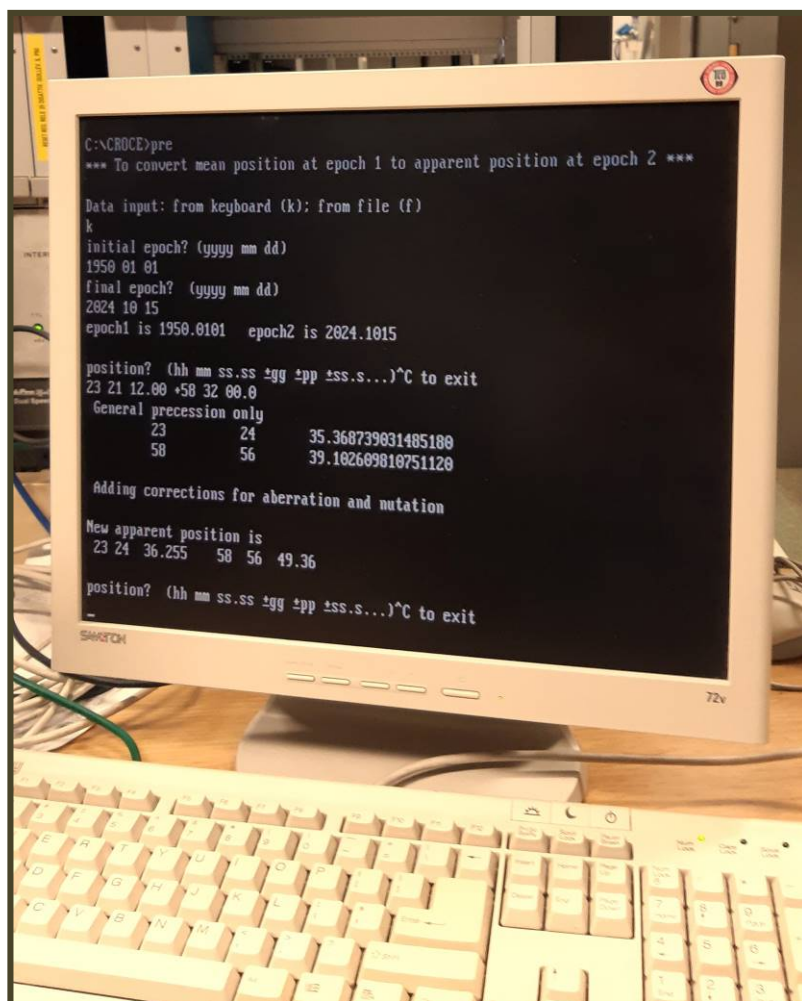
Il PC si pone quindi in modalità lettura ora siderale, e circa 20 minuti prima del transito (Rack I) lancia automaticamente il programma di acquisizione dati.

Circa venti minuti dopo il transito ferma l'acquisizione e lancia il programma Cal, il cui print-out contiene tutte le correzioni di fase di ampiezza da applicare.

Una volta apportate tali correzioni (con il dovuto segno) nelle diverse catene IF si realizza la perfetta calibrazione della Croce.

Nel caso il nome di un calibratore non fosse presente nel data base, il sistema richiede l'inserimento delle sue coordinate al 1950 (che memorizza nel data base) per poi eseguire la sequenza descritta precedentemente.

Nel tempo sono stati realizzati numerosi script, per facilitare e velocizzare le procedure di controllo della Croce



PC Calibrazione, Schedulazione ed Elaborazione dati – T2

TEMPERATURA STANZA=24.1
18/10/17 09:16:32 291

N.	INTERF.	LIU.	FASE	ANG	ISOL	DFQ	FONDO	DISP.	
1	1E* 1N	C	1558	57	92	22	54	-34	13.
2	1E* 1N	S	1501	149	0	27	3	218	14.
3	2E* 1N	C	1725	42	92	47	3	363	6.
4	2E* 1N	S	1575	134	0	26	34	-30	6.
5	3E* 1N	C	2232	123	90	19	2	305	7.
6	3E* 1N	S	1321	213	0	33	5	145	8.
7	4E* 1N	C	1580	46	89	27	4	262	10.
8	4E* 1N	S	1179	135	0	36	0	-348	7.
9	5E* 1N	C	1856	52	89	33	7	185	15.
10	5E* 1N	S	1314	141	0	26	4	134	8.
11	6E* 1N	C	1394	47	86	40	18	-42	8.
12	6E* 1N	S	1662	133	0	31	7	-306	8.
13	1E* 2N	C	1614	360	92	27	8	-17	13.
14	1E* 2N	S	1226	92	0	26	20	-20	6.
15	2E* 2N	C	1107	262	91	16	0	417	6.
16	2E* 2N	S	1078	13	0	22	17	-192	7.
17	3E* 2N	C	1289	77	92	20	6	-789	16.
18	3E* 2N	S	1347	189	0	22	9	227	8.
19	4E* 2N	C	1741	28	87	26	0	211	10.
20	4E* 2N	S	1100	115	0	31	46	-11	8.
21	5E* 2N	C	1791	14	89	41	0	214	17.
22	5E* 2N	S	1351	103	0	32	6	110	7.
23	6E* 2N	C	1461	6	91	38	0	57	11.
24	6E* 2N	S	1310	97	0	32	4	111	7.
25	1E* 3N	C	467	16	90	26	2	-59	3.
26	1E* 3N	S	843	103	0	26	1	59	4.
27	2E* 3N	C	1692	47	89	35	2	130	5.
28	2E* 3N	S	1301	136	0	28	2	236	8.
29	3E* 3N	C	1730	97	91	33	2	128	7.
30	3E* 3N	S	1330	188	0	32	1	112	15.
31	4E* 3N	C	1782	59	88	26	12	-61	11.
32	4E* 3N	S	1519	147	0	39	3	190	11.
33	5E* 3N	C	1794	49	86	25	14	117	12.

Listato prodotto dal programma di calibrazione Correlatori "Corr p" (prima pagina)

- *PC di Puntamento Antenne EW e NS, impostazione sfasatori a Kerosene, Ritardi Variabili e sfasatori IF NS [T2]*

Il PC che gestisce la schedula e l'acquisizione dei dati osservativi, invia le coordinate di puntamento a questo secondo PC (localizzato sempre sul T2), il quale gestisce l'impostazione degli sfasatori a kerosene, dei Ritardi variabili NS (Rack L, 4, 5, 6, 7, 8) ed il puntamento meccanico dei due rami della Croce. Oltre a ciò, si occupa anche dell'impostazione degli sfasatori IF NS per la formazione dei fasci TP (Total Power).

I PC su T2 interloquiscono mediante un link seriale, con uso di routine del pacchetto di utility Fortran "No limit".

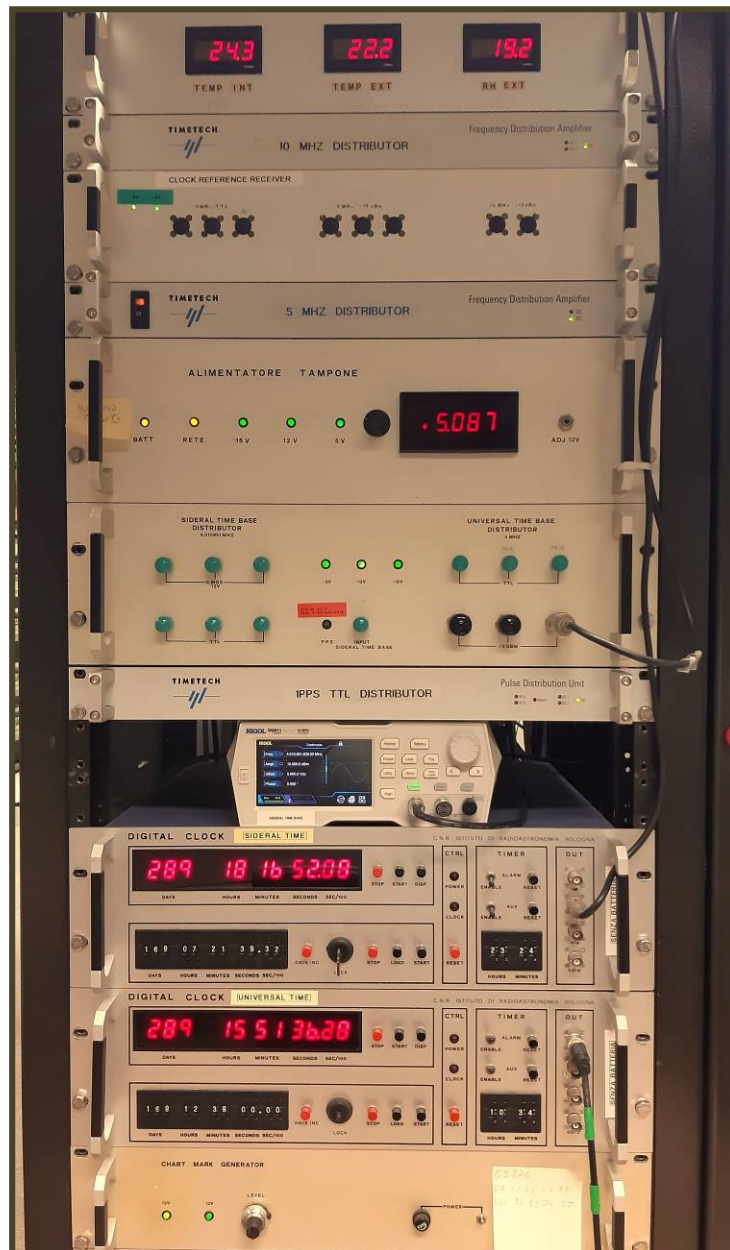
NORTHERN CROSS POINTING SYSTEM				
284	19: 30: 12	EAST/WEST		Temp. Ext. 14.2
COMMANDED DEC.		52° 0'	0.02	
ACTUAL DEC.		52° 0'		
CHK ALIM OFF NORTH/SOUTH				
	2NORD	1NORD	1SUD	2SUD
COMMANDED DEC.		45° 0'	45° 0'	45° 0'
ACTUAL DEC.		45° 0'	45° 3'	45° 0'
AUX		STATUS		
KEROSENE	45° 0'	go		
PHASE	45° 0'	SEND STATUS ON PORT 2		
DELAY	45° 0'	PORT ALLOCATED IS 2		
1E/W	2N/S	3DIAG.	4UNPARK	5REMOTE 6LOG
				7PUNTA1 8TSTALI 9CHKTEM 0

Schermata tipica del PC di Puntamento

- ***Distribuzione Tempo & Frequenza ed orologi UT e Siderale [Rack I]***

In questo rack ci sono, tra gli altri, i distributori delle frequenze di riferimento a 5 e 10 MHz basate sugli standard di frequenza della parabola VLBI. Da queste si deriva la 100 Hz, tramite catene di divisori digitali, per l'orologio UT e la 1 Hz (1PPS) per la sincronizzazione dell'acquisizione dati, degli orologi UT e Siderale, e di tutti gli apparati che lo necessitano.

La base dei tempi per l'orologio siderale è invece costituita da un generatore con quarzo compensato in temperatura che oscilla alla frequenza di 4.010951 MHz che, divisa per $4 \cdot 10^6$ fornisce il Secondo siderale (equivalente a 0,9972 Sec. UT). Gli orologi sono stati progettati in tecnologia CMOS alimentata a 12 V, quindi con una forte immunità ai glitch di tensione di varia origine. Per la messa in passo dell'orologio siderale deve essere prima definito l'orario UT a cui realizzare la sincronizzazione, poi con la routine Sider si ricava l'ora siderale equivalente. Quindi, una volta "caricato" l'orario siderale, si attende il corrispondente UT per attivare il conteggio mediante l'apposito pulsante Start (che va premuto all'interno dell'ultimo secondo precedente l'ora UT prefissata).



Distribuzione Rif. Tempo e Frequenza – Rack 1

Sezione SETI [Rack 36, 37 e T3]

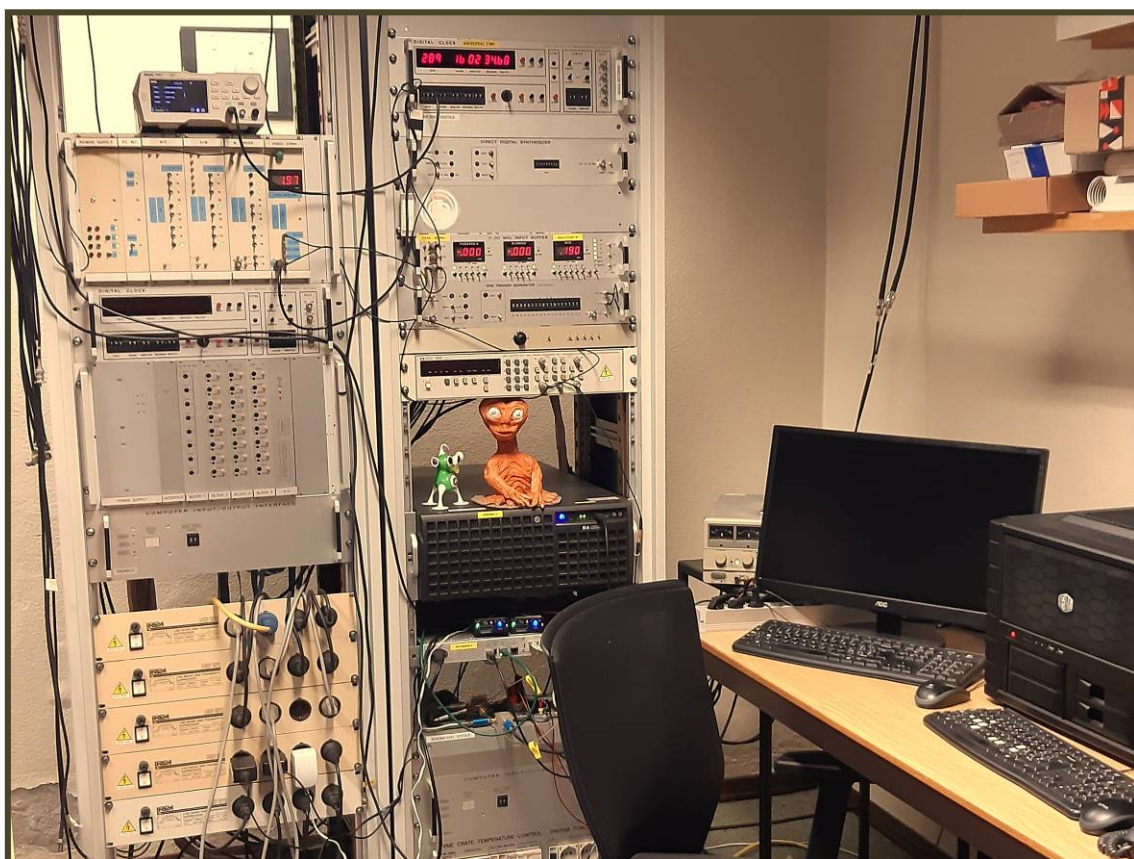
All'inizio degli anni 90 fu assemblato uno Spettrometro (MSPEC0) per attività osservative nell'ambito del programma SETI (Search of Extra-Terrestrial Intelligence) ed osservazioni spettroscopiche standard. Quest'analizzatore di spettro ad alta risoluzione frequenziale e temporale, venne installato a valle di un convertitore in banda base, che permetteva di selezionare in ingresso sia il segnale IF Croce del Nord che il segnale IF della parabola VLBI.

A quei tempi l'analisi di spettro si otteneva calcolando on line (con un certo intervallo di integrazione) la funzione di autocorrelazione, che poi veniva memorizzata su disco. In seguito off line se ne effettuava la FFT ottenendo, dopo alcuni passaggi, lo spettro di potenza.

MSPEC0 era uno strumento di grandi potenzialità perché effettuava già on line il calcolo dello spettro mediante FFT (Fast Fourier Transform), sui dati ottenuti campionando direttamente la banda. Da qui si calcolava la potenza in ogni canale, compresa nella media di un numero di spettri programmato. Il convertitore A/D a 10 bit conferiva allo strumento una dinamica di 60 dB, molto utile quando lavorava su bande con presenza di RFI saltuarie, come la banda L.

La risoluzione temporale di MSPEC0 era tale che permise il rilevamento dell'emissione in riga dell'acqua a 22.34 GHz in seguito all'impatto del frammento E della cometa SL9 con Giove, nel luglio del 1994. La grande risoluzione temporale rese possibile un'accurata compensazione del Doppler introdotto dalla componente radiale della velocità relativa del sistema Terra-Giove. Questa fu l'unica detezione in campo radio di quell'impatto.

Nello stesso rack 36 e 37 oggi è alloggiato lo spettrometro ad alta risoluzione Serendip 6 (Università di Berkeley) che, lavorando in piggy-back, effettua ricerche di righe monocromatiche nell'ambito del programma SETI (ricerca di segnali da civiltà extraterrestri).



Settore SETI – Rack 36-37 e T3

- **Sistema Pulsar [Rack F, G, H, T1 e 18]**

Agli inizi degli anni 90 N. D'Amico avviò un progetto per Survey e Ricerca di Pulsar, per la cui realizzazione fu necessario implementare canali IF EW a banda più larga (circa 5 MHz), dispositivi per calibrazione e formazione del nuovo fascio (prima fisso e poi tracking) [**Colonne Rack E ed F**], suddivisione della banda IF con 128 filtri adiacenti [**Colonna Rack G**], schede per rivelazione ed acquisizione segnali, oltre alla sezione di memorizzazione, dedispersione ed analisi dati [**Colonne Rack H, T1 e 18**]. Per l'osservazione di Pulsar è stato utilizzato principalmente il ramo EW, ma nel tempo sono stati realizzati alcuni test anche col ramo NS.



Sistema Pulsar – Rack F, G ed H

Seguono alcuni riferimenti di Report IRA che illustrano dispositivi realizzati per il Sistema Pulsar:

”Interfaccia di I/O del sistema PULSAR di Medicina”
A. Maccaferri, A. Cattani
IRA 153/91

”Scheda di interfaccia per acquisizione dati ad alta velocità su bus ISA”

A. Maccaferri, N. D’Amico

IRA 154/92

“Aumento della larghezza di banda degli stadi di media frequenza del ramo Est-Ovest della Croce del Nord – Realizzazione sperimentale”

C. Bortolotti, A. Cattani, N. D’Amico, G. Grueff, S. Montebugnoli, M. Roma

IRA 157/92

“Il generatore di campionamento (ATG) del sistema PULSAR di Medicina, sincronizzato con la scala di tempo UT del maser ad idrogeno”

A. Maccaferri

IRA 163/92

”Il rivelatore a 128 canali del sistema pulsar di Medicina”

A. Cattani, C. Bortolotti, N. D’Amico, A. Maccaferri, S. Montebugnoli

IRA 169/92

“Il digitalizzatore ad 1 bit – 128 canali del sistema pulsar di Medicina”

A. Cattani, S. Montebugnoli, N. D’Amico, A. Maccaferri

IRA 170/92

“L’amplificatore programmabile del sistema pulsar operante alla Croce del Nord”

C. Bortolotti, S. Montebugnoli, N. D’Amico

IRA 187/94

“Sistema di multiplexing dei fasci E-W della Croce del Nord”

C. Bortolotti, S. Montebugnoli, N. D’Amico

IRA 188/94

“Il banco di filtri del sistema pulsar operante alla Croce del Nord”

C. Bortolotti, S. Montebugnoli, N. D’Amico, F. Fauci

IRA 189/94

“Il dedispersore digitale del sistema ‘Pulsar’ di Medicina”

A. Maccaferri, N. D’Amico

IRA 198/95

“Scheda di interfaccia fra il sistema multiprocessore vettoriale i860 e il dedispersore del sistema Pulsar di Medicina”

A. Maccaferri, N. D’Amico

IRA 199/95

“Phase Shifter a stato solido realizzati con tecnica Strip-line per la formazione del tracking-beam E/W nel radiotelescopio Croce del Nord”

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

IRA 203/95

- **Acquisizione e visualizzazione parametri Meteo [Rack I ed L]**

Nella colonna Rack I è presente un modulo di acquisizione e visualizzazione di alcuni sensori Meteo, in particolare vengono rilevati:

- Temperatura interna della Stanza Ricevitori (°C)
- Temperatura ambientale esterna (°C)
- Umidità ambientale esterna (%RH)

Nella colonna Rack L si trova un secondo modulo di acquisizione e visualizzazione di altri sensori posizionati alla quota di 10mt sls, che rilevano:

- Velocità del vento (Km/h)
- Direzione del vento (°)

Il parametro relativo alla velocità del vento viene anche trasmesso, tramite fibra ottica, alla stanza di controllo della Parabola VLBI, dove viene monitorato per motivi di funzionalità alle alte frequenze e di salvaguardia strutturale dell'antenna.

I parametri relativi a:

- Temperatura interna della Stanza Ricevitori (°C)
- Temperatura ambientale esterna (°C)
- Velocità del vento (Km/h)

vengono inoltre acquisiti dal Registratore a Carta (Recorder Croce) che ne visualizza e registra i tracciati.



Display parametri Meteo – Rack I ed L

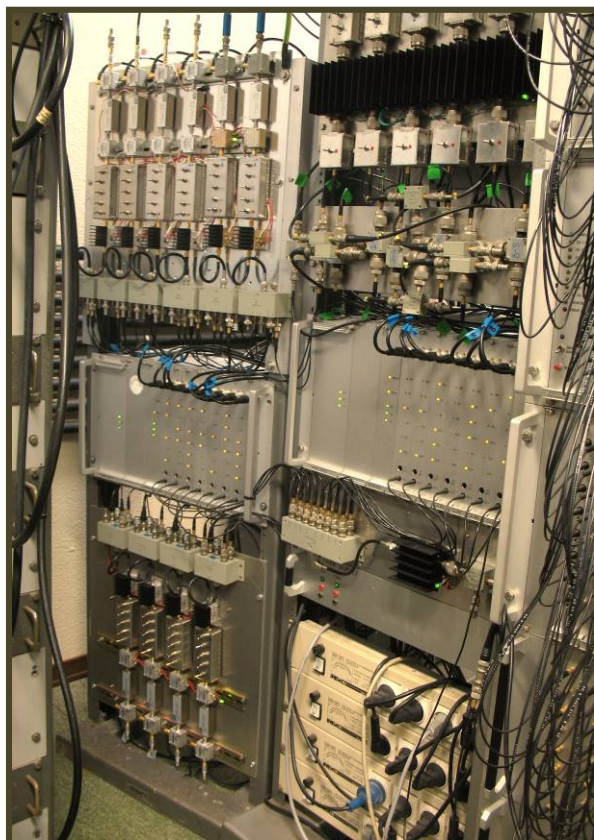
- **Nuovo Fascio Analogico NS Best 1N [Rack E ed F]**

Nell'ambito del Progetto SST-Birales, partito verso la metà degli anni 2000, è stata avviata la reingegnerizzazione del ramo NS quale Sistema Ricevente di un Radar bistatico. Sono stati quindi realizzati degli appositi Back End per ricezione ed analisi dell'eco-radio, suddiviso in CW (doppler) e Chirp (ranging). Questo segnale occupa circa 5 MHz nella banda radio adiacente (superiore) quella RA perciò, e per rendere il sistema operativo, è necessario risintonizzare l'O.L. da 378 a 382,23 MHz.

In questo contesto è stato "allargato" il FoV (Field of View) delle antenne NS, frazionando la linea focale di ciascun cilindro in 4 settori (da 16 dipoli), ciascuno dei quali provvisto di un proprio ricevitore. I segnali, opportunamente amplificati e filtrati (BW=16 MHz), raggiungono quindi la Stanza Ricevitore tramite Fibre Ottiche (con lunghezza opportunamente equalizzata). Qui sono stati realizzati dei nuovi Back-end (32 ogni Ch NS) che realizzano la conversione in IF (30 MHz) del segnale radio analogico, la sua conversione A/D, l'acquisizione ed elaborazione dati.

Da questo B.E. sono stati derivati 16 segnali IF relativi 4 cilindri contigui del Ch 1N (1N1-1N4), quindi sommati per realizzare un fascio analogico necessario al dispositivo National (USRP 2954-R) che determina la misura di Ranging, ossia la lunghezza del percorso compiuto dal segnale radio: Tx-oggetto riflettente-Rx.

Per realizzare queste 16 catene, riducendo la larghezza di banda IF per minimizzare la presenza di possibili RFI, sono state riadattate le 6 IF del Sistema Pulsar e, una volta testato il sistema, ne sono state realizzate ulteriori 10. Queste catene, calibrate ciascuna tramite appositi sfasatori, vengono sommate per realizzare un singolo fascio fisso ($1,6^\circ \times 1^\circ$) centrato nel FoV del singolo elemento (circa $6^\circ \times 5,5^\circ$). Tali sfasatori consentono inoltre la realizzazione di un tracking-beam "elettrico", in grado di aumentare il tempo di ricezione dell'eco-radio, ovviamente all'interno del FoV .



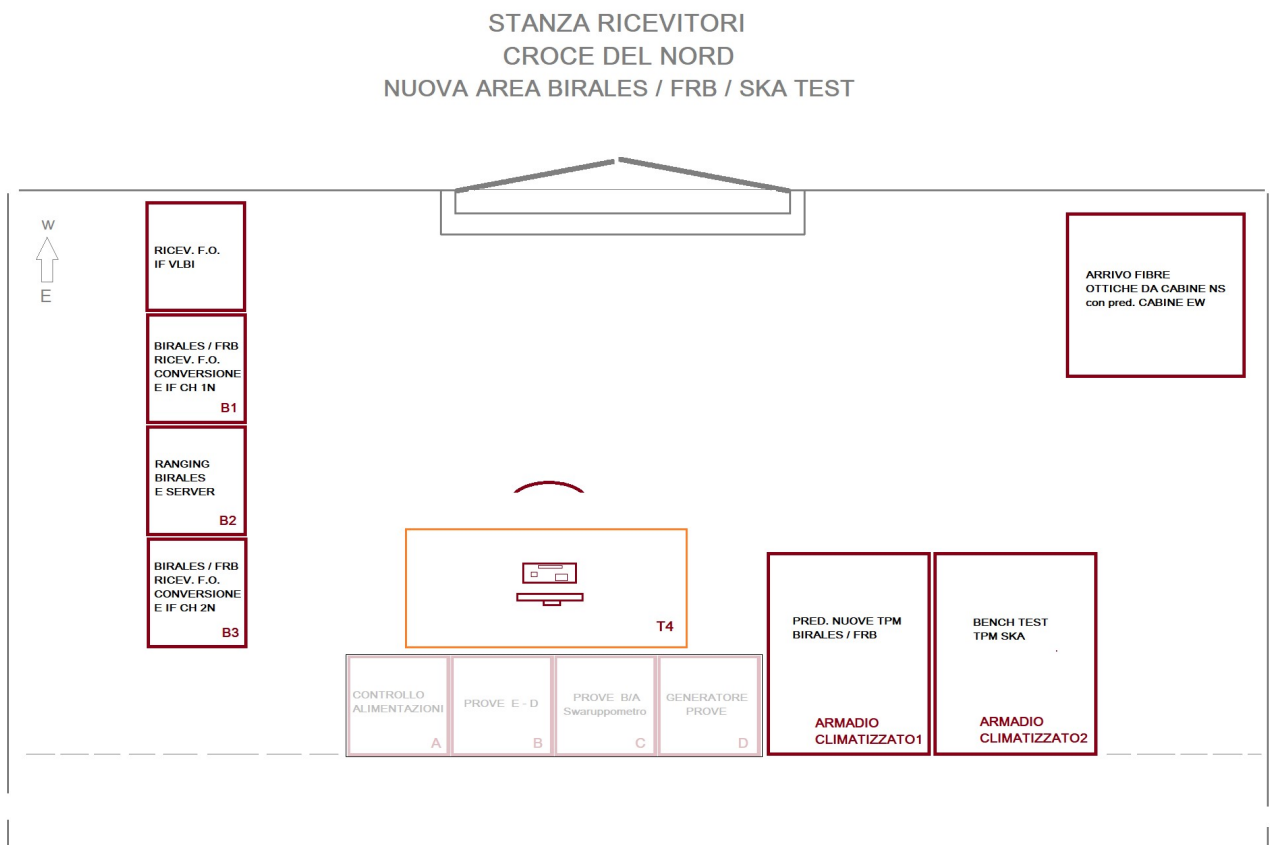
Nuovo Fascio Analogico NS Best 1N (4 Cilindri-16 Ricevitori) – Rack E ed F

Rimodulazione spazi per dispositivi Birales, FRB e test SKA

L'entrata della Croce nel progetto Birales e SKA, avvenuto come precedentemente riportato a metà degli anni 2000, ha visto la necessità di ricavare spazio per l'alloggiamento dei nuovi dispositivi necessari allo svolgimento dei primi test e successive osservazioni. In seguito tali dispositivi sono stati integrati per realizzare anche test ed osservazioni FRB.

Questi spazi sono stati ricavati nel lato Ovest della Stanza, con una rimodulazione di minima di alcuni Supporti Rack.

Segue una planimetria (non in scala) degli spazi Birales ed FRB ed alcune immagini relative ai Rack li installati.





Rack B-B3



Armaffio arrivo Cassetti Fibre Ottiche



Armadi Climatizzati

Predisposizione Stanza Ricevitore per il futuro Data Center FRB e Birales

Dal 2023 la Stanza Ricevitori Croce necessita di un'importante ristrutturazione per "ospitare" il nuovo Centro di Calcolo della Croce del Nord, a valle di un rilevante upgrade tecnologico del Radiotelescopio stesso. Questa ristrutturazione giunge in un periodo di forti cambiamenti, dove si alternano importanti progetti innovativi ed avvicendamenti di personale tecnico, e prelude ad un grosso rinnovamento della Stazione Radioastronomica di Medicina.

Con questo report si intende lasciare quindi documentazione "storica" a memoria di ciò che ha costituito il cuore primitivo della Stazione di Medicina e che ora è proiettato a divenire il Data Center di nuovi ambiziosi Progetti di Ricerca in ambito FRB ed SST, la cui realizzazione è prevista nel PNRR "Next Generation Croce del Nord" in corso di attuazione.

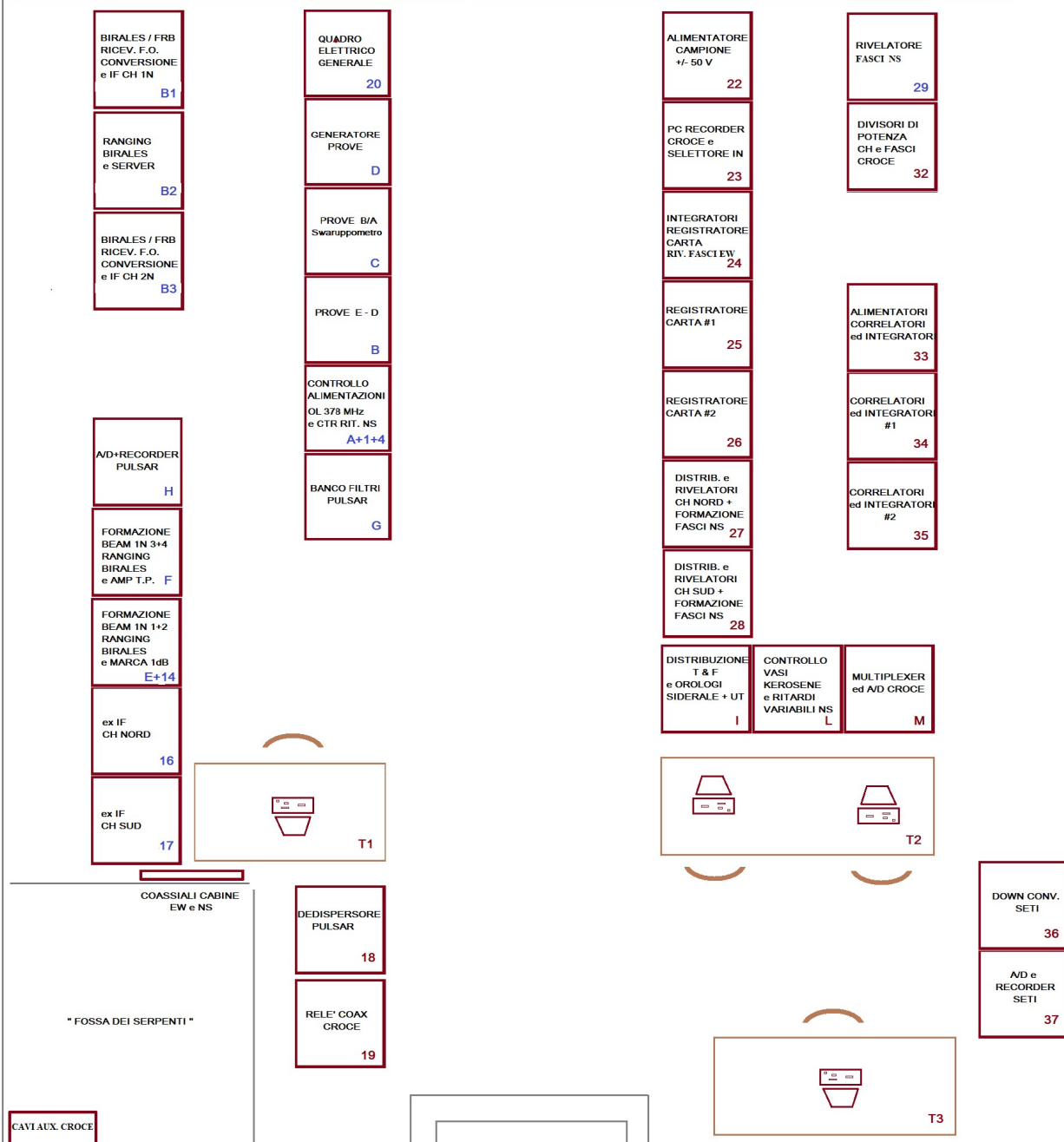
Per ricavare nuovo spazio è stato quindi ridotto il numero delle Colonne rack presenti, mantenendo i blocchi ancora in funzione e quelli più "storicamente" rilevanti.

Segue una planimetria (non in scala) dell'attuale disposizione della Sala Ricevitori



SPAZIO PER NUOVO DATA CENTER

NUOVA DISPOSIZIONE STANZA RICEVITORI CROCE DEL NORD



Riferimenti di alcune campagne osservative realizzate con la Croce del Nord

Braccesi A., Ceccarelli M., Fanti R., Gelato G., Giovannini C., Harris D., Rosatelli C., Sinigaglia G., Volders L.

A CATALOG OF RADIOSOURCES FROM DEC. -30° TO -20° AT 408 MHZ

Laboratorio Nazionale di Radioastronomia, Ministero della Pubblica Istruzione, Istituto di Fisica dell'Università – Bologna
1965, Il Nuovo Cimento

Colla G., Fanti C., Fanti R., Ficarra A., Formiggini L., Gandolfi E., Grueff G., Lari C., Padrielli L., Roffi G., Tomasi P., Vigotti M.:

A CATALOGUE OF 3235 RADIO SOURCES AT 408 MHZ.

1970, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 1, 281.

Colla G., Fanti C., Fanti R., Ficarra A., Formiggini L., Gandolfi E., Lari C., Marano B., Padrielli L., Tomasi P.:

THE B2 CATALOGUE OF RADIO SOURCES - SECOND PART.

1972, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 7, 1.

Colla G., Fanti C., Fanti R., Ficarra A., Formiggini L., Gandolfi E., Gioia I., Lari C., Marano B., Padrielli L., Tomasi P.:

THE B2 CATALOGUE OF RADIO SOURCES - THIRD PART.

1973, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 11, 291.

Fanti C., Fanti R., Ficarra A., Padrielli L.:

THE B2 CATALOGUE OF RADIO SOURCES - FOURTH PART. 1974, Astron.

Astrophys. Suppl. Ser., 18, 147. Kellermann, K.I.

1974, A.J., 140, 969.

Ficarra A., Grueff G., Tomasetti G.

A NEW BOLOGNA SKY SURVEY AT 408 MHZ

1985, Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser., Vol. 59, p. 255-347

Pedani M., Grueff, G.

The 408 MHz A B3.2 Survey

1999, Astronomy and Astrophysics

Facondi S.R., Vettolani G., Zamorani G.

A CATALOGUE OF SUPERNOVAE DISTANCES FROM THE NUCLEI OF PARENT GALAXIES

1976, IRA Technical Report 10/76

Fanti R., Ficarra A., Mantovani F., Padrielli L., Weiler K.

VARIABILITY OF EXTRAGALACTIC RADIOSOURCES AT 408 MHZ. RESULTS OF A 3 YEAR MONITORING PROGRAM.

1979, Astronomy and Astrophysics Supplement Series, vol. 36, June 1979, p. 359-369.

D'Amico N., Fauci F., Bortolotti C., Cattani A., Maccaferri A., Montebugnoli S.

PULSAR OBSERVATION WITH THE "NORTHERN CROSS"

1990 – Il Nuovo Cimento - Volume 13C, N.2 .

G. Grueff, F. Altieri, C. Bortolotti, A. Cattani, L. Feretti, S. Montebugnoli
**UNA MAPPA RADIO DEL CIELO ALLA FREQUENZA DI 408 MHZ NELLA
ZONA $+46^{\circ} < DEC < +58^{\circ}$**
RI IRA 281/99

Ringraziamenti

Si ringrazia Germano Bianchi per aver svolto il Referee di questo Rapporto Tecnico.

Si ringraziano infine tutti coloro hanno contribuito, a vario titolo ed in differenti fasi, al nuovo allestimento della Stanza Ricevitori.