

Noto User Manual

32-m Antenna

Versione 1

Elena Cenacchi, Alessandro Orfei, Francesco Schillirò, Karl-Heinz Mack

e.cenacchi@ira.inaf.it

IL RADIOTELESCOPIO

Ultima modifica : 11 settembre 2006

Indice

IL RADIOTELESCOPIO

1 – INTRODUZIONE	5
2 – STRUTTURA DELL'ANTENNA	7
2.1 Specchio primario	7
2.2 Quadropode e specchio secondario	8
2.2.1 <i>Wobbling</i>	9
2.3 Errori di puntamento	10
2.4 Riepilogo delle specifiche	11
2.4.1 <i>Condizioni di osservazione</i>	11
2.4.2 <i>Accuratezza superficiale</i>	11
2.4.3 <i>Errori di puntamento</i>	12
3 – OTTICHE	13
3.1 Fuoco primario	13
3.2 Fuoco Cassegrain.....	14
3.3 Specifiche dei servosistemi.....	15
4 – FRONT END	17
4.1 Feed e ricevitori.....	17
1.6 GHz	18
2.3/8.3 GHz.....	19
5 GHz	20
22 GHz	21
43 GHz	22
4.2 Distribuzioni.....	23
4.3 Stanza di controllo	24
5 – EFFICIENZA E TEMPERATURE DI SISTEMA	25
6 – VLBI	27
7 – MODI OSSERVATIVI	29
7.1 Tecniche ON-OFF	29
7.2 Tecniche di mappatura	29
8 – BACK END	33
8.1 Spettrometri	34
8.1.1 <i>Arcos</i>	34
8.2 Continuo	35
8.2.1 <i>Mark IV</i>	35
8.3 VLBI	37
8.3.1 <i>Mark IV</i>	37

1. Introduzione

L'antenna da 32 m di Noto è un radiotelescopio di configurazione Cassegrain (specchio primario parabolico, specchio secondario iperbolico) operativo dal 1989, gestito dall'Istituto di

Radioastronomia, facente parte fino al 2004 del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) e, attualmente, parte dell' INAF (Istituto Nazionale di AstroFisica).



Fig. 1.1 : L'antenna di Noto

Le caratteristiche principali di questo strumento sono :

- . Sistema automatico di Ottica Attiva;
- . Wobbling del secondario (tempo di spostamento ≤ 1 sec per $\nu \geq 20$ GHz)
- . Completa automazione e controllo remoto delle configurazioni osservative

Posizione	Noto, Italia
Coordinate	Lat. 36°52'33.78" N - Long. 14°59'20.51" E

	Alt. 30 m s.l.m.
Ottica	Cassegrain
Frequenze operative	1.4 ÷ 86 GHz
Diametro del riflettore parabolico	32 m
Diametro del sub-riflettore iperbolico	3.2 m
Fuochi disponibili	Primario f/D = 0.32 Cassegrain f/D = 3.04
Escursione in elevazione	0° ÷ 90°
Escursione in azimut	± 270°
Velocità di spostamento (vel. vento < 60 km/h)	48°/min Azimuth 30°/min Elevazione
Accuratezza superficiale complessiva (<i>rms</i> da specifiche)	0.1 mm
Puntamento (<i>rms</i> da specifiche)	8 arcsec
Risoluzione	38.7 arcmin/f (GHz)
Guadagno	0.10 ÷ 0.16 K/Jy
Primi lobi laterali	circa 20 dB sotto al lobo principale
Montatura dei ricevitori	Fuoco primario : posizionatore mobile con 2 alloggiamenti; Fuoco Cassegrain : fisso 1 alloggiamento
Sistema di correzione del riflettore parabolico	Ottica Attiva (Look up table)

Tab. 1.1 : Caratteristiche dell'antenna di Noto

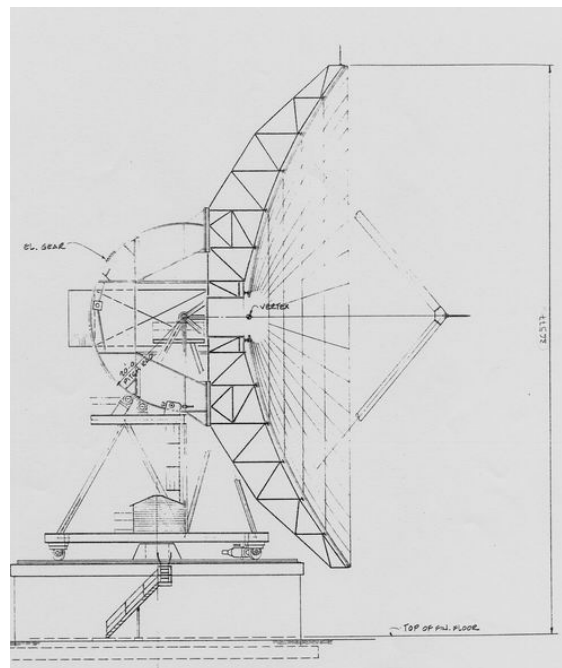


Fig. 1.2 : Antenna di Noto, fianco

2. Struttura dell'Antenna

2.1 Specchio primario

Il riflettore primario, di 32 metri di diametro, è costituito da 240 pannelli di alluminio (RMS = 0.1 mm nominali) sorretti da una travatura reticolare posteriore. Al vertice dello specchio è previsto l'alloggiamento per la strumentazione relativa al fuoco Cassegrain.

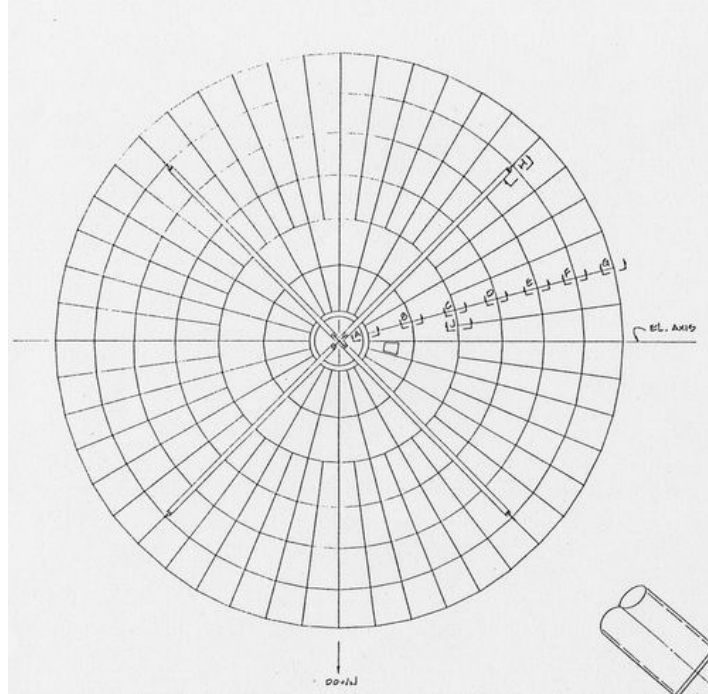
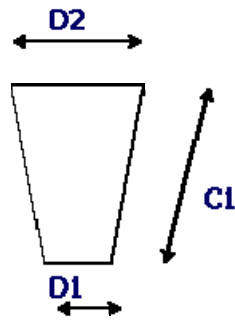


Fig. 2.1 : Specchio primario, fronte



	C1 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)
Fila B	2617.8	437.62	1113.96
Fila C	2604.15	1113.96	1770.4
Fila D	2617.24	887.1	1206.06
Fila E	2648.38	1206	1515
Fila F	2659.33	1515.04	1810.74
Fila G	2718	1810.74	2098.14

Tab. 2.1 : Geometria dei pannelli

2.2 Quadrupode e specchio secondario

La meccanica che consente lo spostamento angolare dello specchio è stata progettata al fine di aumentare il numero di ricevitori installabili in fuoco Cassegrain, anche se attualmente tale sistema è usato per realizzare la tecnica del 'beam switching' utilizzando un ricevitore alla volta; questo modo di operare risulta sempre vantaggioso rispetto alla tecnica di [Position Switching](#), all'aumentare della frequenza.

Frequenza (GHz)	Beam HPBW (")	Rotazione specchio 2.5 beam (°)	Tempo corsa (sec)	Rotazione specchio 5 beam (°)	Tempo corsa (sec)
5	450	2.56	1.16	5.12	2.12
6	390	2.22	1.03	4.44	1.86
22	120	0.68	0.45	1.37	0.71

Tab. 2.3 : Tempi di spostamento del sub-riflettore dell'antenna di Medicina

2.3 Errori di puntamento

Il recupero degli errori di puntamento dovrà essere tanto migliore quanto più elevata sarà la frequenza di osservazione, ovvero quanto più stretto sarà il beam dell'antenna.

In generale ci si può attenere alla seguente :

$$\delta_p = \frac{HPBW}{10}$$

δ_p = errore di puntamento

HPBW = larghezza del beam a -3 dB (livello di metà potenza del lobo principale)

Per quanto riguarda l'antenna di Noto si ottengono i valori elencati nella seguente tabella :

Frequenza (GHz)	HPBW (')	Errore (')
1.5	29	≤ 2.9
22	2	≤ 0.2

Tab. 2.4: Beam ed errore di puntamento

Gli errori sistematici nell'allineamento meccanico ed elettromagnetico delle varie parti strutturali montate e dei feeds portano tipicamente ad errori di puntamento molto elevati, dell'ordine di alcuni minuti d'arco. Tuttavia, tali errori sono stati stimati con campagne di osservazioni astronomiche ad hoc (osservazione di radiosorgenti standard di riferimento), atte a quantificarli in funzione della posizione (Az/El) dell'antenna e a descriverli all'interno di un modello matematico complessivo.

Una volta applicato il modello l'errore residuo è di 0.1' in azimuth ed elevazione, in ottimo accordo con i requisiti.

2.4 Riepilogo delle specifiche

2.4.1 Condizioni di osservazione

	Parametri	Specifiche
Precisione	Vento, continuo	< 25 km/h
	Vento, raffiche	20 ÷ 30 km/h
	Sole	Assenti
	Precipitazioni	Assenti
	Temperatura	-25 ÷ 30 °C
Normale	Umidità	< 90 %
	Vento, continuo	< 65 km/h
	Vento, raffiche	50 ÷ 80 km/h
	Precipitazioni	Assenti
Limiti strutturali	Temperatura	-30 ÷ 50 °C
	Umidità	< 100%
	Vento	200 km/h
	Precipitazioni	< 5 cm/h neve
	Scosse sismiche	0.3 g in orizzontali

Tab. 2.5: Condizioni di osservazione

In condizioni estreme e quando non in uso, l'antenna dovrà essere bloccata a 90° di elevazione e 206.151° di azimuth (stow position).

2.4.2 Accuratezza superficiale

Elementi Strutturali	(RSS mm) 90° EI	(RSS mm) 60° EI
Pannelli specchio primario	0.1	0.1
Pannelli subriflettore	0.38	0.38
Deformazioni gravitazionali	0	0
Accuratezza di superficie best fit parabola	0.2	0.2

Tab. 2.6 : Accuratezza superficiale elevazione pari a 90° e 60°

Per quantificare l'errore di fase relativo all'accuratezza di superficie si utilizza la seguente :

$$\varepsilon = \frac{4\pi\delta}{\lambda} [\text{rad}]$$

δ = accuratezza superficiale

λ = lunghezza d'onda di osservazione

In genere si assume come errore di fase massimo accettabile $\varepsilon = 36^\circ = 0.63 \text{ rad}$ da cui si deduce una minima λ di lavoro pari a :

$$\lambda_{\min} \approx 20\delta_{\max}$$

Per l'antenna di Noto si ottiene :

$$\lambda_{\min} \approx 4 \text{ mm} \rightarrow \nu_{\max} \approx 75 \text{ GHz}$$

2.4.3 Errore di puntamento

Condizione	Errore (rms arcmin)
Normal/Precision	0.13

Tab. 2.7 : Errore di puntamento

La lunghezza focale dello specchio primario è di circa 10.3 metri, ne risulta un rapporto $F_1/D \approx 0.32$.

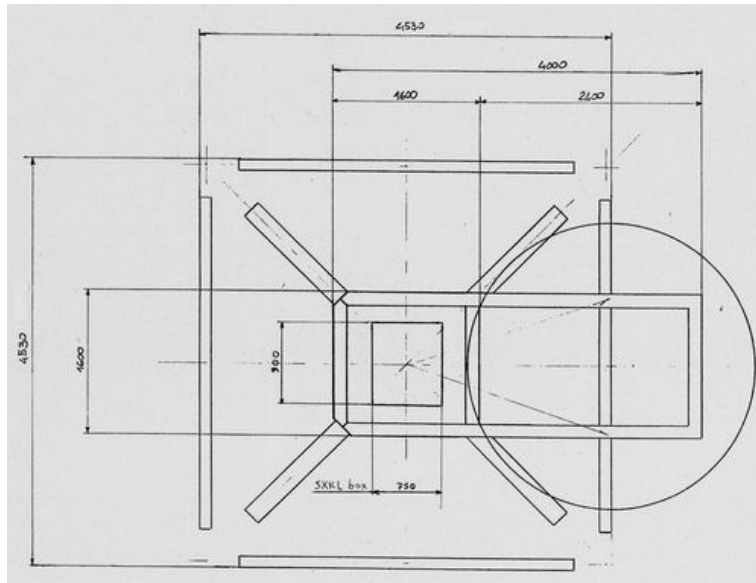


Fig. 3.3 : Fuoco primario (dimensioni in mm)

3.2 Fuoco Cassegrain

Il sub-riflettore, posto a circa 9 metri dal vertice dello specchio primario, consente di osservare in fuoco Cassegrain (che si trova a circa 20 cm dal vertice del riflettore).

Questo fuoco è studiato in modo da offrire più posizioni focali adiacenti, ottenibili mediante lo spostamento angolare dello specchio secondario (v. fig. 3.4).

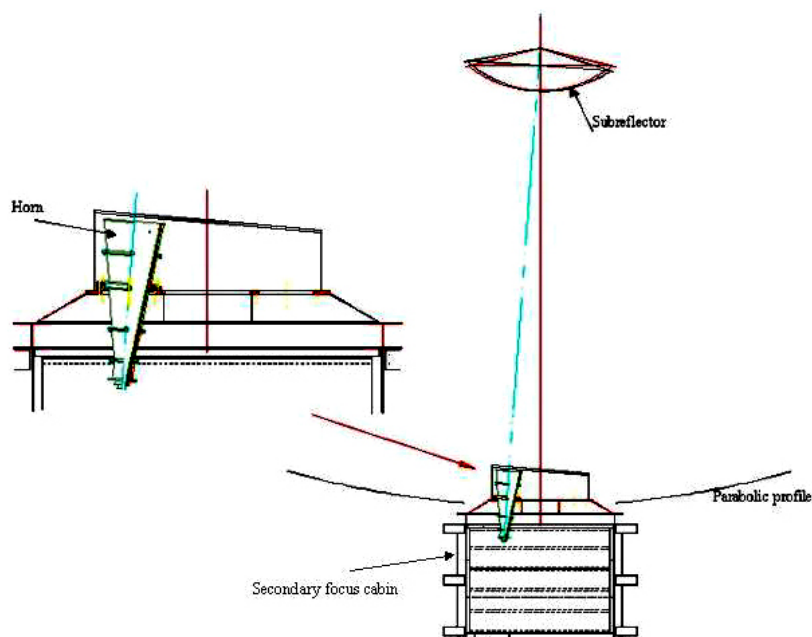


Fig. 3.4 : Piano focale Cassegrain

A differenza della parabola di Medicina, tuttavia non è stata scelta la filosofia del posizionamento dei ricevitori in tutte le posizioni osservative, piuttosto viene installato un ricevitore per volta in posizione centrale. La tecnica del Wobbling viene utilizzata esclusivamente per realizzare il Beam Switching (per es. On Source-Off Source) e velocizzare le operazioni di stima radiometrica.

Lo specchio secondario, realizza un ingrandimento i_2 che dipende dal rapporto tra la sua lunghezza focale e la sua distanza dal primo fuoco (circa 9 metri e 1 metro rispettivamente).

Il calcolo della focale complessiva si effettua quindi nel modo seguente :

$$i_2 = \frac{9.074}{0.956} \approx 9.49$$

$$F_2 = i_2 \cdot F_1 \approx 97.36 \text{ [m]}$$

Ne risulta un rapporto $F_2/D \approx 3.04$

3.3 Specifiche dei servosistemi

Movimento in azimuth		Unità	Valore
Cinematica	Escursione	(°)	540
	Velocità angolare	(°/sec)	0.8
	Accelerazione angolare	(°/sec ²)	0.82
Configurazione	Numero di ruote	(-)	4
	Ruote motrici	(-)	2
	Motori per ruota motrice	(-)	1
Rotaia	Diametro	(m)	18.3

Tab. 3.1 : Movimento in azimuth

Movimento in elevazione		Unità	Valore
Cinematica	Escursione	(°)	90
	Velocità angolare	(°/sec)	0.5
	Accelerazione angolare	(°/sec ²)	0.31

Tab. 3.2 : Movimento in elevazione

Posizionatore feeds fuoco primario		Unità	Valore
Cinematica	Escursione	(mm)	420
	Velocità	(mm/sec)	7.2
	Accelerazione	(mm/sec ²)	24

Tab. 3.3 : Posizionatore trasversale feeds fuoco primario

Posizionatore feeds fuoco primario asse z		Unità	Valore
---	--	-------	--------

Cinematica	Escursione	(mm)	350
	Velocità	(mm/sec)	7.2
	Accelerazione	(mm/sec ²)	24

Tab. 3.4: Posizionatore feeds fuoco primario, asse z

Subriflettore		Unità	Valore
Cinematica	Escursione asse x	(mm)	160
	Escursione asse y	(mm)	160
	Escursione asse y fuori fuoco	(mm)	2240
	Escursione asse z	(mm)	250
	Escursione angolare asse x	(°)	±4.2*
	Escursione angolare asse y	(°)	±4.2*
	Velocità asse x	(mm/sec)	55.5
	Velocità asse y	(mm/sec)	17.1
	Velocità asse z	(mm/sec)	48.3
	Velocità angolare	(°/sec)	1.9

Tab. 3.5 : Cinematica del subriflettore

*A partire dal feed centrale.

4. Front End

4.1 Feeds e Ricevitori

Il range di osservazione per l'antenna di Noto è attualmente 1.35÷48 GHz . Di seguito vengono riportate le caratteristiche di tutti i ricevitori sia in fuoco primario che secondario:

Banda (Sigla)	ν_0 (GHz)	λ (cm)	Canali	ν_{Lsky} (GHz)	ν_{Hsky} (GHz)	Guadagno K/Jy	Temperatura di rumore (K)	Banda (MHz)	HPBW	Hemt	Freddo
P	0.327	92	L+R	0.317	0.332	0.1	150	-	100'	N	N
UHF	0.5-1	60-30	L+R	0.5	1	0.1	-	-	32'-64'	N	N
L	1.6	18/21	L+R	1.40	1.72	0.12	120	2x35	22'	Y	N
S	2.3	13	R	2.2	2.36	0.17	120	2x160	20'	Y	N
C	5	6	L+R	4.7	5.05	0.15	30	2x350	8'	Y	Y
X	8.3	3.6	R	8.18	8.58	0.15	110	2x400	4.8'	Y	N
12	12	2.5	HV	11.70	12.75	-	-	-	3'	N	N
K	22	1.3	L+R	22.18	22.46	0.13	90	2x400	1.7'	Y	Y
Q	43	0.7	L+R	38	48	0.1	70	2x400	0.9'	Y	Y

Tab. 4.1 : Caratteristiche dei ricevitori

Fuoco Cassegrain
Fuoco Primario

$\nu_{Lsky} \div \nu_{Hsky}$: banda massima del ricevitore

La sigla dei ricevitori è stata assegnata solo a scopo identificativo.

Alle bande UHF, P, L ed S le bande a disposizione potrebbero essere inferiori a quanto sopra riportato, per via delle interferenze.

1.6 GHz

Tipo	Caldo
Canali	2
Polarizzazione	LHC-RHC
Frequenza centrale (GHz)	1.56
Temperatura di rumore (K)	120
Banda RF utile(GHz)	1.40÷1.72
Larghezza filtro RF (MHz)	320
Larghezza filtro IF (MHz)	35
Banda RF istantanea (GHz)	1.366÷1.446
Frequenza OL (GHz)	1.279
Range OL (GHz)	1.020÷1.305
Conversione (GHz)	Single USB 0.330÷0.365

Parametri standard del ricevitore a 1.6 GHz

La banda massima è 80 MHz, collocabile, per via delle interferenze, solo nei due range RF descritti in tabella. Per spostare la banda IF standard all'interno della banda RF, di una quantità $\Delta\nu$, è necessario settare una diversa frequenza dell'oscillatore locale (entro il range descritto in tabella), secondo la seguente :

$$RF = 1.4 \div 1.72 \rightarrow \nu_{OL} = 1.279 \pm \Delta\nu$$

2.3-8.3 GHz

Tipo	Caldo Coassiale	
Canali	2	
Polarizzazione	RHC	LHC
Frequenza centrale (GHz)	2.28	8.58
Temp. di rumore	120	110
Banda RF utile (GHz)	2.20÷2.36	8.18÷8.58
Larghezza filtro RF (MHz)	160	400
Larghezza filtro IF (MHz)	160	400
Banda RF istantanea (GHz)	2.20÷2.36	8.18÷8.58
Frequenza OL (GHz)	2.020	8.080
OL range (GHz)	0	0
Conversione (GHz)	Singola USB 0.18÷0.34	Singola USB 0.1÷0.5

Parametri standard del ricevitore coassiale 2.3-8.3 GHz

E' possibile utilizzare i due ricevitori sia singolarmente (1 uscita IF) che insieme (coassiale, 2 uscite IF). Per le osservazioni coassiali VLBI si utilizza un solo canale per ognuno dei due ricevitori.

5 GHz

Tipo	Freddo
Canali	2
Polarizzazione	LHC-RHC
Frequenza centrale (GHz)	4.875
Temp. di rumore	30
Banda RF utile (GHz)	4.65÷5.15
Larghezza filtro RF (MHz)	500
Larghezza filtro IF (MHz)	350
Banda RF istantanea (GHz)	4.700÷5.050
Frequenza OL (GHz)	1.150x4
OL range (GHz)	1.138÷1.175
Conversione (GHz)	Singola USB 0.1÷0.45

Parametri standard del ricevitore a 5 GHz

Per spostare la banda IF standard all'interno della banda RF, di una quantità $\Delta\nu$, è necessario settare una diversa frequenza dell'oscillatore locale (entro il range descritto in tabella), secondo la seguente :

$$v_{OL} = \frac{4.600 \pm \Delta\nu}{4}$$

22 GHz

Tipo	Freddo
Canali	2
Polarizzazione	LHC-RHC
Frequenza centrale (GHz)	22.150
Temp. di rumore (K)	90
Banda RF utile (GHz)	21.90÷22.40
Larghezza filtro RF (MHz)	500
Larghezza filtro IF (MHz)	400
Banda RF istantanea (GHz)	21.95÷22.35
Frequenza OL1 (GHz)	1.150 x18
Frequenza OL2 (GHz)	1.150
Range OL1 (GHz)	20.668÷20.778
Conversione (GHz)	Doppia USB 1.147÷1.153 0.1÷0.5

Parametri descrittivi del ricevitore a 22 GHz

Per spostare la banda IF standard all'interno della banda RF, di una quantità $\Delta\nu$, è necessario settare una diversa frequenza dell'oscillatore locale (entro il range descritto in tabella), secondo la seguente :

$$\nu_{ol} = \frac{22.15 \pm \Delta\nu - 0.3}{19}$$

43 GHz

Tipo	Freddo
Canali	2
Polarizzazione	LHC-RHC
Frequenza centrale (GHz)	42.5
Temp. di rumore (K)	40
Banda RF utile (GHz)	37÷48
Larghezza filtro RF (MHz)	11000
Larghezza filtro IF (MHz)	400
Banda RF istantanea (GHz)	42.3÷42.7
Frequenza OL1 (GHz)	15.86
Range OL1 (GHz)	13.21÷18.51
Frequenza OL2 (GHz)	10.500
Conversione	Doppia USB 10.5÷11.5 0.1÷0.5

Parametri descrittivi del ricevitore a 43 GHz

Per spostare la banda IF standard all'interno della banda RF, di una quantità $\Delta\nu$, è necessario settare una diversa frequenza dell'oscillatore locale (entro il range descritto in tabella), secondo la seguente :

$$v_{OL} = \frac{42.5 \pm \Delta\nu - 10.5 - 0.271}{2}$$

4.2 Distribuzioni

Le connessioni tra i fuochi dell'antenna riguardano tre tipi diversi di segnale :

. Oscillatore locale : per ridurre la spesa relativa alla costruzione di un elevato numero di ricevitori supereterodina completamente indipendenti, una soluzione molto adottata prevede la condivisione di alcuni oscillatori locali (ad esempio per almeno una delle due conversioni). Un solo oscillatore può quindi servire più ricevitori attraverso un sistema di distribuzione del segnale.

. IF : i segnali RF ricevuti dal Front End, una volta convertiti in IF, sono "portati" ai Back End installati nella stanza di controllo, alla base dell'antenna.

. Reference : segnale a 5 MHz proveniente dall' H-maser, necessario alla stabilità degli oscillatori locali.

Tutti i segnali sull'antenna sono cablati con cavo coassiale.

Lo schema di distribuzione dei segnali è in sostanza abbastanza semplice.

Il segnale di oscillatore è distribuito da un apposito OL Distributor (OLD).

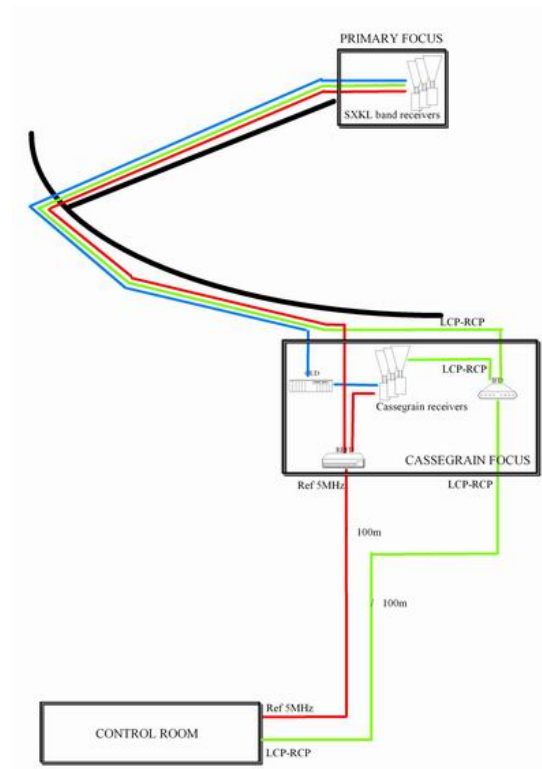


Fig. 4.1 : Schema delle distribuzioni tra i fuochi

4.3 Stanza di Controllo

La stanza di controllo, nella quale sono installati i backend per l'elaborazione dei dati, si trova alla base dell'antenna ed è connessa ai vari fuochi tramite le linee di comunicazione (alcune delle quali in fibra ottica) mostrate in figura.

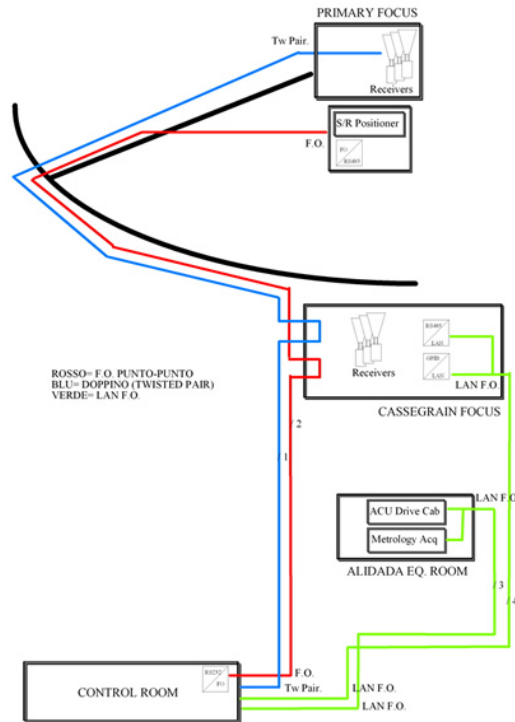


Fig. 4.2 : Linee di controllo

Oltre a comandare i ricevitori, il movimento dell'antenna e il movimento del sub-riflettore, sarà possibile agire sul sistema metrologico (sensori di temperatura) e una piccola antenna utilizzata per l'olografia della superficie del telescopio.

5. Efficienza e Temperature di Sistema

La definizione di guadagno dell'antenna è la seguente :

$$G = 10^{-26} \frac{m \eta_A A_g}{k_B} \left[\frac{\text{K}}{\text{Jy}} \right]$$

$m = 0.5$ (radiazione non polarizzata)

A_g = area geometrica di raccolta

k_B = costante di Boltzmann

η_A = efficienza dell'antenna

Per l'antenna di Noto le costanti, raccolte, forniscono :

$$10^{-26} \frac{A_g}{2 \cdot k_B} \approx 0.292$$

Il termine η_A è l'efficienza complessiva dell'antenna calcolata tenendo in considerazione tutti i fattori di degradazione del segnale in ricezione.

Il guadagno dell'antenna varia al variare dell'elevazione e l'andamento è approssimato da una curva di secondo grado del tipo :

$$ax^2 + bx + c$$

In tabella sono elencati i parametri polinomiali delle curve normalizzate alle varie frequenze :

Frequenza (GHz)	a	b	c
0.327	0	0	1
0.5-1	0	0	1
1.6	$-6.8310687 \cdot 10^{-5}$	$7.285044 \cdot 10^{-3}$	$8.0577027 \cdot 10^{-1}$
2.3	$-5.8197959 \cdot 10^{-5}$	$9.4270958 \cdot 10^{-3}$	$6.1824204 \cdot 10^{-1}$
5	$-1.4396956 \cdot 10^{-5}$	$1.9594323 \cdot 10^{-3}$	$9.3333009 \cdot 10^{-1}$
8.3	$-6.2013643 \cdot 10^{-5}$	$6.9932510 \cdot 10^{-3}$	$8.0284355 \cdot 10^{-1}$
12	-	-	-
22	$-1.1407653 \cdot 10^{-4}$	$1.1413276 \cdot 10^{-2}$	$7.1452747 \cdot 10^{-1}$
43	$-2.0746800 \cdot 10^{-5}$	$1.7584500 \cdot 10^{-3}$	$2.0928100 \cdot 10^{-2}$

Tab. 5.1 : Curve di guadagno, coefficienti dei polinomi.

Per calcolare la sensibilità, vale la seguente :

$$\Delta S = \frac{\alpha T_{sys}}{G \sqrt{\Delta \nu \tau n N_{IF}}}$$

α = costante di sensibilità (=1)

T_{sys} = temperatura di sistema

G = guadagno (K/Jy)

$\Delta \nu$ = banda di osservazione

τ = tempo di integrazione in secondi

n = numero di osservazioni su cui si media

N_{IF} = numero di canali disponibili (= 1,2)

Nella tabella seguente sono elencati, per tutte le frequenze, temperatura di sistema (elevazione 45°) e sensibilità dell'antenna di Noto.

ν_0 (GHz)	T ricevitore (K)	Tsys (K)	η_A (%)	G (K/Jy)	SEFD (Jy)	Banda (MHz)	ΔS (mJy- \sqrt{h})
0.327*	150	170	34	0.1	1700	2x15	310
0.5-1*	-	-	34	0.1	-	-	-
1.6*	120	130	41	0.12	1083	2x35	129
2.3*	120	140	58	0.17	823	2x160	46
5	30	48	51	0.15	320	2x350	12
8.3	110	130	51	0.15	867	2x400	31
12	-	-	-	-	-	2x1050	-
22	90	110	44	0.13	846	2x400	30
43	70	60	28	0.1	800	2x400	21

Tab. 5.2 : Sensibilità dell'antenna a 45°, assumendo $\tau = 1$ sec, $n=1$, $N_{IF} = 2$

Fuoco Cassegrain

Fuoco Primario

*A causa delle interferenze presenti a queste frequenze, la banda a disposizione è in genere inferiore alla massima consentita dal ricevitore.

6. VLBI

Le applicazioni VLBI dell'antenna di Noto fanno capo attualmente al circuito internazionale EVN ([European VLBI Network](#)), del quale l'antenna fa parte dal 1984.

Alcune osservazioni vengono effettuate con le due sole antenne italiane (Noto e Medicina) utilizzando poi il correlatore di Bonn. Una volta che SRT sarà operativo ci saranno i presupposti per una rete VLBI italiana (I-VLBI).

7. Modi Osservativi

7.1 Tecniche ON-OFF

Al fine di ridurre il più possibile i contributi indesiderati introdotti dalle fluttuazioni atmosferiche durante un'osservazione è necessario ricorrere a tecniche osservative basate sul confronto di almeno una coppia di esposizioni, di cui una condotta sull'obiettivo e una su una zona di cielo adiacente, abbastanza libera da emissioni.

Poiché alle alte frequenze le fluttuazioni dell'atmosfera incidono maggiormente e con elevata frequenza temporale, diventa necessario poter muovere l'antenna molto velocemente tra le due posizioni (che dovranno essere ragionevolmente vicine), oppure ricorrere ad alternative che non richiedano necessariamente il movimento di tutta la struttura.

L'antenna di Noto offre le seguenti tecniche ON-OFF :

- . Position Switching

Tutta l'antenna viene spostata per puntare due posizioni differenti. In generale il tempo di spostamento in una direzione per alcuni beam è di 5 secondi, un tempo che si può considerare indipendente dalla frequenza di osservazione.

- . Wobbling

Lo spostamento del beam dell'antenna viene ottenuto spostando solo lo specchio secondario. Questa tecnica implica tempi morti molto inferiori del Position Switching.

In entrambe i casi l'algoritmo utilizzato è di tipo ON-OFF-ON-OFF.

7.2 Tecniche di Mappatura

Ogni volta che l'emissione di interesse coinvolge un'area di estensione superiore al beam dell'antenna, è necessario ricorrere a più puntamenti successivi al fine di coprire l'area che si vuole studiare.

Per campionare correttamente una sorgente lungo una direzione occorre una distanza tra i singoli puntamenti data dalla formula di Nyquist :

$$\Delta\theta = \frac{1\lambda}{2D}$$

E' prassi comune esprimere il campionamento in frazioni di beam :

$$\Delta\theta = \frac{1\lambda}{2D} \approx 0.43HPBW$$

L'antenna di Noto offre principalmente due tecniche di mappatura :

. Raster Scan

In questa modalità si utilizzano puntamenti discreti adiacenti (modalità "point and shoot") durante i quali l'antenna si ferma per il tempo di esposizione necessario.

Il tempo necessario a coprire una mappa di area A , considerando il solo tempo speso sulla sorgente, con un elemento monofeed, è stimabile con la seguente :

$$t_{ON} \approx N_p \cdot t_{esp}$$

$$N_p = \frac{A}{\left(\frac{HPBW}{2}\right)^2}$$

N_p = numero di puntamenti necessari

t_{esp} = tempo di una singola esposizione (funzione della sensibilità desiderata).

Si è approssimato il campionamento di Nyquist con uno spostamento di $\frac{1}{2}$ beam in due direzioni (verticale e orizzontale).

Poichè alla tecnica di mappatura viene associata una tecnica ON-OFF, il tempo totale per condurre una survey vale :

$$t_{TOT} = t_{ON} + t_{OFF} + t_{sh}$$

$$t_{OFF} = N_p \cdot t_{esp} = t_{ON}$$

t_{sh} = tempo totale di spostamento dell'antenna (in caso di Position Swiching) o dello specchio secondario (in caso di Wobbling)

La scansione può essere condotta nel modo ritenuto più opportuno, tipicamente si scansionano alternativamente due direzioni perpendicolari tra di loro ("cross-scan").

. On-The-Fly

La tecnica di mappatura "On-The-Fly" consiste nell'acquisire i dati in modo continuo mentre l'antenna si sposta a velocità costante lungo la sorgente, tipicamente con percorsi a "righe" o "colonne".

I dati acquisiti vengono elaborati ogni pochi secondi ("OTF dumps"), cui corrispondono escursioni di pochi arcsec (a seconda della velocità dell'antenna) lungo la scansione. Per ottenere sensibilità apprezzabili occorre ripercorrere più volte gli stessi punti, preferibilmente lungo direzioni diverse.

Il tempo speso sulla sorgente è pari a:

$$t_{ON} = N_d \cdot t_d$$

t_d = tempo di acquisizione dei dati

N_d = numero di dumps (funzione della sensibilità desiderata).

Il rispetto del criterio di Nyquist lungo la direzione della scansione è garantito nel momento in cui al tempo di acquisizione dati corrisponde un'escursione dell'antenna pari o inferiore alla distanza ideale per il campionamento.

La distanza tra le "righe" o le "colonne" dovrà poi essere anch'essa coerente con il criterio di Nyquist.

La tecnica On-The-Fly è caratterizzata da tempi di scansione molto brevi ed è dunque ottimale dal punto di vista dell'influenza delle fluttuazioni atmosferiche, è comunque necessario ricorrere a una tecnica ON-OFF dove il riferimento OFF è in genere il punto iniziale di ogni riga. Nel caso di una mappa spettroscopica di forma quadrata il tempo totale necessario all'osservazione è stimabile con le seguenti :

$$t_{ON} = t_{ON} + t_{OFF}$$
$$t_{OFF} = \sqrt{N_d} \cdot t_{ON}$$

L'antenna di Noto offre la possibilità di scansionare in On-The-Fly una mappa definita in AR/Dec con velocità massima di scansione pari a 200 "/s.

8. Back End

L'antenna di Noto è corredata dei seguenti sistemi di elaborazione dati :

. [Autocorrelatore ARCOS](#)

Input	2
Banda massima per input	16 MHz
Banda minima per input	0.125 MHz*
N° canali	2048
Conversione A/D	2 bit
Software disponibile	ADLB4

Tab. 8.1

*Riducibile ulteriormente su richiesta

. [Total Power](#)

Input	3
Banda massima per input	400 MHz
Conversione A/D	16 bit
Software disponibile	ON-OFF

Tab. 8.2

. [VLBI](#) (Mark IV / Mark V)

Input	2
Banda massima per input	400 MHz
Output (variabile)	28 x 0.125 ÷ 16 MHz
A/D (variabile)	1 ÷ 2 bit
Trasferimento dati	1 Gbit/s
Hard Disk	2 x 8 x 400 Gbyte

Tab. 8.3

Alle frequenze 1.4, 1.6 e 2.3 GHz le bande a disposizione potrebbero essere inferiori a quanto sopra riportato, per via delle interferenze.

8.1 Spettrometri

8.1.1 Arcos

Il correlatore ARCOS (ARcetri COrrelation Spectrometer) è uno spettrometro digitale sviluppato dall'Osservatorio di Arcetri, è fisicamente connesso al terminale Mark IV e riceve 2 ingressi da 16 MHz provenienti dai videoconverter del terminale.

La banda totale per cui è previsto il sistema è di 2x20 MHz, tuttavia il Mark IV impone di fatto due bande di $0.125 \div 16$ MHz (in step di 2^n)*

ARCOS è costituito principalmente da :

- . 2 schede di correlazione per un totale di 2048 canali.
- . 2 campionatori A/D (schede sampler a 4 canali, 2 bit, 4 livelli)

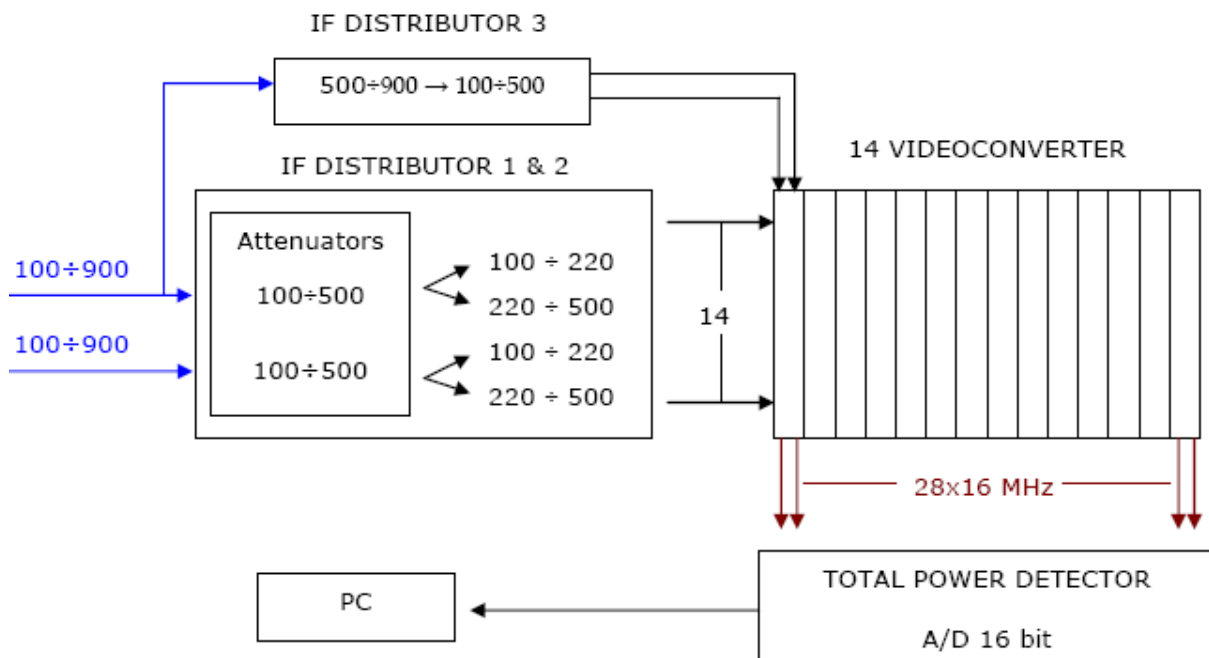


Fig. 8.1 : Schema del correlatore ARCOS, esempio a 22 GHz (bande in MHz)

8.2 Continuo

8.2.1 Mark IV

Le osservazioni in Total Power vengono condotte utilizzando il terminale Mark IV unitamente al software "Field System".

Il terminale è schematizzabile in due unità : IF distributor (riceve gli ingressi dal Front End e li suddivide in sotto bande), Videoconverter (14 unità che effettuano la conversione in banda base e l'integrazione). A seconda del tipo di osservazione che si vuole condurre è possibile scegliere tra due tipi di output.

A) 28 bande ristrette : larghezza minima 0.125 MHz, massima 16 MHz*, frequenza centrale impostata dall'utente (banda massima totale trattabile 400 MHz)

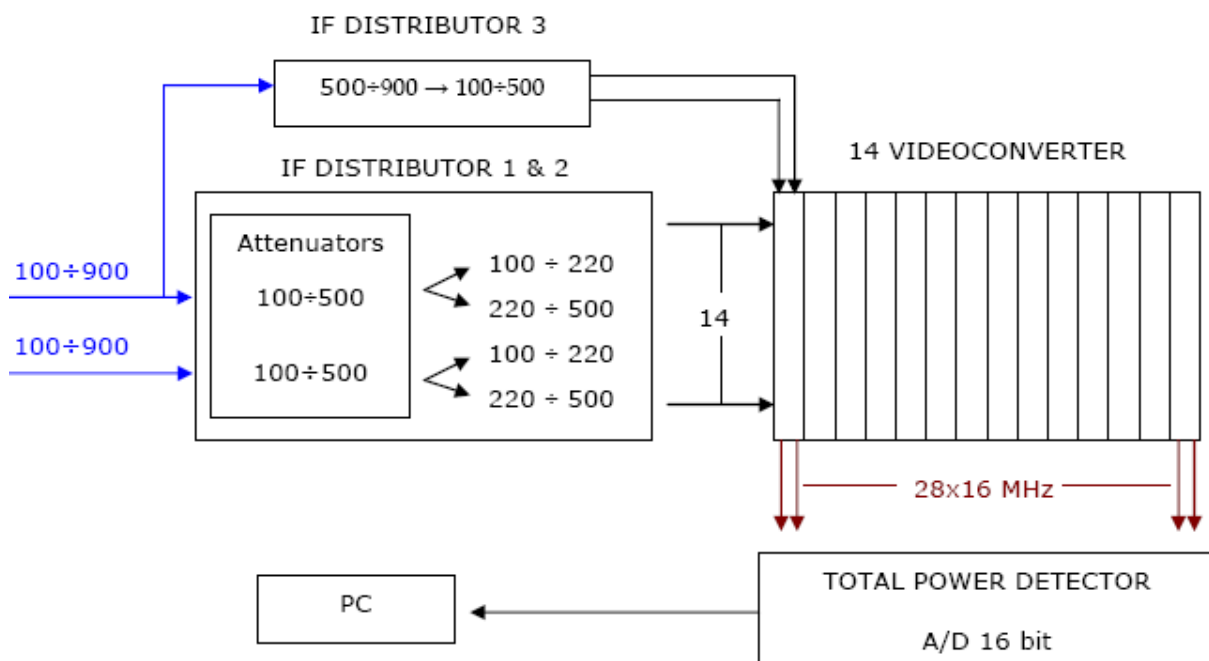


Fig. 8.2: Bande massime (in MHz) trattate complessivamente, esempio a 22 GHz

*Le bande 0.250 MHz e 1 MHz sono disponibili solo previa installazione di un filtro esterno. Rivolgersi all'istituto per informazioni sulla disponibilità.

B) Elaborazione delle bande complessive in ingresso : 2x400 MHz centrate a 300 MHz e 1x400 MHz centrata a 700 MHz

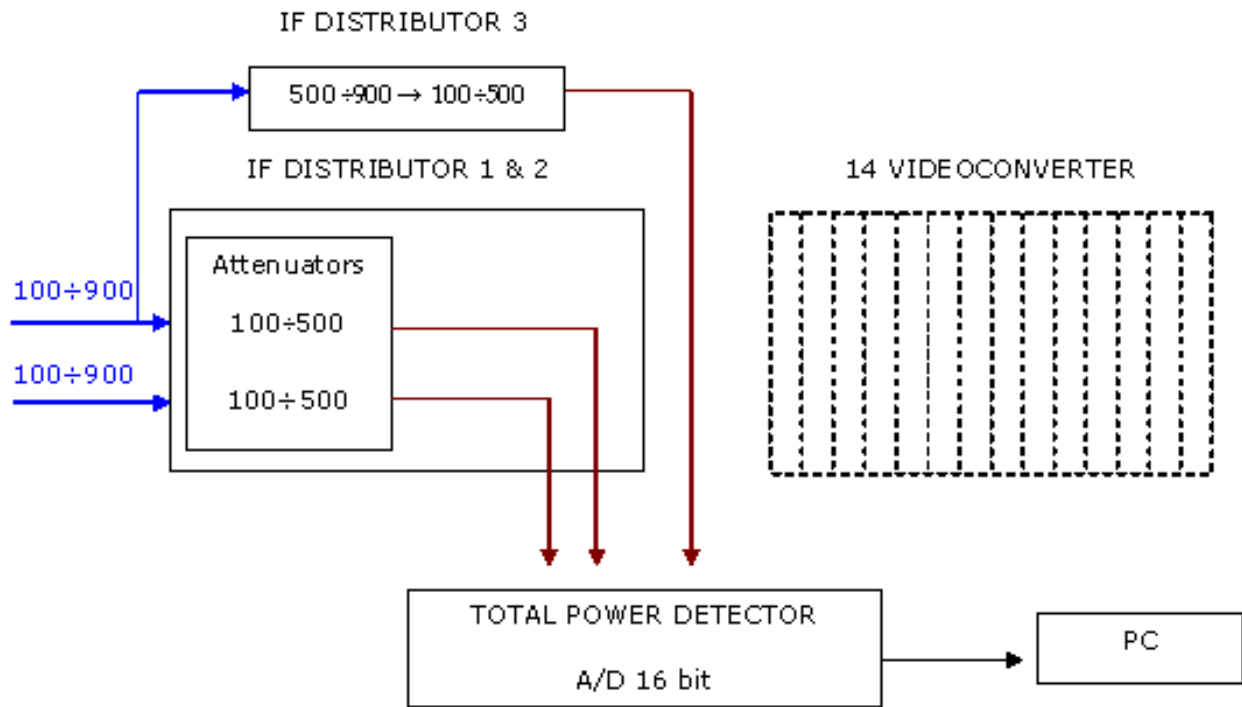


Fig. 8.3: Bande massime (in MHz) trattate complessivamente, esempio a 22 GHz

Alle frequenze 1.4, 1.6 e 2.3 GHz le bande a disposizione potrebbero essere inferiori a quanto sopra riportato, per via delle interferenze.

8.3 VLBI

8.3.1 Mark V

Le osservazioni VLBI vengono effettuate utilizzando i terminali [Mark IV](#) (conversione, suddivisione delle bande, digitalizzazione) e Mark V (raccolta dati).

Il terminale Mark V è costituito da 2 serie di 8 dischi rigidi con capacità 400 Gbyte ciascuno. Una volta terminata la sessione VLBI i dischi vengono inviati al correlatore EVN JIVE (Dwingeloo, Olanda).