



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	203
Publication Year	2022
Acceptance in OA@INAF	2022-12-01T10:50:39Z
Title	Nuovo progetto del ricevitore SXL per l'antenna parabolica dell' IRA di NOTO (SR)
Authors	POLONI, MARCO, MORSIANI, MARCO, RODA, JURI, ZACCHIROLI, Giampaolo, CATTANI, ALESSANDRO, RUSTICELLI, SIMONE, ORLATI, ANDREA, CONTAVALLE, Corrado, NOCITA, Carlo
Affiliation of first author	IRA Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/32739 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/203

Nuovo progetto del ricevitore SXL per l'antenna parabolica dell'IRA di NOTO (SR)

M. Poloni*, M. Morsiani*, J. Roda*,
G. Zacchioli*, A. Cattani*, S. Rusticelli, A. Orlati*,
C. Contavalle**, C. Nocita**

*: IRA-INAF Stazione Radioastronomica di Medicina (BO)

** : IRA-INAF Stazione Radioastronomica di Noto (SR)

REV.: J. Monari, F. Perini

Indice degli Argomenti

1. Introduzione.....	Pag. 2
2. Caratteristiche del Ricevitore	Pag. 3
2.1 Specifiche del Ricevitore	Pag. 3
2.2 Schema generale di collegamento ricevitore/antenna/stanza di controllo.....	Pag. 5
3 Modifica dei filtri.....	Pag. 6
3.1 Dimensionamento guadagni	Pag. 7
3.2 Link in fibra ottica	Pag. 7
3.3 Il ricevitore in Banda X	Pag. 8
3.4 Simulazioni Catene con SCW	Pag. 9
4. Dimensionamento alimentatori e consumi componenti	Pag. 11
5. Nuova meccanica	Pag. 12
6. Nuovo Layout del ricevitore	Pag. 13
7. Schemi elettrici del nuovo ricevitore e loro implementazione	Pag. 21
8. Sistema di controllo temperatura	Pag. 21
9. Test del ricevitore	Pag. 22
10. Test termico	Pag. 27
11. Conclusioni sulla fase di assemblaggio e montaggio in antenna	Pag. 28
12. Misure in Antenna	Pag. 29
 Appendice A: Cos' è andato storto!!!	 Pag. 39
 References	 Pag. 41
 Schemi elettrici Ricevitore	 Pag. 41

1. INTRODUZIONE

NOTA: Nel presente documento si evidenzia che “LEFT POLARIZATION e RIGHT POLARIZATION” sono da intendersi nel ricevitore a sé stante e NON montato in antenna. Con il ricevitore in antenna in fuoco primario, causa la presenza del riflettore principale nel percorso ottico del segnale, occorre invertire la nomenclatura delle polarizzazioni.

Con il seguente lavoro vengono descritte le varie attività e azioni intraprese per riprogettare ricevitore SXL per l'antenna di Noto. Uno studio preliminare con le relative ipotesi di costo era già stato fornito in [1].

Il nuovo progetto del ricevitore riguarderà in particolar modo la parte elettronica di condizionamento del segnale raccolto dai tre feed systems. Anche la struttura meccanica sarà in parte rivista pur mantenendo gli ingombri e la struttura di partenza.

Nel nuovo progetto, inoltre, saranno introdotte alcune variazioni rispetto alla configurazione originale in particolar modo sul sistema di instradamento dei segnali verso il back-end dove verranno utilizzati dei link in fibra ottica anziché la classica discesa in cavo coassiale.

Il progetto ha seguito le linee guida di “massima semplicità” e “massima robustezza”.

Sono state effettuate le opportune simulazioni per stabilire le performances teoriche delle catene dei tre ricevitori in modo da avere un'idea sulle possibili aree di intervento atte al miglioramento complessivo delle performances del ricevitore. Sulla base dei risultati ottenuti sono state quindi riprogettate le catene di segnale.

Rispetto alla configurazione iniziale, l'elettronica di ciascun ricevitore è stata rivista intervenendo su:

- 1 – Nuovi filtri per adeguarsi alle bande di funzionamento del VLBI.
- 2 – Conversioni di frequenza per i ricevitori in Banda S e Banda X ciascuno dotato del suo oscillatore locale.
- 3 – Link ottico per instradare il segnale verso il back-end.

Inoltre, è stato riprogettato il sistema di alimentazione delle varie parti attive delle catene riceventi ed è stato introdotto un semplicissimo sistema di condizionamento termico in modo da evitare problematiche di condensa che potrebbero danneggiare i componenti (attivi e passivi).

2. CARATTERISTICHE DEL RICEVITORE

Di seguito vengono fornite le principali caratteristiche del nuovo progetto del ricevitore.

2.1 Specifiche del ricevitore

Le catene RF sono state riviste in modo da essere compatibile alle nuove frequenze VLBI predisponendole per avere livelli di segnale tale da mascherare il contributo di noise dato dai sistemi RFoF che verranno impiegati.

Tali frequenze vengono riportate nella seguente tabella:

Banda	Frequenza [MHz]
L	1316 – 1722*
S	2213 - 2389
X	8205 - 8938

*: In realtà le bande utilizzate per il VLBI Radioastronomico sono le seguenti: (1316-1450)MHz e (1594-1722)MHz. Per evitare complicazioni nella realizzazione e ridurre quindi i costi nella catena del ricevitore in Banda L si è deciso di accorpare le due porzioni di banda considerando un unico filtro.

Di seguito vengono fornite le caratteristiche misurate del ricevitore:

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

Main Power Supply 230VAC

Ricevitore BANDA L

Bandwidth..... 1316MHz – 1722MHz

Guadagno di Catena (incluso TX ottico) RIGHT75dB

Noise Temperature (sistema) RIGHT..... 45K

Guadagno di Catena (incluso TX ottico) LEFT75dB

Noise Temperature (sistema) LEFT 45K

Tensione Alimentazione componentistica interna.....+15V

Assorbimento complessivo (delle due polarizzazioni) +860mA

Ricevitore BANDA S

Bandwidth 2213MHz – 2389MHz

Guadagno di Catena (incluso TX ottico) RIGHT79dB

Noise Temperature (sistema) RIGHT..... 40K

Guadagno di Catena (incluso TX ottico) LEFT79dB

Noise Temperature (sistema) LEFT 42K

Tensione Alimentazione componentistica interna.....+15V

Assorbimento complessivo (delle due polarizzazioni) 2055mA

Banda IF 190MHz-370MHz

Frequenza OL2020MHz

Potenza OL (DLCRO OUT) 15dBm

Ricevitore BANDA X

Bandwidth.....	8205MHz – 8938MHz
Guadagno di Catena (incluso TX ottico) RIGHT	73dB
Noise Temperature (sistema) RIGHT.....	55K
Guadagno di Catena (incluso TX ottico) LEFT	73dB
Noise Temperature (sistema) LEFT	58K
Tensione Alimentazione componentistica interna.....	+15V
Assorbimento complessivo (delle due polarizzazioni)	1745mA
Banda IF	1116MHz-1916MHz
Frequenza OL	7056MHz
Potenza OL (DLCRO OUT)	16dBm

N.B.: per quanto riguarda il ricevitore in Banda X le misure di caratterizzazione terminano a 8.5GHz a causa del limite sulla frequenza di lavoro dello strumento utilizzato.

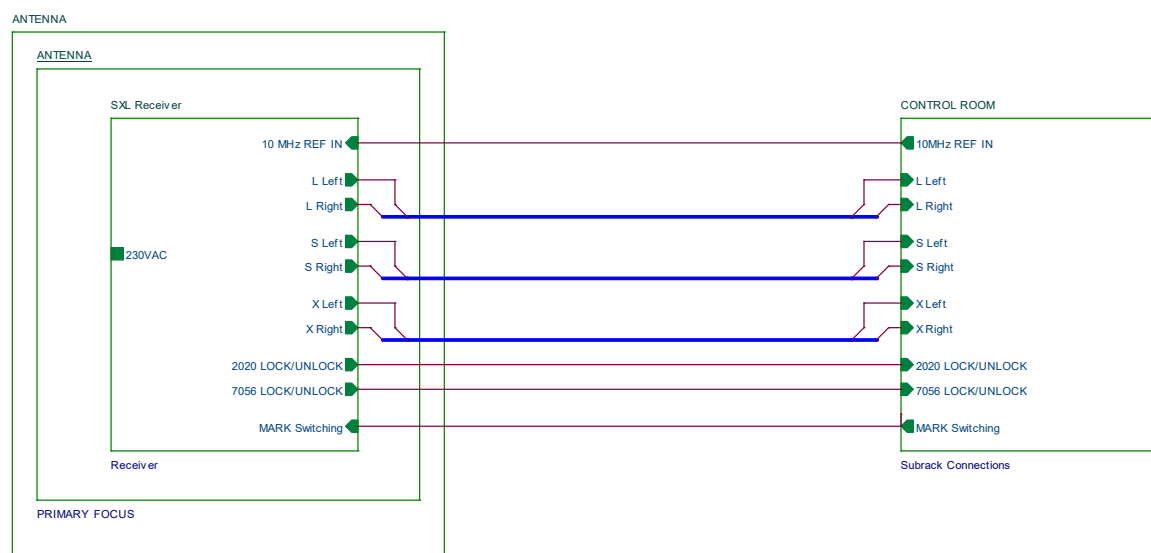
Distribuzione del segnale di riferimento

10MHz REF IN POWER (DLCRO IN)	0±3dBm
-------------------------------------	--------

2.2 Schema generale di collegamento ricevitore/antenna/stanza di controllo

Di seguito viene fornito lo schema a blocchi del collegamento tra il ricevitore in antenna e il cestello contenente i moduli ottici di ricezione (per le IF) e di trasmissione del segnale di riferimento a 10MHz.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)



In particolar modo: I connettori a pannello montati sulla box del ricevitore rispettano le seguenti mappature:

Connettore	Tipologia	PIN	Funzione
VERDE	FIBRA OTTICA MONOMODALE	1	S LEFT
		2	S RIGHT
		3	X LEFT
		4	X RIGHT
BLU	FIBRA OTTICA MONOMODALE	1	L LEFT
		2	L RIGHT
		3	10MHz
		4	spare
ROSSO	FIBRA OTTICA MULTIMODALE	1	LOCK/UNLOCK 2020
		2	LOCK/UNLOCK 7056
		3	MARK CONTROL
		4	spare
POWER SUPPLY	PLUG 5 POLI	A	GROUND/EARTH
		B	LINE
		E	NEUTRAL

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

Connettore	Tipologia	PIN	Funzione – colore cavo - Posizione
SENSORI TEMPERATURA	PLUG 12 POLI	A	Pt 1000 – Arancio – Alto Aria
		B	
		C	Pt 1000 – Bianco – Piastra fondo
		D	
		E	Pt 1000 – Giallo – Banda L Corto WG
		F	
		G	Pt 1000 – Blu – Piastra Frontale
		H	

3. MODIFICA DEI FILTRI

Le nuove catene sono state riprogettate utilizzando per ciascun canale (left e right) una coppia di filtri posti prima e dopo il secondo stadio di amplificazione nel caso del ricevitore in Banda L e prima e dopo la cascata di mixer e secondo stadio di amplificazione nel caso dei ricevitori in Banda S e Banda X.

Tale implementazione consente di definire al meglio la banda di lavoro. Da segnalare che, oltre alla ridefinizione delle nuove frequenze centrali e bande si è prestato attenzione anche alle dimensioni meccaniche del filtro.

Sono stati pertanto selezionati nuovi filtri le cui bande di lavoro vengono indicate di seguito:

BANDA	1° Filtro	N° Poli	2° Filtro	N° Poli
L	Fc = 1520MHz BW = 450MHz	6	Fc = 1520MHz BW = 450MHz	6
S	Fc = 2300MHz BW = 200MHz	5	Fc = 280MHz BW = 180MHz	7
X	Fc = 8572MHz BW = 820MHz	5	Fc = 1516MHz BW = 800MHz	8

3.1 Dimensionamento dei guadagni

I segnali di ingresso al sistema di acquisizione, il DBBC (Digital Base Band Converter), devono avere un livello opportuno, di circa -18dBm . Al fine di adeguare ad esso il livello di potenza del segnale, la catena RF deve, di conseguenza, avere guadagno sufficiente. Rispetto alla configurazione originale, su ciascuna catena dei tre ricevitori sono stati quindi introdotti ulteriori stadi di amplificazione in grado di ottimizzare il livello del segnale di uscita adattandolo così al backend.

La tipologia dei nuovi componenti selezionati, dovendo essere implementata in un ricevitore per radioastronomia deve essere di elevate prestazioni sia in termini di rumore, sia in termini di guadagno ma anche di dinamica.

Per il ricevitore in Banda S si è deciso di modificare leggermente il progetto iniziale. Si ricorda che, in [1] era stata segnalata la rottura di tali dispositivi e quindi era necessaria la sostituzione. Come primo stadio di amplificazione è stato selezionato un dispositivo simile ma a banda più stretta, con NF inferiore e "non criogenico" visto che il ricevitore lavorerà a temperatura ambiente.

Per il ricevitore in Banda X si è deciso di modificare sia gli amplificatori presenti nella configurazione originale (nella nuova configurazione sono in guida d'onda) sia i filtri poiché questi ultimi risultavano essere "non in specifica" (come indicato in [1]). I dispositivi in guida consentono di non utilizzare la transizione guida-cavo prima dell'amplificatore e quindi migliorare le prestazioni complessive (eliminando un dispositivo passivo nella catena).

3.2 Link in Fibra Ottica

I segnali di uscita del ricevitore SXL, posto in fuoco primario, devono essere inviati alla stanza di controllo garantendo le migliori prestazioni possibili in termini di dinamica e robustezza. Si è pertanto progettato il trasferimento delle IF utilizzando dei link ottici invece dei tradizionali cavi coassiali, perché garantiscono sia attenuazioni e disequalizzazioni praticamente trascurabili sia un'altissima immunità alle interferenze radio e alle scariche atmosferiche. L'utilizzo dei link ottici consente pertanto di fornire segnali in ingresso al sistema di acquisizione (il DBBC, Digital Base Band Converter) con l'opportuno livello di segnale senza dover introdurre ulteriori stadi di amplificazione ed equalizzazione altrimenti necessari a compensare le perdite dei cavi coassiali.

Si evidenzia inoltre che l'utilizzo dei link ottici forniti della ditta PROTECH consente di uniformare la componentistica installata presso tutti i radiotelescopi dell'IRA minimizzando di fatto, sia i tempi di intervento (in caso di problematiche di funzionamento) sia i costi derivanti dell'acquisto delle parti di ricambio.

Si è deciso di utilizzare un link in fibra ottica anche per quello che riguarda il riferimento a 10MHz, che deve essere fornito agli oscillatori locali e la cui origine è il "MASER-H" presente nella stanza di controllo dell'antenna di Noto. Tale link è di tipo commerciale e composto da una coppia trasmettitore/ricevitore ottico. Essi sono appositamente realizzati per la trasmissione di segnali "TIME & REFERENCE" e consente di inviare il segnale a 10MHz a grande distanza (circa 100m nel caso dell'antenna di Noto) con un mezzo le cui perdite per attenuazione sono presumibilmente minori di 1dB lungo tutta la tratta contro qualche decina di dB del cavo coassiale. Questo ovviamente dipende dalla tipologia di fibra e dalla lunghezza d'onda a cui lavoro i laser nel trasmettitore.

Per quanto riguarda i segnali analogici RF (IF e 10MHz) sono state selezionate fibre ottiche monomodali mentre, per la trasmissione dei comandi per la gestione della marca di calibrazione e per il controllo dei segnali di lock/unlock degli oscillatori locali sono state utilizzate delle fibre multimodali (segnali digitali).

3.3 Il ricevitore in Banda X

Un particolare discorso deve essere fatto per il ricevitore in Banda X. Esso è quello che ha subito le maggiori modifiche. Come è già stato accennato, al fine di migliorare le sue prestazioni complessive sono state apportate le seguenti modifiche:

- L'accoppiatore direzionale in coassiale è stato sostituito con un accoppiatore direzionale in guida d'onda. Le perdite di tale dispositivo sono passate dagli 0.3dB del componente coassiale a qualche centesimo di dB del componente in guida d'onda.
- Gli LNA sono stati di conseguenza scelti in versione con ingresso in guida. Questo ha consentito di evitare ulteriori perdite dovute all'inserimento della transizione guida/cavo e di adattatori coassiali. Inoltre, i dispositivi selezionati presentano una cifra di rumore migliore del dispositivo coassiale individuato per la sostituzione (0.7dB contro 0.9dB).
- La conversione in frequenza del segnale RF è stata modificata facendo in modo che, mediante un oscillatore locale fisso a 7056MHz, la banda IF venga a cadere nell'intervallo 1149MHz e 1882MHz consentendo di utilizzare i filtri 3 e 4 del DBBC (rispettivamente 1024 -1536 e 1536-2048).

3.4 Simulazioni Catene con SCW

Di seguito vengono riportate le simulazioni con SCW delle nuove catene:

Banda L:

L-BAND

	FEED SYSTEM	Anaren Homemade	Miteq AMF-3F-01000200-04-13P	Attenuator	K&L 6IB30-1520/T450-	CIAO WIRELESS CA12-305	K&L 6IB30-1520/T450-	RF/FO	Total
NF (dB)	0.20	0.20	0.40	3.00	0.77	2.50	0.77	40.00	0.80
Gain (dB)	-0.20	-0.20	46.00	-3.00	-0.77	35.00	-0.77	1.00	77.06
OIP3 (dBm)			36.00			24.00		35.00	23.88
Po (dBm)	-61.20	-61.40	-15.40	-18.40	-19.17	15.83	15.06	16.06	
NF+ (dB)			0.40			0.00		0.00	
IP3+ (dBm)			0.00			11.12		0.35	
Input Pwr (dBm)	-61.00			290.00					
System Temp (K)									

Banda S:

S-BAND

	FEED SYSTEM	Dir Coup Anaren Homemade	AMF-3F-02200240-04-13P	K&L 5IB40-2300-T200	Attenuator	Miteq DM0104LA1 OL=2020	MiniCircuits ZFL-1000VH+	MiniCircuits ZFL-1000VH+	K&L 7IB40-280-T180	RF/FO	Total
NF (dB)	0.20	0.10	0.47	1.34	6.00	6.00	4.50	4.50	0.48	40.00	0.78
Gain (dB)	-0.20	-0.10	44.70	-1.34	-6.00	-6.00	23.00	24.00	-0.48	1.00	78.58
OIP3 (dBm)			23.00			4.00	38.00	38.00		35.00	33.31
Po (dBm)	-61.20	-61.30	-16.60	-17.94	-23.94	-29.94	-6.94	17.06	16.58	17.58	
NF+ (dB)			0.47			0.00	0.01	0.00		0.00	
IP3+ (dBm)			0.02			0.07	0.01	1.56		4.92	
Input Pwr (dBm)	-61.00			290.00							
System Temp (K)											

A seguito di varie problematiche riscontrate sugli amplificatori del Banda X (vedi Appendice A) e alle conseguenti riparazioni (presso la ditta costruttrice) per questo ricevitore si è reso necessario dare al segnale due diversi valori di attenuazione per cercare di uniformare i livelli di uscita dalla catena. Di seguito, vengono fornite le simulazioni:

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

Banda X LEFT:

X-BAND 7056											
	FEED SYSTEM	Dir Coup A-INFO 90WHCS-	Miteq AMFW- 5S-08100910 -50	K&L 5FV10- 8572/T820-	Attenuator	MITEQ DM0416LW2 OL = 7056	WENTEQ ABL0200-01 -2718	MiniCircuits ZFL-2500VH+	K&L 8B40- 1516/T800-	RF/FO	
											
NF (dB)	0.20	0.02	0.70	12.00	0.49	6.00	6.50	1.80	5.50	0.53	40.00
Gain (dB)	-0.20	-0.02	47.00	-12.00	-0.49	-6.00	-6.50	28.00	20.00	-0.53	1.00
OIP3 (dBm)			20.00				4.00	37.00	35.00		30.00
Po (dBm)	-61.20	-61.22	-14.22	-26.22	-26.71	-32.71	-39.21	-11.21	8.79	8.26	9.26
NF+ (dB)			0.69				0.02	0.01	0.00		0.00
IP3+ (dBm)			0.15				0.02	0.01	1.04		5.99
Input Pwr (dBm)	-61.00	System Temp (K)		290.00							
											Total
											0.96
											70.26
											28.74

Banda X RIGHT:

X-BAND 7056

The diagram illustrates the signal path of the X-BAND 7056 system. It begins with a 'FEED SYSTEM' block, followed by a 'Dir Coup A-INFO 90WHCS-' block. The signal then passes through a 'Miteq AMFW-5S-08100910 -50' block, which is connected to a 'K&L 5FV10-8572/T820-' block. This is followed by an 'Attenuator' block, then a 'MITEQ DM0416LW2 OL = 7056' block. The signal continues through a 'WENTEQ ABL0200-01 -2718' block, then a 'MiniCircuits ZFL-2500VH+' block, and finally a 'K&L 8B40-1516/T800-' block. The output is connected to an 'RF/FO' block. The diagram uses standard electronic symbols for directional couplers, amplifiers, attenuators, mixers, and filters.

	FEED SYSTEM	Dir Coup A-INFO 90WHCS-	Miteq AMFW- 5S-08100910 -50	K&L 5FV10- 8572/T820-	Attenuator	MITEQ DM0416LW2 OL = 7056	WENTEQ ABL0200-01 -2718	MiniCircuits ZFL-2500VH+	K&L 8B40- 1516/T800-	RF/FO	Total	
NF (dB)	0.20	0.02	0.70	16.00	0.60	6.00	6.50	1.80	5.50	0.53	40.00	0.95
Gain (dB)	-0.20	-0.02	52.00	-16.00	-0.60	-6.00	-6.50	28.00	20.00	-0.53	1.00	71.15
OIP3 (dBm)			20.00				4.00	37.00	35.00		30.00	28.52
Po (dBm)	-61.20	-61.22	-9.22	-25.22	-25.82	-31.82	-38.32	-10.32	9.68	9.15	10.15	
NF+ (dB)			0.69				0.01	0.01	0.00		0.00	
IP3+ (dBm)			0.37				0.02	0.01	0.98		5.39	
Input Pwr (dBm)	-61.00											
		System Temp (K)	290.00									

Le leggere discrepanze tra i valori dei "Guadagni di catena" simulati e quelli forniti nel paragrafo 2.1 sono principalmente dovuti alla non esatta conoscenza dei valori inseriti nel simulatore di alcuni componenti di cui non sono stati forniti i test report (dalle case costruttrici).

4. DIMENSIONAMENTO ALIMENTATORI E CONSUMI COMPONENTI

In fase di progetto la selezione degli alimentatori è avvenuta facendo considerazioni sia di tipo meccanico (in termini di ingombri e spazio a disposizione) sia di tipo elettrico. Laddove possibile, si è cercato di ridurre il numero (e quindi i costi complessivi) degli alimentatori facendo in modo che ciascuno di essi alimentasse un numero opportuno di dispositivi.

Nella seguente tabella vengono riportati i consumi dei dispositivi per ogni ricevitore.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

	BANDA L	BANDA S	BANDA X
NG	---	---	---
LNAs	2x* 130mA	2x* 200mA	2x* 225mA
Post AMPLIFs	2x* 300mA	2x* 320mA	2x* 160mA
Post AMPLIFs (dopo la conversione)		2x* 320mA	2x* 300mA
DLCRO Banda S		375mA	
DLCRO Banda X			375mA
OPTICAL TXs	2x* 50mA	2x* 50mA	2x* 50mA
Totale	860mA	2055mA	1745mA

*: Uno per LNA Right e un altro per LNA Left. I dati sono ricavati dai relativi datasheets.

Si è giunti a selezionare dispositivi della Bell Power Solutions (descritti nella successiva tabella).

Per quanto riguarda l'alimentazione del trasmettitore ottico del link per la 10MHz, il dispositivo è dotato da un suo alimentatore dedicato e acquistato insieme alla coppia Tx/Rx.

Si segnala che nella parte dove sono inserite le marche di rumore è stata installata anche l'Antenna Unit (presente nel vecchio ricevitore) ma non è stata alimentata. Qualora si volesse ripristinarne il funzionamento (che comunque NON è stato verificato) occorrerà alimentare tale dispositivo.

	Model	V _{out} [V]	I _{max} [A]
Banda L + DLCROs	HN15-4.5-AG	15	4.5
Banda S	HN15-4.5-AG	15	4.5
Banda X	HN15-4.5-AG	15	4.5
Optical TXs	HA15-0.9-AG	12	0.9
NGs	HB28-1-AG	28	1

5. NUOVA MECCANICA

Il ricevitore è stato rivisto anche dal punto di vista della meccanica. Lasciando inalterato il feed system ci si è concentrati nella riprogettazione della box che lo contiene.

Le modifiche riguardano principalmente:

- 1 – Modifica del telaio con aggiunta di una barra di supporto.
- 2 – Aggiunta di 6 fori per il sistema di sollevamento e chiusura del telaio. Su questi fori sono poi stati saldati delle boccole filettate.
- 3 – Sono state inserite nella parte superiore, inferiore e frontale dei profili con fori filettati per il fissaggio dei pannelli di chiusura.
- 4 – Aggiunta di due nuove strutture per il montaggio in antenna (nelle pareti Est e Ovest).
- 5 – Saldatura delle rimanenti pareti laterali fisse (lati Est, Ovest e Nord).

Tali modifiche sono state eseguite presso una ditta esterna la quale si è anche occupata della verniciatura di tutta la box.

La parete SUD del ricevitore è quella in cui sono stati fissati i seguenti blocchi:

- 1 – All'interno sono stati fissati i blocchi di piastre contenenti l'elettronica per il funzionamento dei ricevitori compresi di link ottici e la piastra contenente tutti gli alimentatori necessari al funzionamento del ricevitore stesso.
- 2 – All'esterno sono stati fissati 6 dissipatori in alluminio di dimensione 150 x 250 x 30mm per facilitare lo smaltimento del calore sviluppato dall'elettronica e dagli alimentatori. Al disopra di essi è stato montato anche uno scudo protettivo.
- 3 – In questa parete sono state montate anche le flange contenenti i connettori verso l'esterno.

6. NUOVO LAYOUT DEL RICEVITORE

Vengono fornite alcune immagini per dare un'idea del layout finale del ricevitore:



Fig. 1 – Assemblaggio della sezione di alimentazione

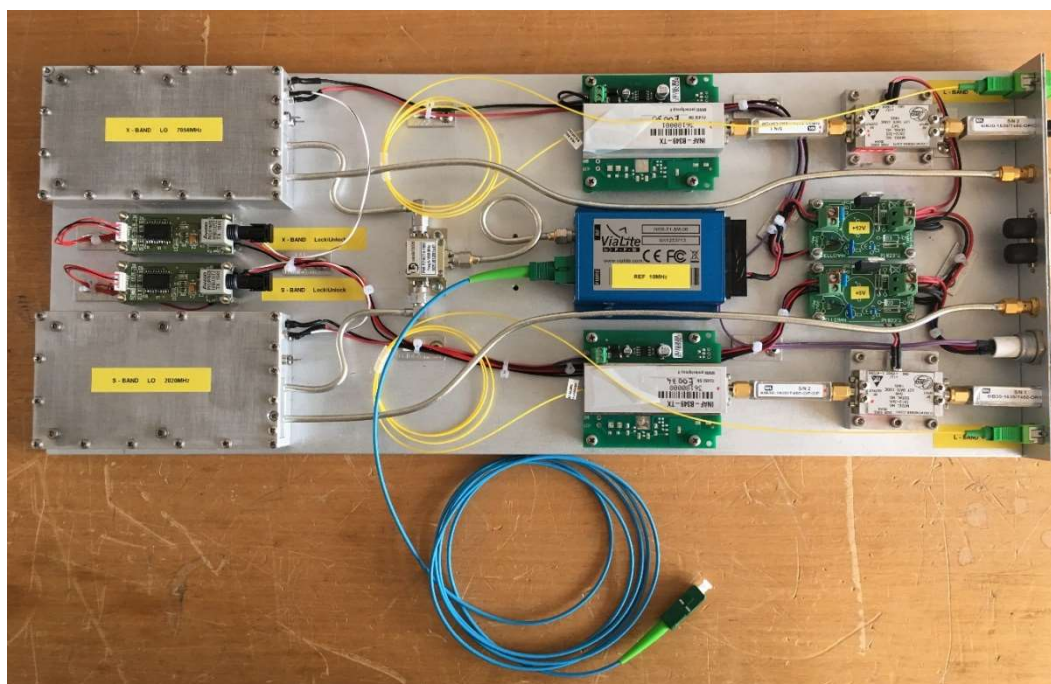


Fig. 2 - Elettronica del ricevitore Banda L, link per REF 10MHz e oscillatori DLCRO 2020MHz e 7056MHz.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

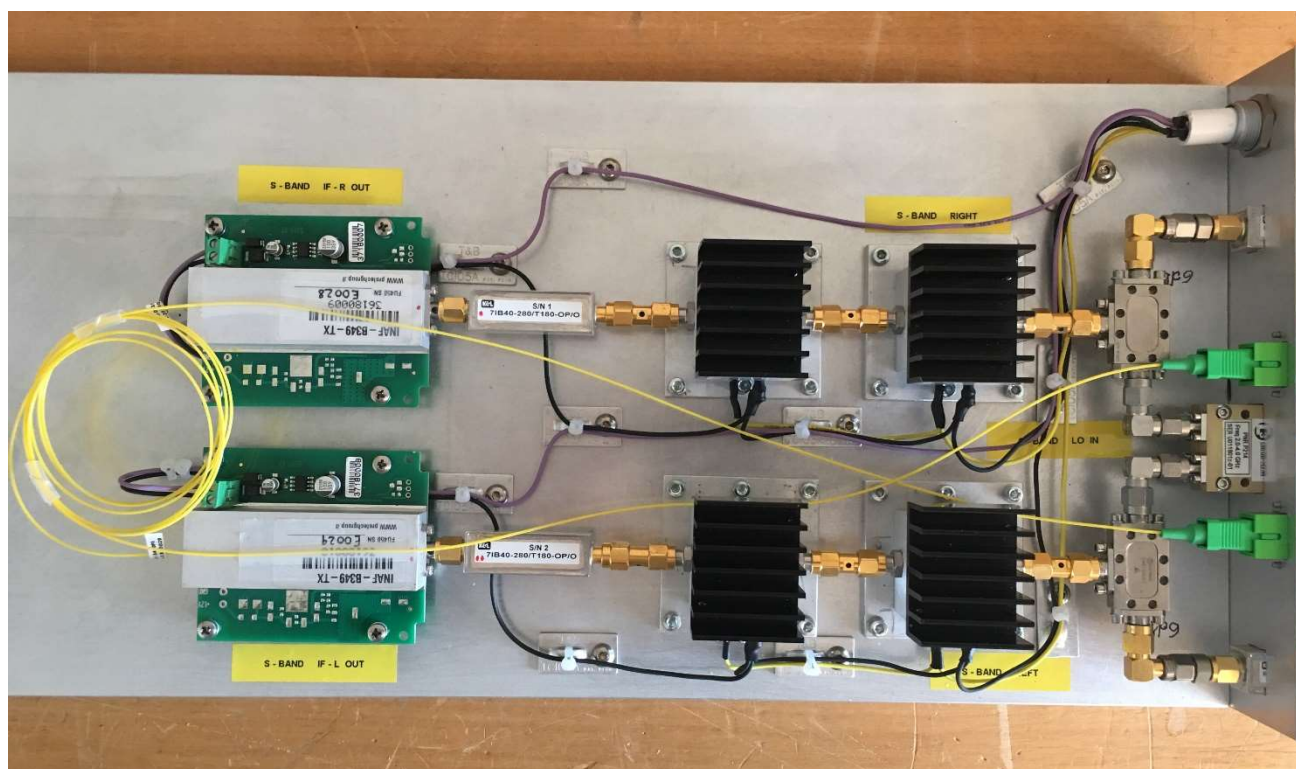


Fig. 3 - Elettronica del ricevitore Banda S

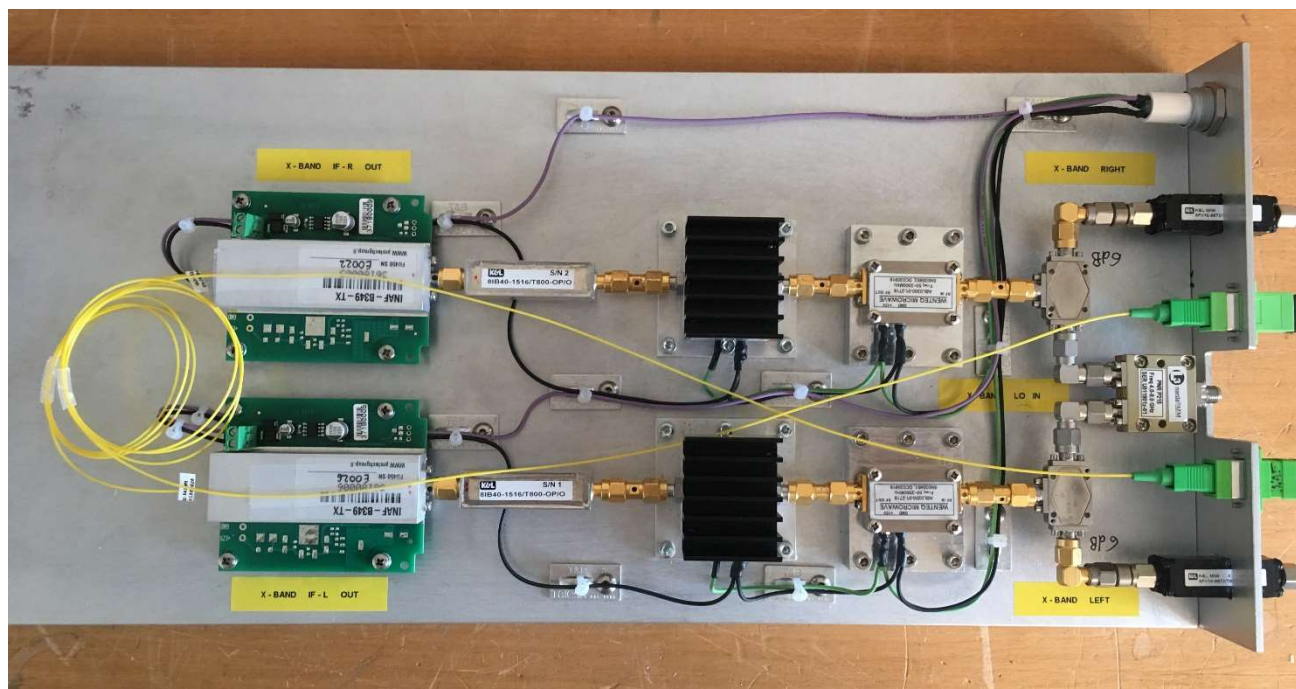


Fig. 4 - Elettronica del ricevitore Banda X

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

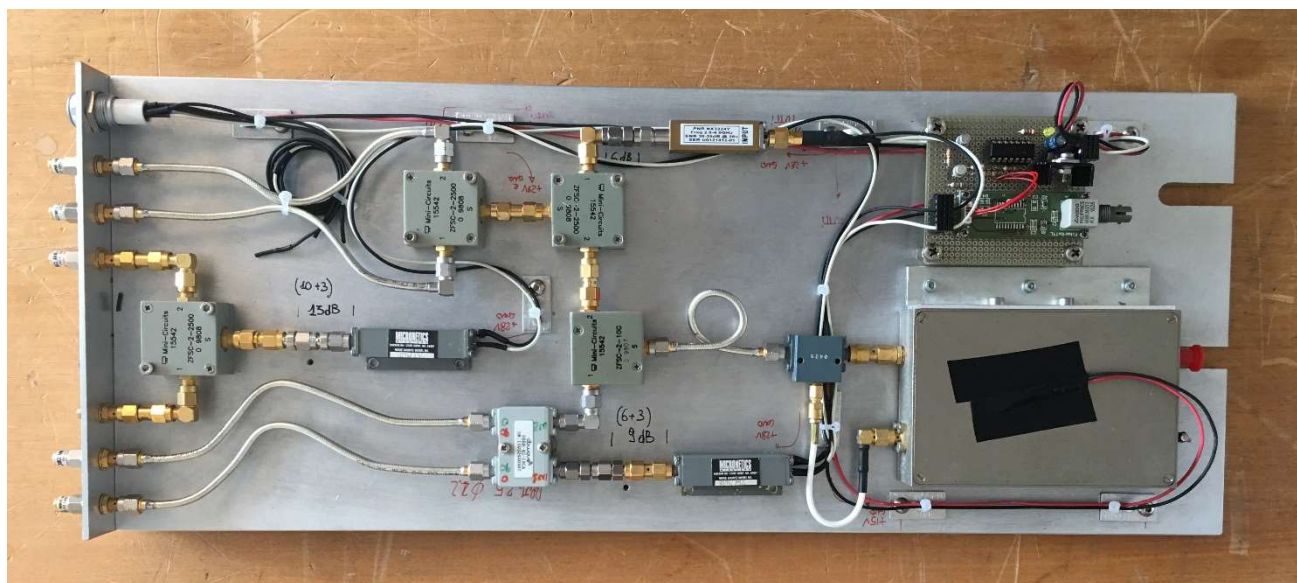


Fig. 5 – Distribuzione Marca e Antenna Unit (non alimentata) e scheda di controllo della commutazione della marca.



Fig. 6 – Assemblaggio della sezione RF del ricevitore

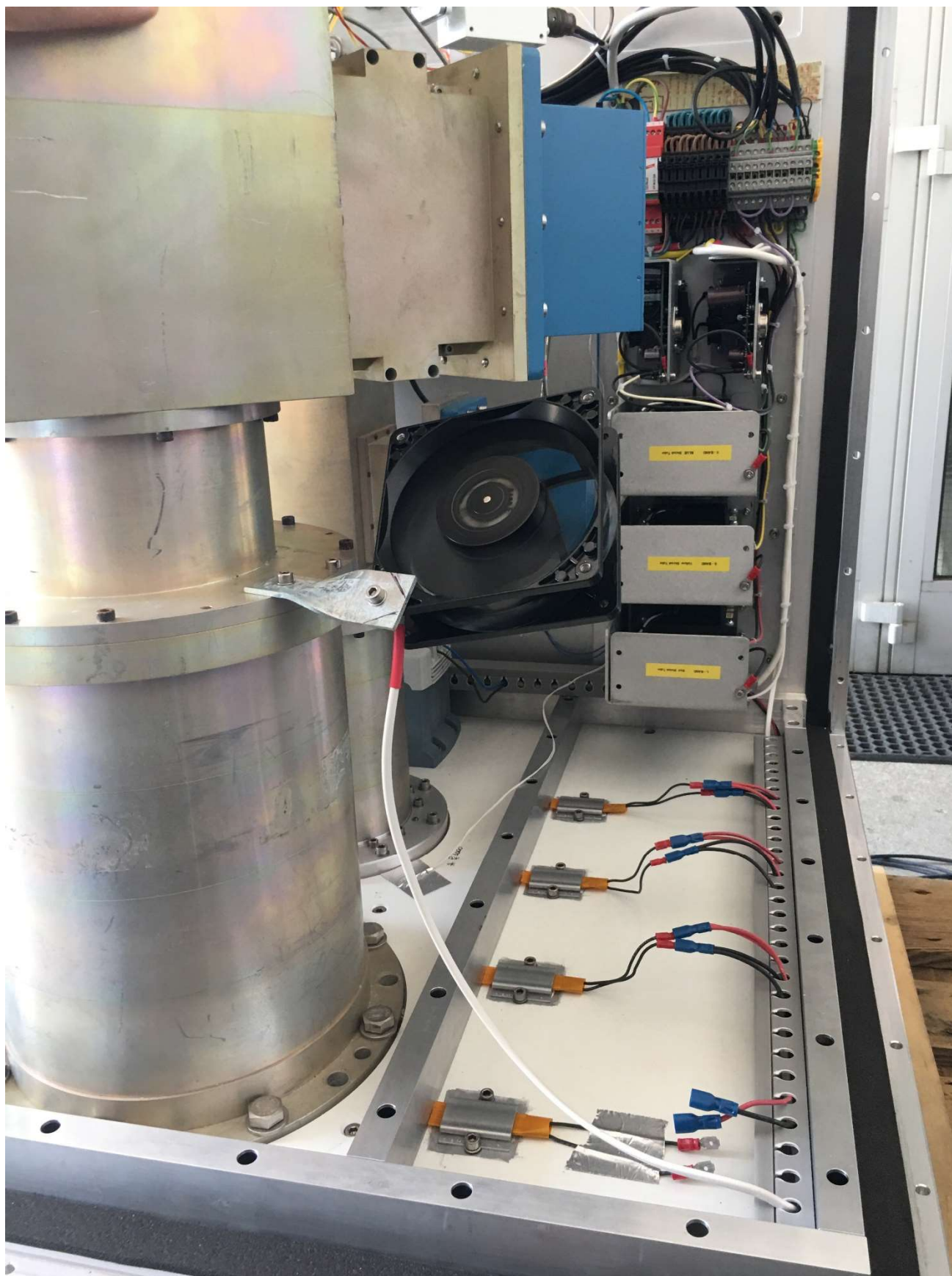


Fig. 7 – Riscaldatori, ventola per ricircolo dell'aria e sezione di alimentazione.

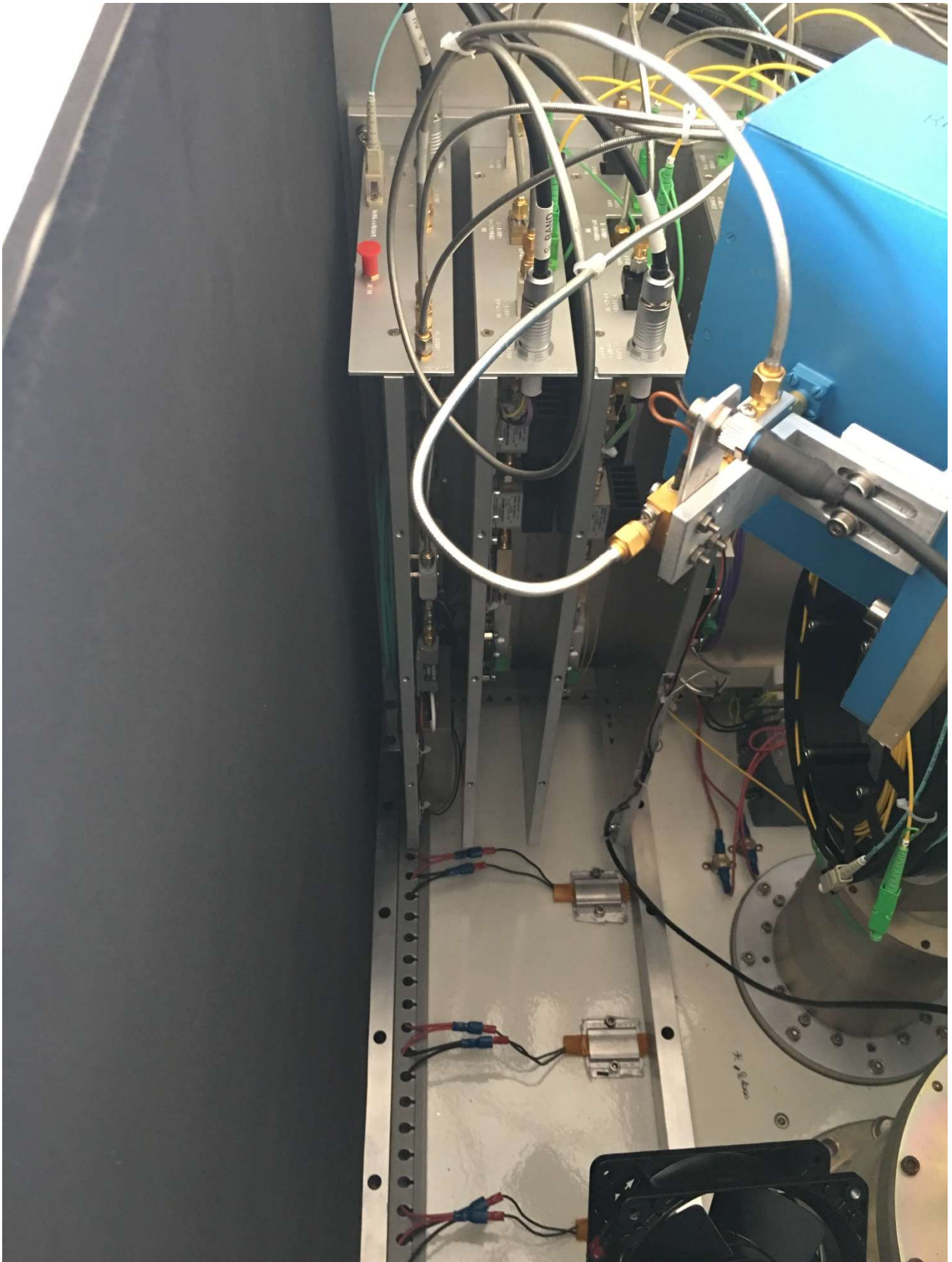


Fig. 8 – Riscaldatori, ventola per ricircolo dell'aria e sezione RF.

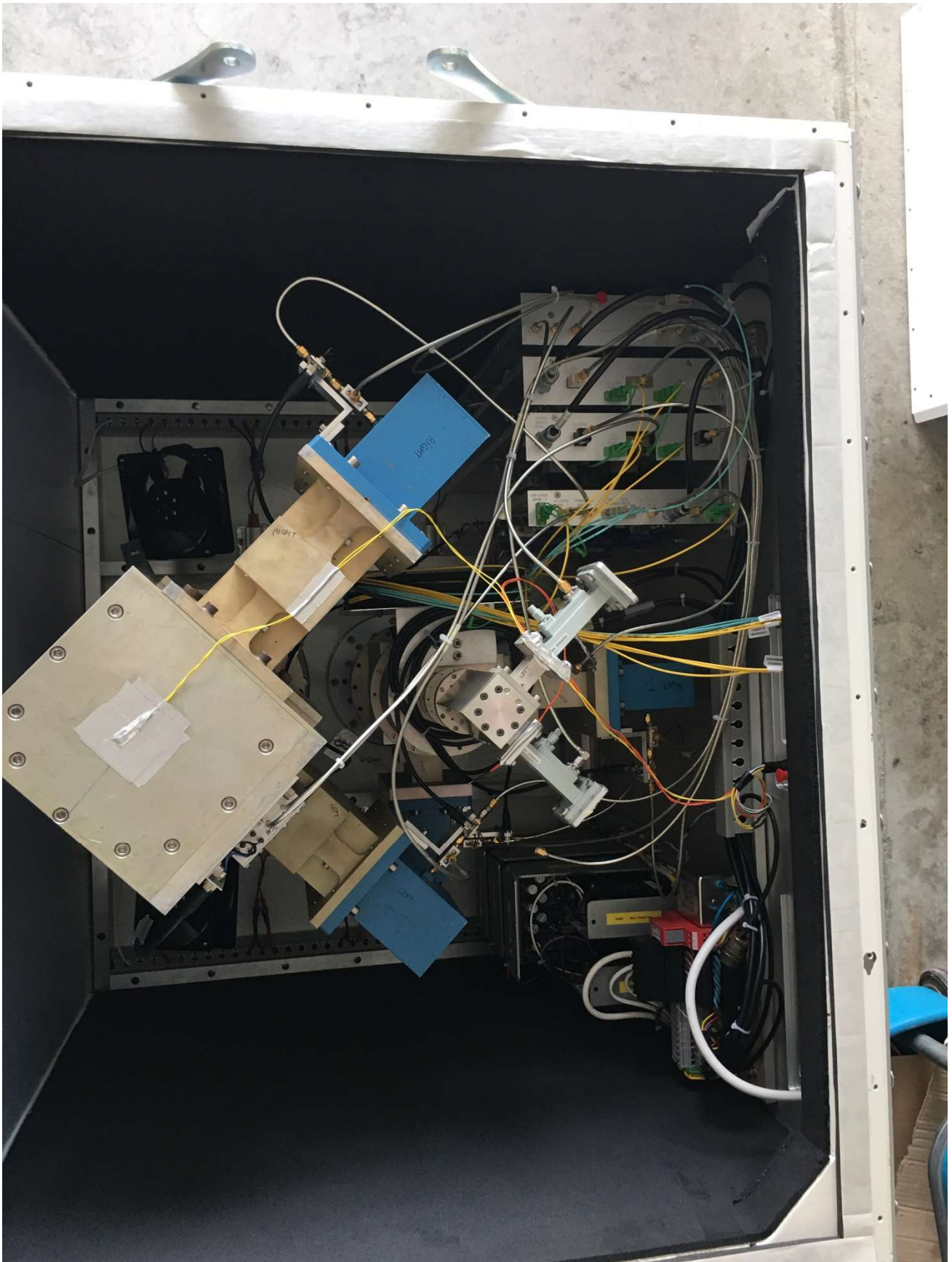


Fig. 9 – Ricevitore nel suo complesso.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

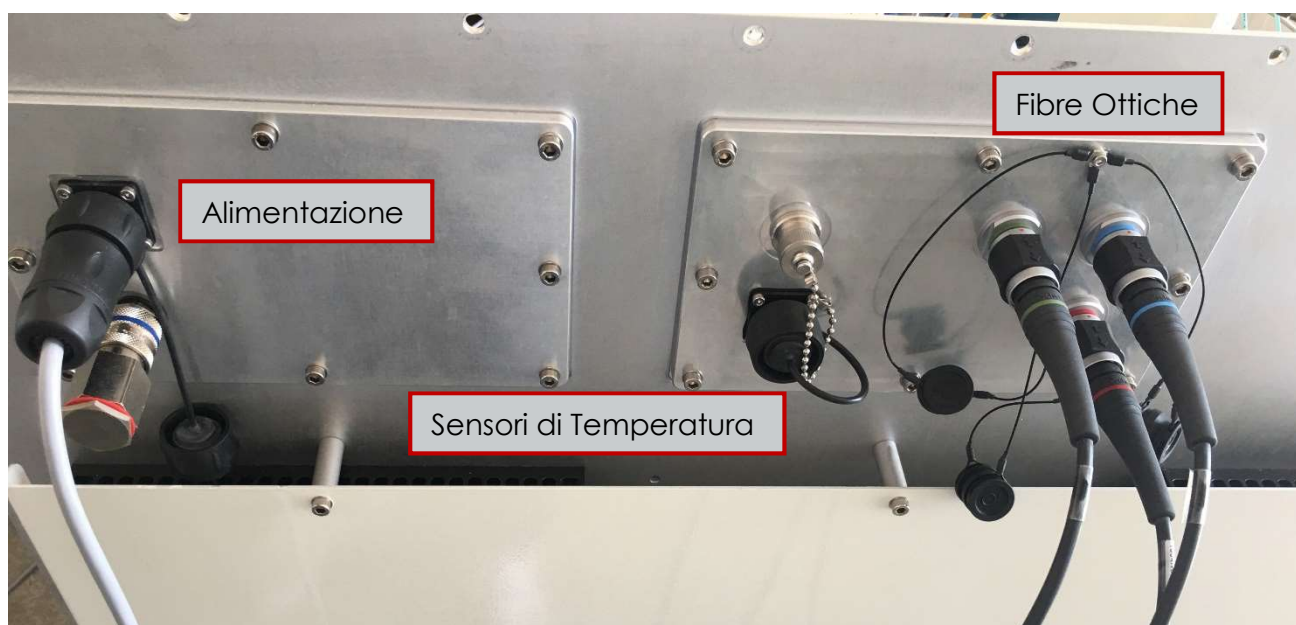


Fig. 10 – Connessioni verso l'esterno.



Fig. 11 – Box del ricevitore (in spedizione).

7. SCHEMI ELETTRICI DEL NUOVO RICEVITORE E LORO IMPLEMENTAZIONE

Alla fine del presente documento, verranno presentati tutti gli schemi elettrici del nuovo ricevitore SXL (Fig. 21 – Fig. 29) partendo dallo schema con la distribuzione delle alimentazioni e il controllo termico fino agli schemi RF.

8. SISTEMA DI CONTROLLO DELLA TEMPERATURA

Il ricevitore è stato dotato di un semplicissimo sistema di controllo termico basato su riscaldatori in grado di attivarsi quando la temperatura interna della scatola scende sotto la soglia dei 40°C. Ciò ha il semplice scopo di evitare fenomeni di condensa all'interno della box.

Gli elementi riscaldanti sono stati fissati alla parete inferiore, la stessa dove sono stati fissati i feed systems.

In realtà fra il trasformatore di alimentazione e gli elementi riscaldanti sono stati inseriti dei termostati bimetallici in grado di aprire il circuito quando la temperatura supera i 30°C e lo richiudono quando la temperatura scende sotto i 20°C (consentendo il riscaldamento dell'interno della box).

In Fig.21 ne viene riportato lo schema elettrico. Come si può notare, il sistema è stato suddiviso in due rami in parallelo ciascuno avente 4 elementi riscaldanti collegati sempre in parallelo tra loro. Tuttavia, dopo i primi test, si è potuto verificare che tre elementi erano più che sufficienti per cui uno è stato scollegato.

A completare il tutto, a circa una ventina di cm dalla piastra dove sono collegati gli elementi riscaldanti sono state inserite (mediante un semplice squadretto in metallo sul corpo del ricevitore in Banda L) due ventole in grado di creare un flusso di aria di una certa portata e interno alla box. Questo dovrebbe consentire di uniformare la temperatura all'interno del ricevitore.

Nel capitolo 10 verranno presentati alcuni risultati del test termico per il monitoraggio delle temperature all'interno del ricevitore.

9. TEST DEL RICEVITORE

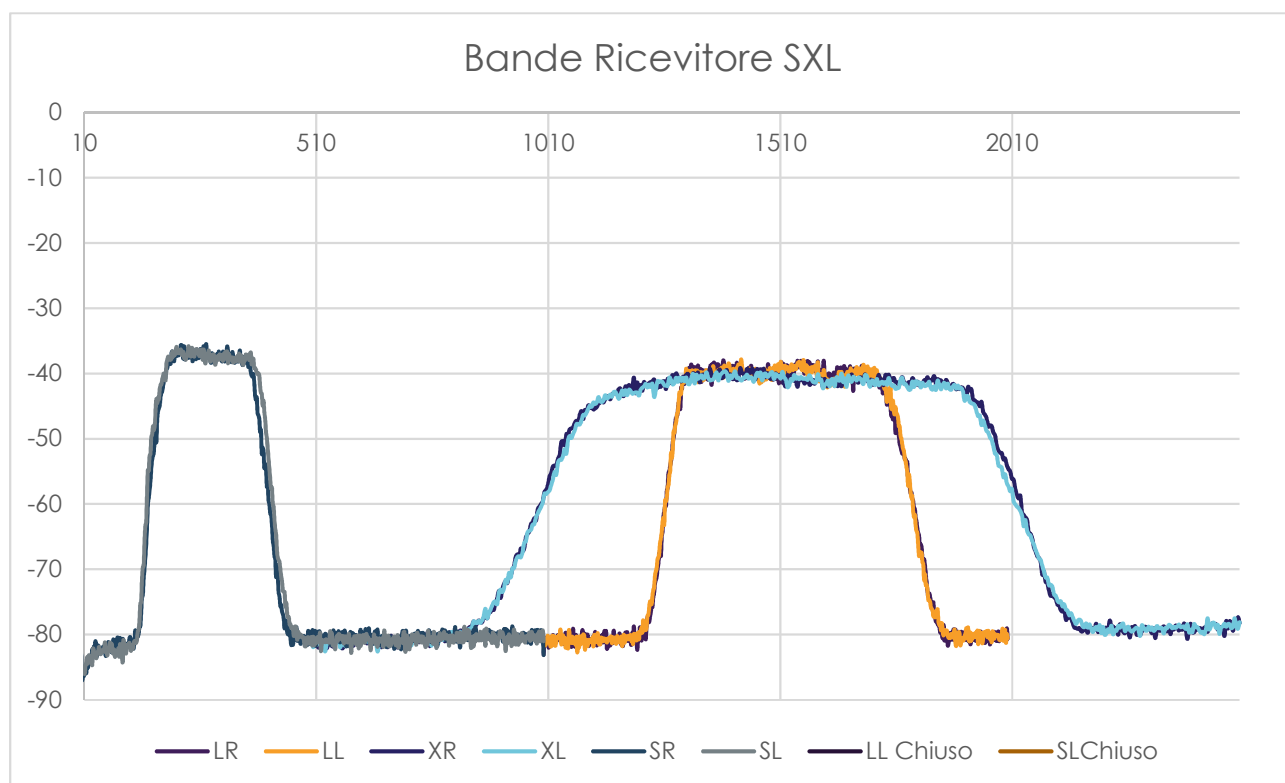
I test di laboratorio del ricevitore sono stati eseguiti inserendo un pannello di ECCOSORB davanti (praticamente in contatto) ai due feed system al fine di evitare che eventuali RFI potessero essere ricevute andando a influenzare le misure.

Da segnalare che il dimensionamento delle catene a radiofrequenza è stato effettuato in modo tale che il segnale in ingresso sia adatto al backend, in questo il DBBC2.

Come accennato in precedenza, la scelta di progetto è stata quella di avere il ricevitore in banda L non convertito. Per i ricevitori in Banda S e in Banda X è stata applicata una down-conversion e la scelta è stata quella di dimensionare gli oscillatori locali in modo che il ricevitore in Banda S arrivasse in ingresso al DBBC sulla Banda 1 mentre il ricevitore in Banda X arrivasse al backend nelle due bande alte.

Una volta assemblato e cablato tutto il ricevitore, sono stati eseguiti test di banda per averne un'indicazione su andamento, piattezza in banda e soprattutto avere un'indicazione di quanto le due polarizzazioni di ciascuno dei tre ricevitori fosse diversa dalla corrispondente.

Gli andamenti delle bande sono riportati nel grafico successivo.



Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

Una volta che il ricevitore è stato installato in antenna, sono stati completati tutti i collegamenti con il cestello contenente i moduli dei ricevitori ottici e il trasmettitore della Vialite per la 10MHz. Tale cestello è visibile nella successiva figura.

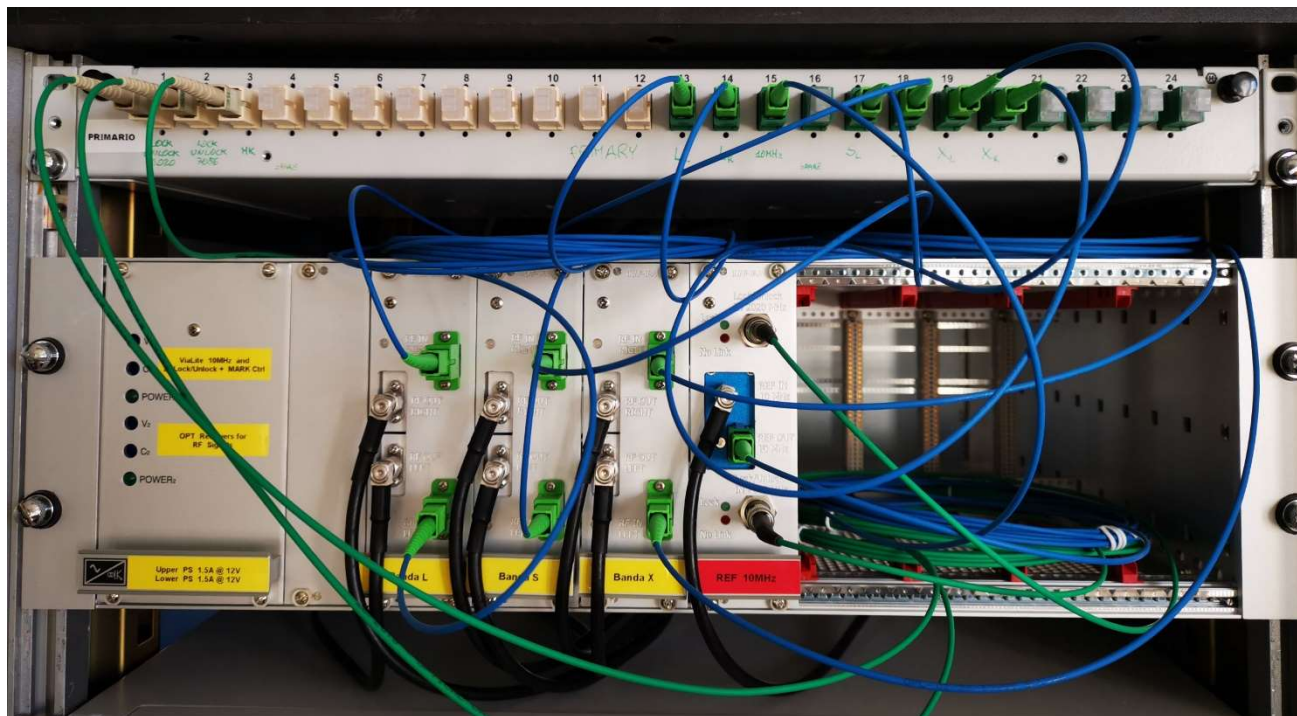


Fig. 12 – Cestello in stanza di controllo

Si evidenzia che è stato inserito un attenuatore da 9dB sull'uscita del distributore della 10MHz all'interno della stanza di controllo in modo da portare il valore di potenza del segnale di riferimento ad un valore di circa 2dBm adatto per l'ingresso dei due DLCRO della MITEQ che generano i segnali di oscillatore locale a 2020MHz e a 7056MHz.

Le uscite RF dei segnali del ricevitore (in cavo coassiale) sono state inviate all'analizzatore di spettro per visualizzare l'andamento delle bande.

Nelle successive Figg. 13 -18 vengono fornite tali andamenti.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

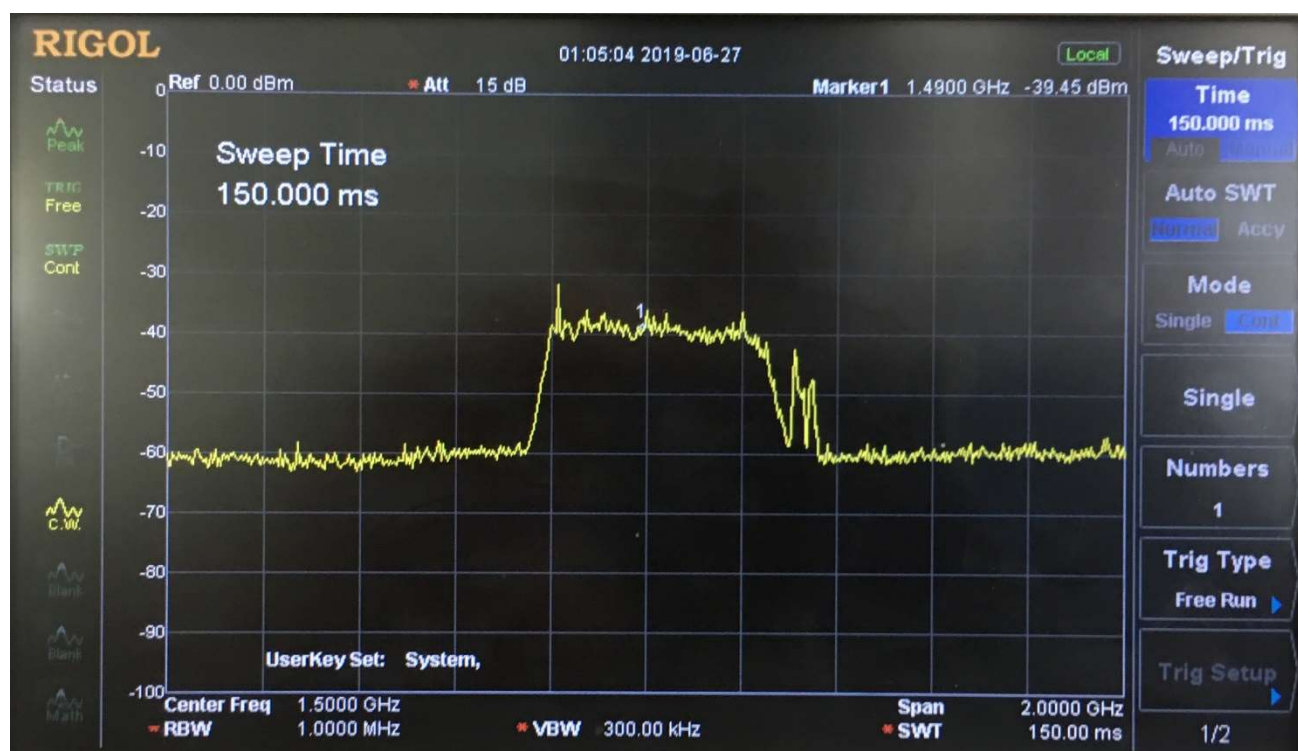


Fig. 13 – Banda L – L_Pol

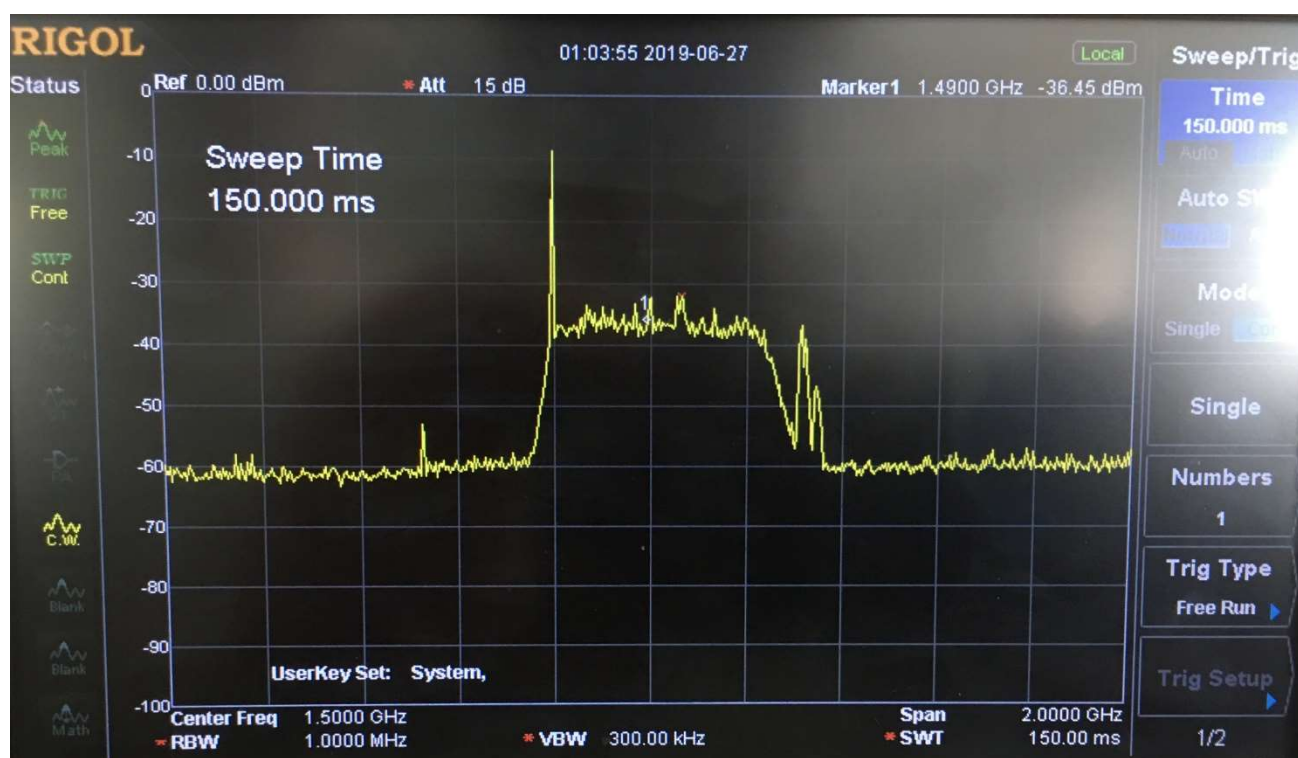


Fig. 14 – Banda L – R_Pol

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

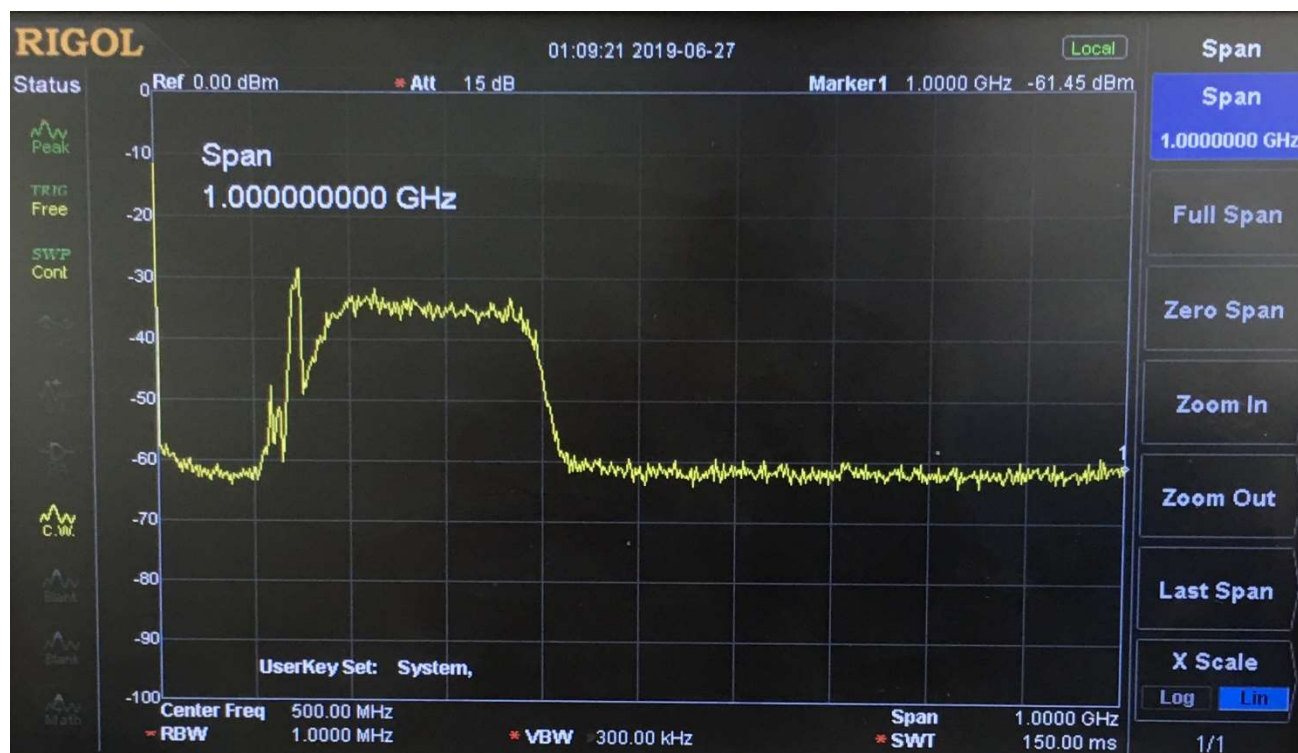


Fig. 15 – Banda S – L_Pol

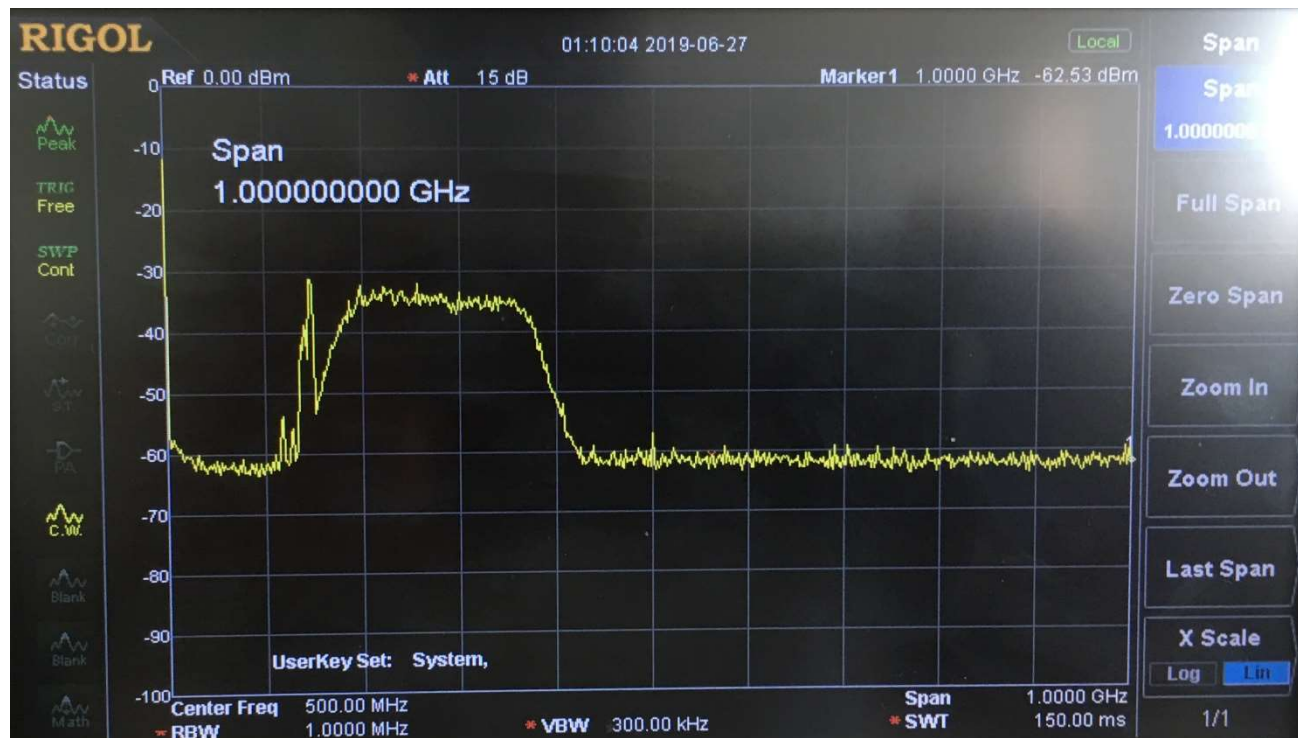


Fig. 16 – Banda S – R_Pol

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

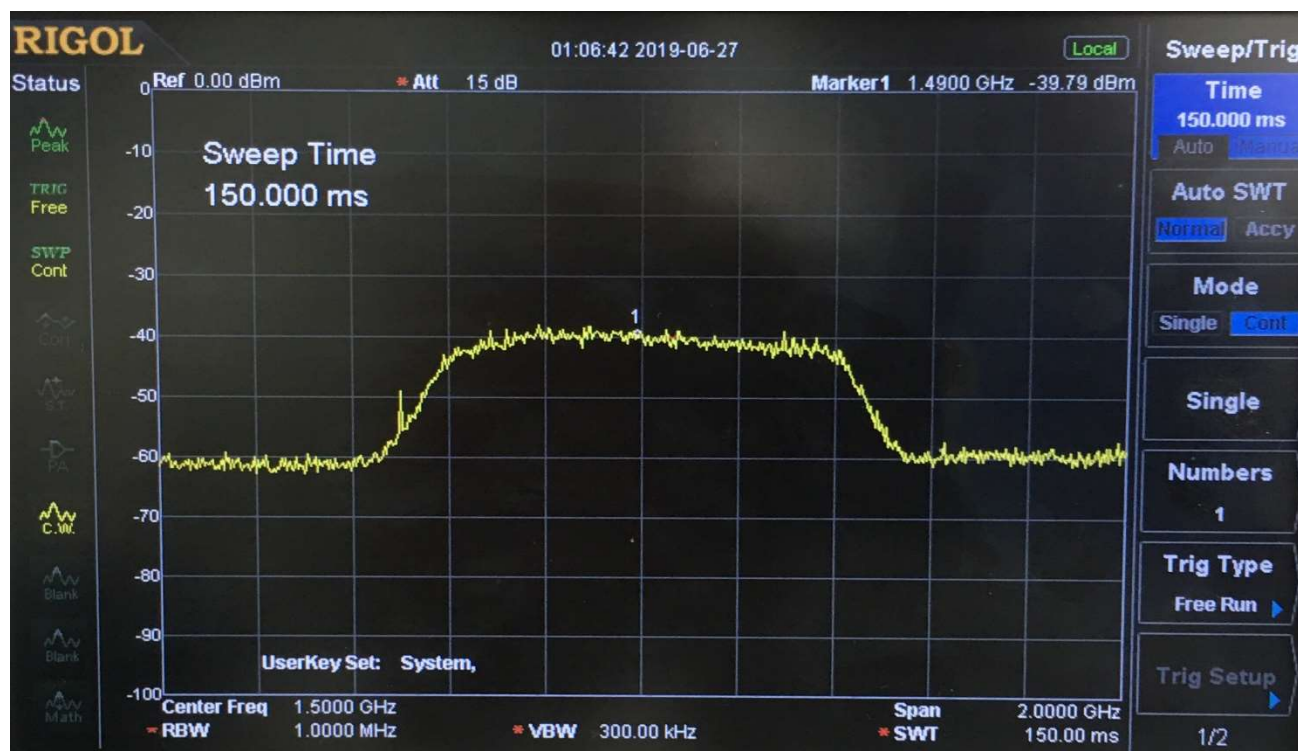


Fig. 17 – Banda X – L_Pol

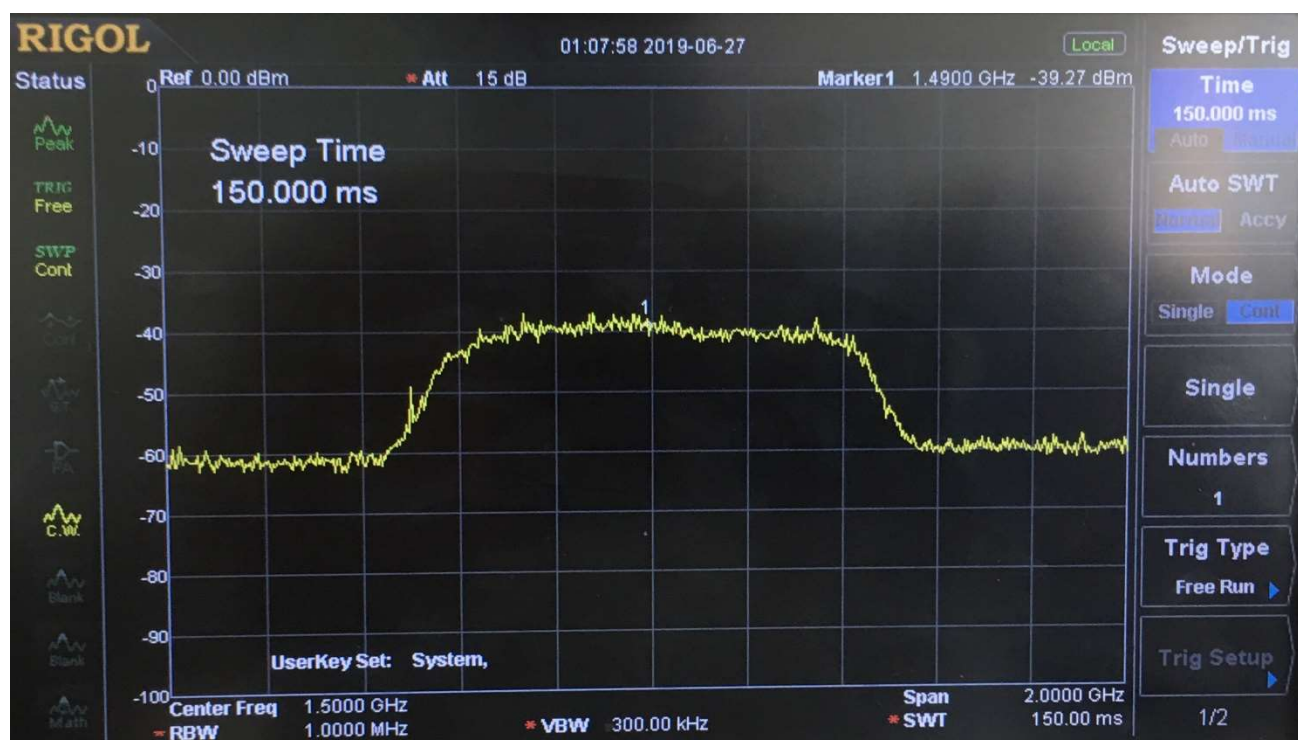


Fig. 18 – Banda X – R_Pol

10. TEST TERMICO.

Di seguito viene fornito il grafico dell'andamento temperature in varie zone del ricevitore e monitorate durante una campagna di circa 72 ore in cui la box del ricevitore è stata lasciata in esterno (per essere sottoposto a variazioni termiche ambientali giorno/notte), a terra e completamente chiuso.

La posizione dei sensori di temperatura (Pt1000) è indicata nella seguente tabella:

Pos (legenda grafico)	Descrizione Posizione	Colore Cavo
Alto Aria	Sospeso "in aria" vicino al corto in guida del ricevitore in Banda X.	Arancione
Piastra Fondo	Tra i due horn dei ricevitori	Bianco
Piastra Frontale	Parete Laterale vicino e vicino alla piastra di fissaggio dei ricevitori	Blu
Alto Feed L	Corto in guida del ricevitore Banda L	Giallo

Il dato che emerge è che le temperature interne tendono a ricopiare la temperatura esterna. Il salto termico tra interno ed esterno risulta essere di circa 13°C.

Ci si aspetta che ciò si verifichi anche quando il ricevitore sarà montato in antenna e che all'interno della box si raggiungano temperature tollerabili da tutta la componentistica elettronica utilizzata. Si ricorda che tale componentistica è stata opportunamente selezionata per lavorare in un ricevitore "caldo" (cioè non dotato di dewar e di sistema criogenico) e che lavora ovviamente in esterno.

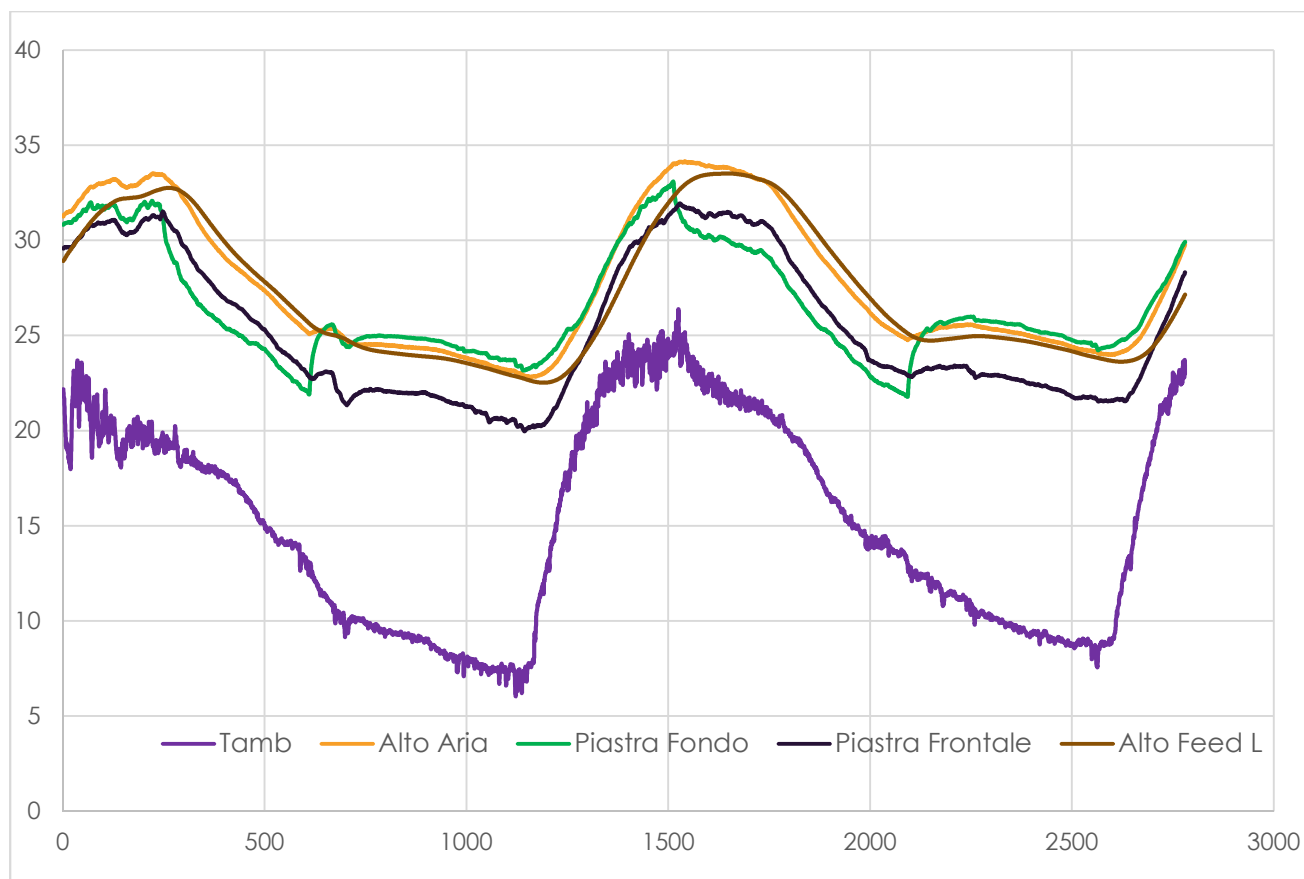


Fig. 20: Andamento delle temperature interne vs temperatura ambiente.

11. CONCLUSIONI SULLA FASE DI ASSEMBLAGGIO E MONTAGGIO IN ANTENNA

Il nuovo ricevitore SXL è stato installato alla fine del mese di Giugno 2019.

I primi test hanno rivelato che il ricevitore è operativo e funziona secondo quanto atteso. Sono stati eseguiti anche alcuni test grossolani della marca.

Per il Banda L la caratterizzazione preliminare ha presentato alcune difficoltà a causa di numerose interferenze presenti nella banda utile. Per il ricevitore in Banda S, per avere una misura qualitativa delle bande (L e R), ci si è accorti che diveniva necessario mettere i dispositivi mobili personali in "modalità aereo e con wireless spento" poiché nell'analizzatore di spettro sono state notate interferenze sull'andamento nella banda di uscita. Per il Banda X non sono state notate particolari problematiche. Si rimanda comunque al successivo paragrafo per la descrizione completa dei test e delle misure in antenna.

12. MISURE IN ANTENNA – (A. ORLATI - LUGLIO 2019)

In questo paragrafo vengono descritte le misure preliminari in antenna.

BANDA X

Le misure riportate sono fatte con il Total Power. Si installano 20 db di attenuazione all'ingresso primario delle schede. Si utilizza il filtro Total Power 2.3GHz per utilizzare tutta la banda IF del ricevitore (1149MHz-1882MHz) Le misure riportate sono state fatte con il sistema di superficie attiva in funzione ed in inseguimento per l'elevazione. La funzionalità della superficie attiva non era comunque perfetto: risultano non funzionanti tre raggi e 13 attuatori.

Posizione SX

Il ricevitore nella posizione nominale risulta piuttosto sfocato con scarsa efficienza misurata e soprattutto il beam pattern marcatamente allargato (6, 7 minuti d'arco).

Si è perciò sistemata la posizione Z del ricevitore. La posizione da impostare è quindi:

Y=107 mm

Z=206 mm

Puntamento.

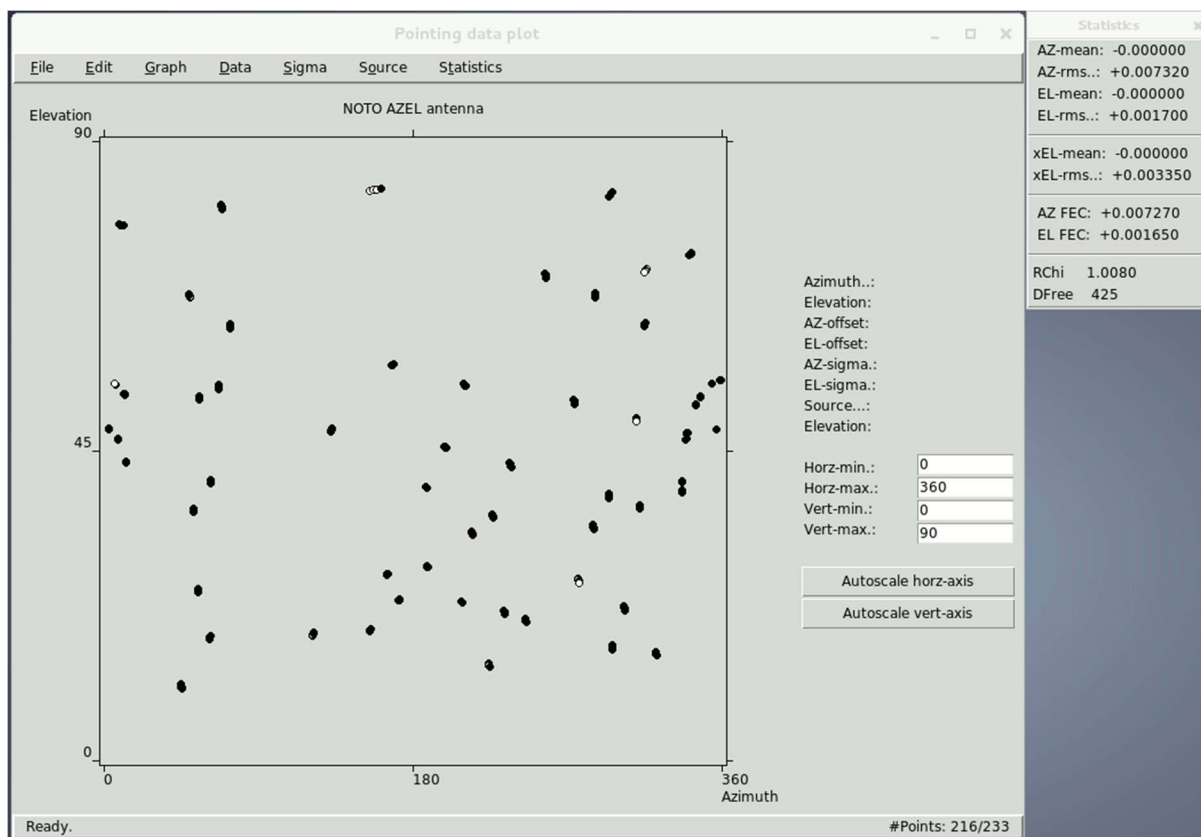
Si riportano i parametri del modello di puntamento da applicare sia per il banda X che, ovviamente, per il banda S (coassiali).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

```

*
00054 2019 180 07 16 06 0
*
90.0000 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
*
-0.0116563020 0.0000000000 -0.0205956493 0.0057161199 -0.0027005430
*
0.0016794193 0.0475987159 -0.1092262417 0.0000000000 0.0000000000
*
0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000
*
0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000
*

```



Marca di calibrazione

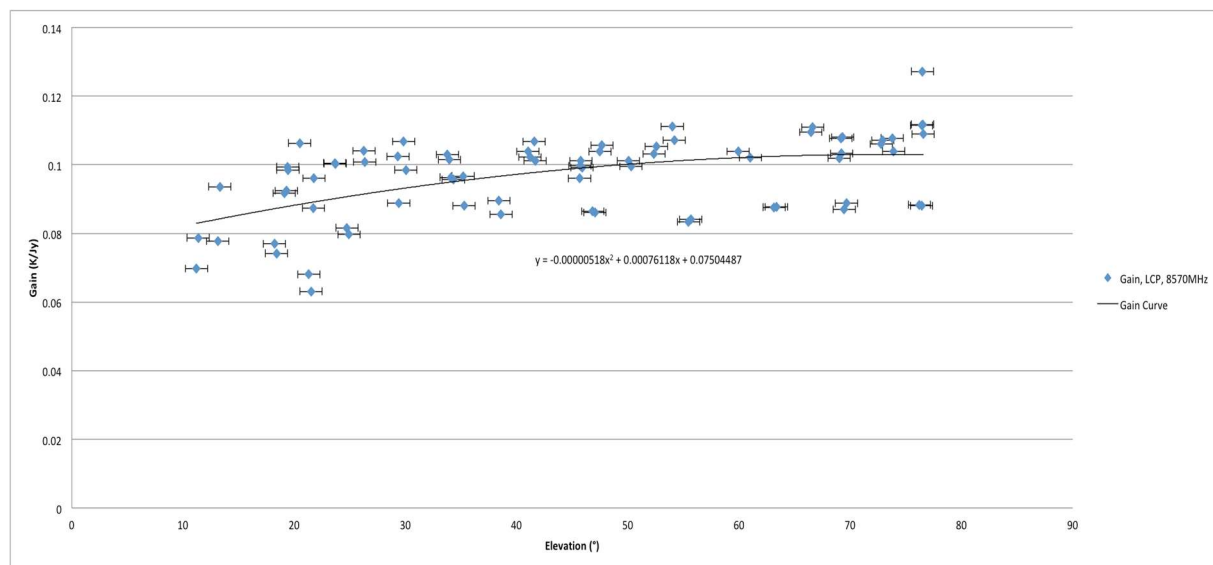
Le misure di laboratorio della marca di calibrazione, fornite con uno step di 5 MHz mostrano un andamento molto scatterato con la frequenza e rendono difficile l'attribuzione del corretto valore di marca alla banda osservata. Oltretutto le misure di laboratorio (per ragioni di strumentazione) si fermano a 8.5GHz. Questa difficoltà si traduce, spesso, in valori di temperature di sistema non credibili. Si decide quindi di utilizzare un unico valore di marca, calcolato integrando su tutta la banda le misure di laboratorio. Ecco i valori da riportare nel file RXG:

LCP 8571.5 7.17

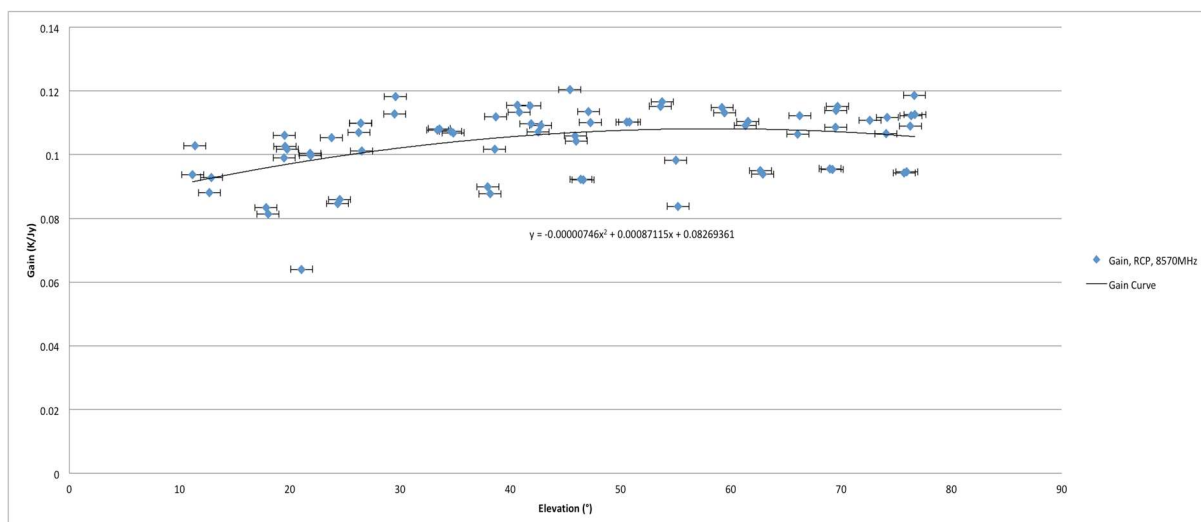
RCP 8571.5 7.17

Guadagno

Riportiamo le curve di guadagno misurate con il setup descritto.



Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)



Questi i valori finali, da riportare nel file RXG:

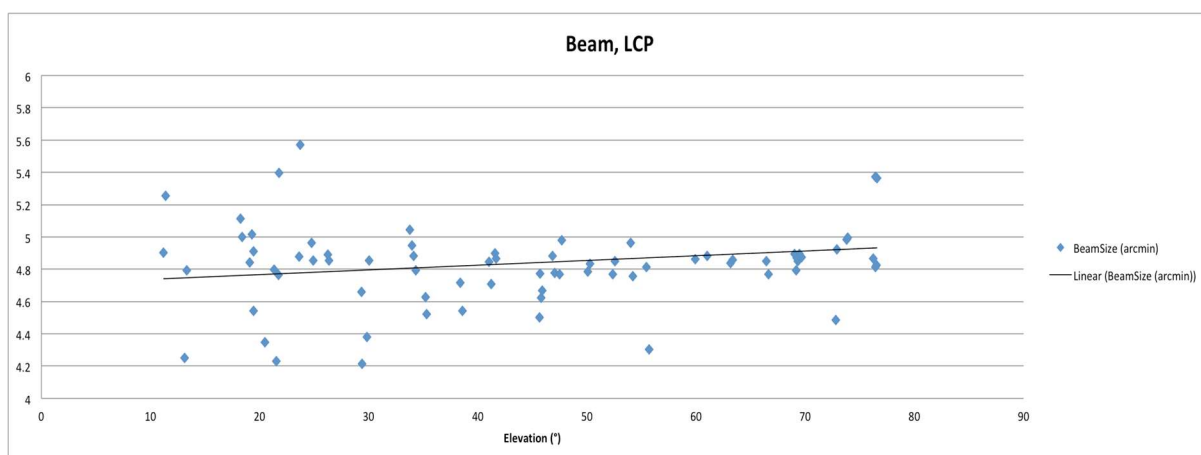
Gain Poly: -5,02874E-05 0,007389527 0,728534748

DPFU(LCP): 0.103 K/Jy

DPFU(RCP): 0.108K/Jy

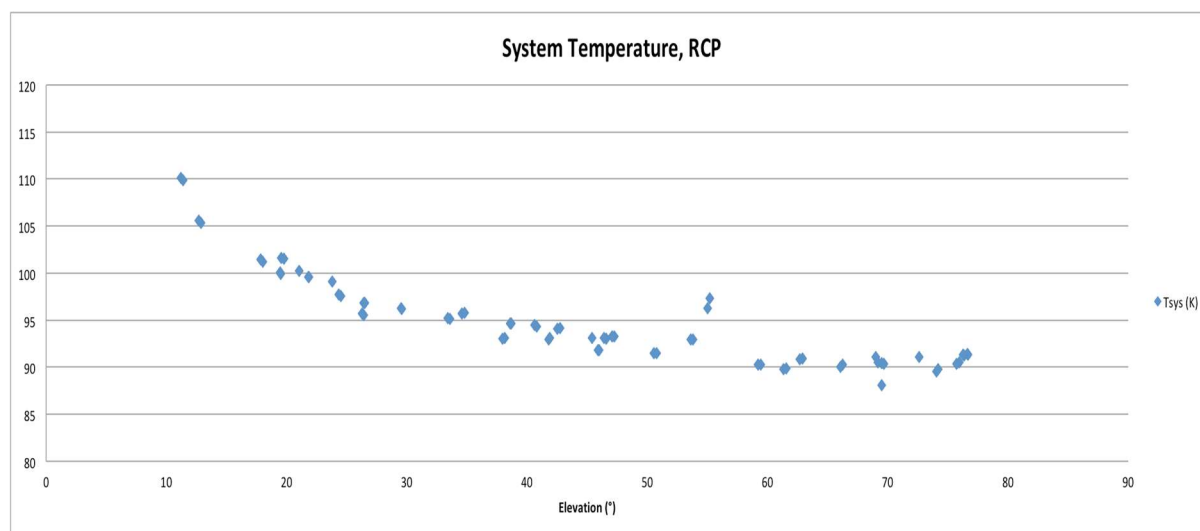
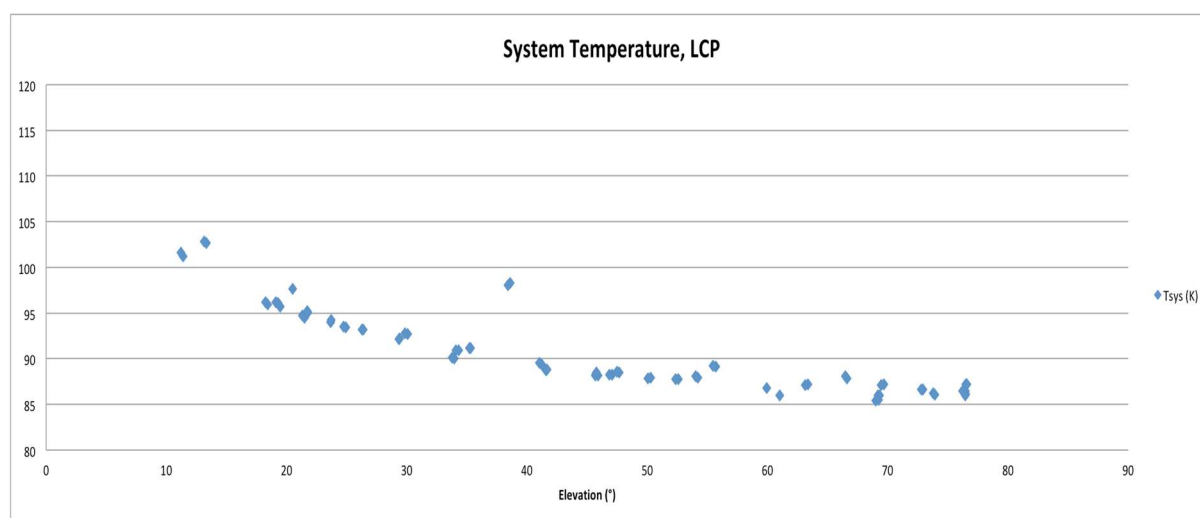
Beam size

Si riporta anche il grafico del beam size misurato lungo l'arco di elevazione. Non si riscontrano grossi problemi di deformazione del beam. Sarebbe però auspicabile produrre delle immagini del beam pattern per averne definitiva conferma. Il valore medio è di circa 4.8".



Temperatura di sistema

Sotto si riporta l'andamento della temperatura di sistema con l'elevazione. Il canale destro risulta mediamente poco più rumoroso del sinistro (4-5 K). Considerando che il valore di marca assunto (7.17 K) è identico per i due canali si potrebbe scalare leggermente quello della RCP per recuperare la differenza ma in considerazione che i guadagni sono molto simili è probabilmente meglio tenere i valori di marca attuali.



SEFD (LCP): 835Jy

SEFD(RCP): 842Jy

BANDA L

Nonostante l'utilizzo di un filtro variabile in banda L (+/- 5% della frequenza) non è stato possibile trovare una configurazione che rendesse possibile le misure con il Total Power. La presenza di interferenze è tale da non potersi permettere larghezze di banda superiori ai 2-4 MHz. Si è perciò utilizzato il Field System con il DBBC2. Abbiamo configurato un BBC per polarizzazione alla frequenza di 1645MHz e una bandwidth di 2 MHz. Si è ovviamente utilizzato il filtro 4 del DBBC (1500-2000MHz). Questo filtro sembra però attenuare grandemente il segnale e non sempre si riesce ad ottenere un livello adeguato ai BBC.

Posizione SX

Un'interferenza meccanica tra un motore di Z del subriflettore e l'asse Y del ricevitore in primario ha costretto a tenere la posizione di fuoco del ricevitore L (12 mm indietro) Questo non dovrebbe causare perdite di efficienza ma obbliga a tenere due diversi modelli di puntamento tra il ricevitore banda SX e il banda L. Considerando un BDV di 0.0044 °/mm ci si aspetta un offset di puntamento pari 0.053°.

La posizione da impostare quindi per il banda L:

Y=355 mm

Z=196 mm

Puntamento

In considerazione di quanto detto sopra il modello per il ricevitore in banda L andrà applicato separatamente da quello per il banda X. Questo lascia aperto un problema perchè al momento non è chiaro se il PC di puntamento di Noto possa supportare più di due modelli di puntamento (attualmente primario e secondario). I parametri sono riportati sotto ma andranno controllati nuovamente:

```
*  
00013 2019 181 07 10 46 0  
*  
90.0000 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
*  
-0.0231925715 0.0000000000 -0.0336112157 -0.0069472454 -0.0010098397  
*  
0.0008433614 0.0916978642 -0.0863140598 0.0000000000 0.0000000000  
*  
0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000  
*  
0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000 0.0000000000  
*
```

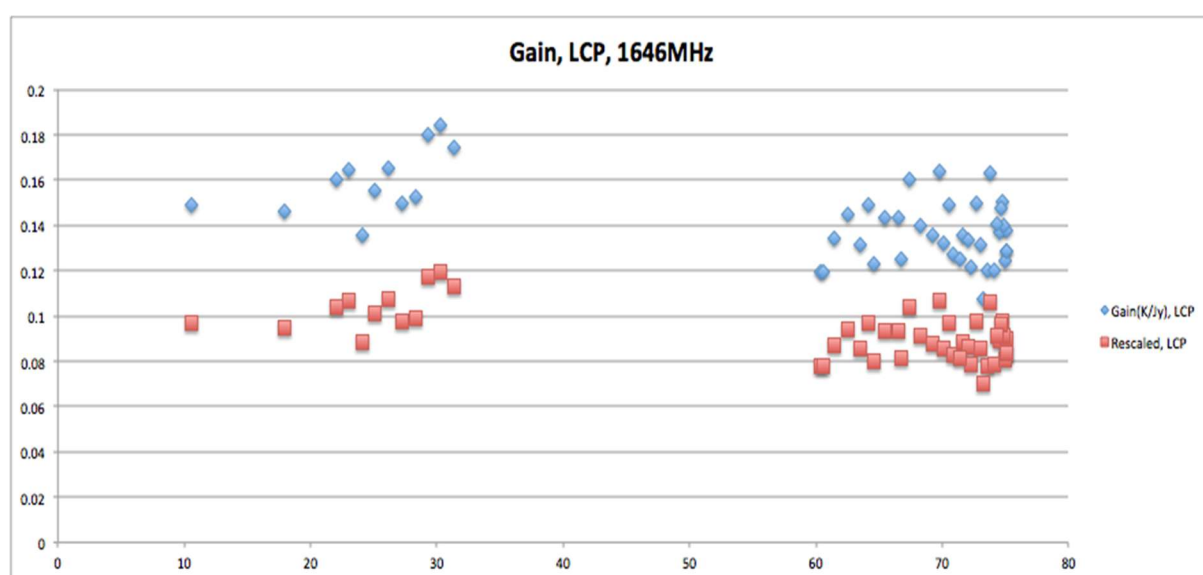
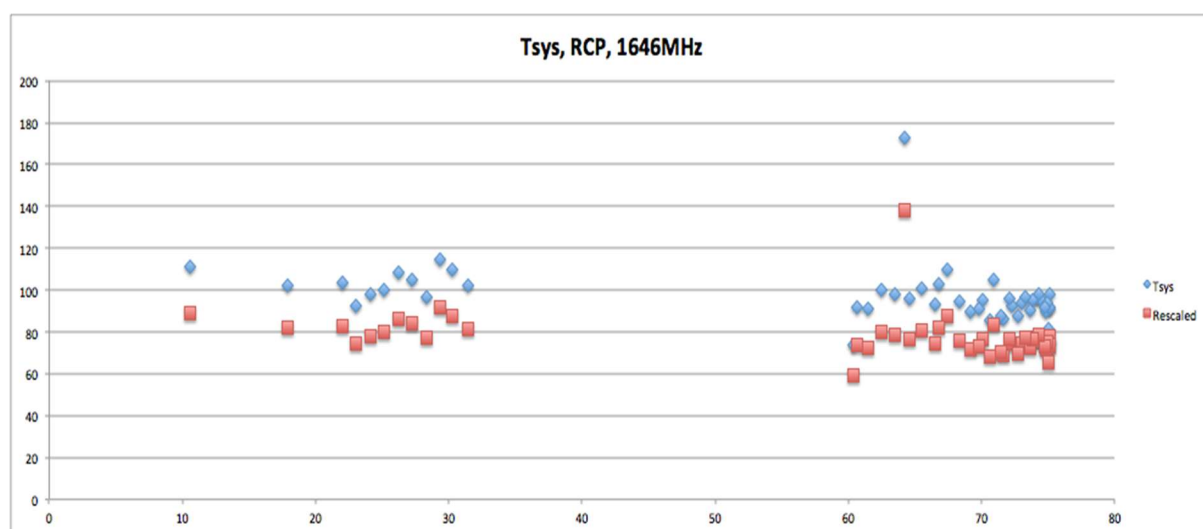
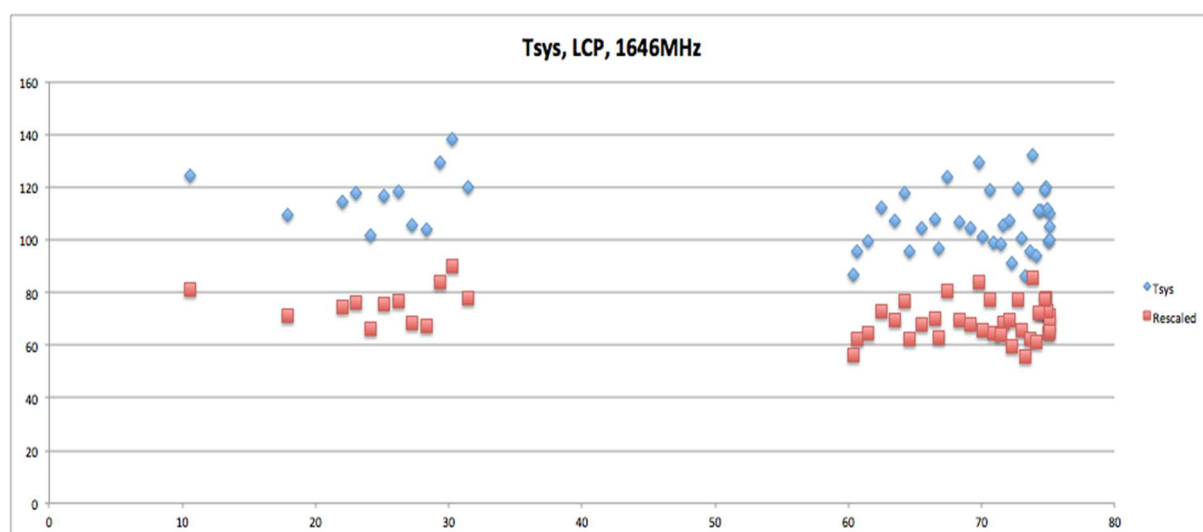
Guadagno temperatura di sistema

Come già detto le misure si riferiscono ad una sola frequenza (1646MHz+/-1MHz) fatte col DBBC2 su solo un paio di calibratori molto brillanti. Per motivi di tempo per ora ci si è limitati a questo setup. Per confermare i risultati sotto riportati andrebbe estesa l'osservazione a più frequenze e su tutto il range di elevazione.

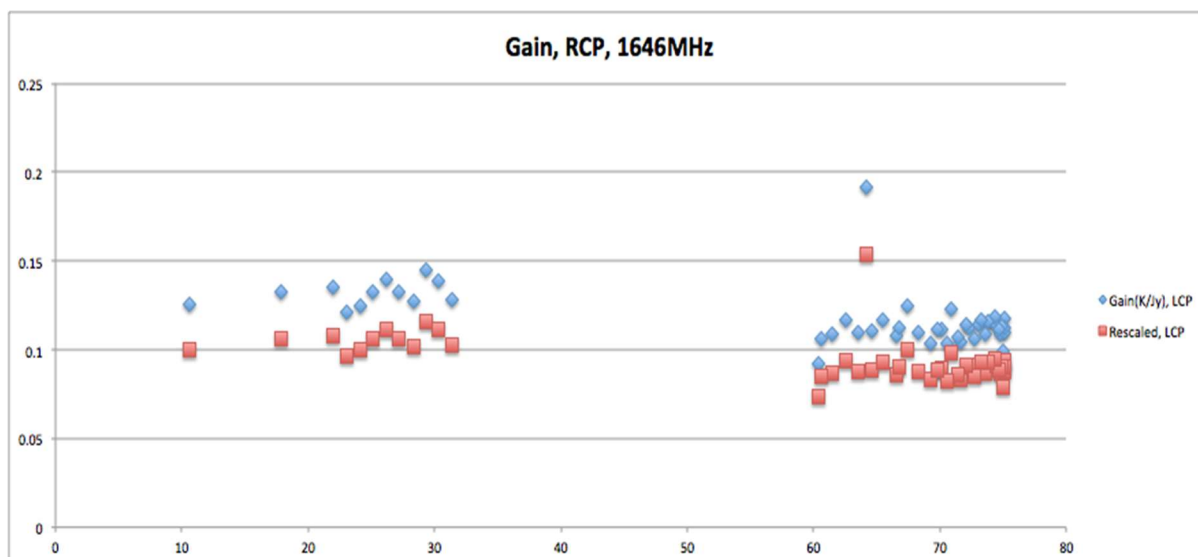
Utilizzando i valori di marca di laboratorio (LCP 7.5K e RCP 4.6K.) si è ottenuto una curva di guadagno (piatta sul range di elevazione) con un DPFU di 0.153K/Jy per la LCP e 0.124K/Jy per la RCP. Anche le misure di t_{sys} risultano fondamentalmente costanti sul range di elevazione con un valor medio di 109K e 96K. I dati sono riportati nelle figure sotto (curve di colore blu).

Facendo l'assunzione che le misure fatte a 1646MHz+/-1MHz possano estendersi a tutta la banda risulta che i valori sia di guadagno che di temperatura di sistema sono superiori a quelli attesi per entrambe le polarizzazioni. Se ne può pertanto dedurre che i valori di marca in laboratorio siano sovrastimati e perciò possano essere scalati rispettivamente al 65% (LCP) e 80% (RCP) del valore originario. I risultati delle misure dopo questa operazione di riscalatura sono illustrati dalle curve di colore rosso.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)



Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)



Per riassumere i risultati ottenuti ed valori che per il momento si possono riportare nei file RXG:

Gain Poly: 1.0

DPFU(LCP): 0.0999 K/Jy

DPFU(RCP): 0.0999 K/Jy

Tsys (LCP) 71K

Tsys (RCP) 77K

SEFD (LCP): 710 Jy

SEFD (RCP): 771 Jy

LCP 1320 5,89946123

RCP 1320 4,15547728

LCP 1370 5,51802979

RCP 1370 5,32042496

LCP 1420 5,65011759

RCP 1420 4,73610544

LCP 1470 5,4402699

RCP 1470 4,4412176

LCP 1520 4.92733254

RCP 1520 5.39190384

Banda S

Puntamento

Si considera che il modello determinato per il banda X sia valido ed applicabile per questo ricevitore.

Guadagno e temperatura di sistema

T.B.D.

Appendice A

Cos'è andato storto!!!

Diverse problematiche indipendenti dall'assemblaggio e dai test hanno afflitto il ricevitore quasi in ogni sua parte e fin dalle sue prime fasi di lavorazione. Di seguito, vengono riportate "in ordine cronologico" le problematiche che, fortunatamente, non hanno comportato costi aggiuntivi ma che hanno rallentato e ritardato l'implementazione e l'assemblaggio del ricevitore SXL rispetto alle tempistiche prefissate all'inizio dei lavori.

Ovviamente quello che era possibile fare tra un problema e l'altro è stato in ogni caso portato avanti.

Oscillatori locali: i due oscillatori locali, diversamente a quanto accaduto per altri componenti della stessa famiglia già acquistati per altri ricevitori usati sia a Medicina sia a SRT, sono arrivati con un case dotato di connettori di alimentazione e controllo plastici. Ciò ha richiesto la realizzazione di uno scatolino metallico customizzato nel quale inglobarli e in grado di schermare completamente i segnali uscenti da tali connettori. Nelle precedenti versioni il case era completamente metallico consentendo di evitare questo inscatolamento.

La realizzazione della box in alluminio ha comportato una perdita di tempo traducibile in un paio di settimane.

Tutto ciò è stato comunque riportato al venditore che ha provveduto a segnalare alla casa costruttrice. Sembra che sia in corso una revisione del progetto del case del componente.

Amplificatori in Banda X: Dati per avere una NF di 0.69dB cioè 50K, in fase di verifica sono stati misurati valori variabili tra il 30% e l'80% in più. È stato chiesto l'intervento della casa costruttrice che ha ammesso la "non compliance" dei dispositivi provvedendo a effettuare le riparazioni che comunque non hanno portato al raggiungimento dei valori forniti da datasheet.

Questa operazione è stata effettuata in garanzia ma è costata in termini di tempistiche di assemblaggio avendo atteso circa 45gg prima di poter riavere i componenti. La riparazione ha però avuto come effetto collaterale quello di avere valori di guadagno molto diversi tra i tre componenti e soprattutto molto più alti del valore che avevano prima della riparazione.

Attualmente quel preciso part number non è più a catalogo anche se ne esiste una versione simile con banda dimezzata.

Oscillatore locale del Banda X: Dopo pochi giorni di funzionamento l'oscillatore locale che genera la 7056MHz per la conversione dei segnali RF del banda X ha smesso di funzionare. Non vi era assorbimento di corrente.

Rimandato presso la casa costruttrice, ci è stato riportato un difetto sulla linea di alimentazione che è stata sistemata in garanzia. La spedizione ha seguito lo stesso iter degli amplificatori comportando uno stop leggermente più lungo anche se praticamente "parallelo" al precedente.

Non avendo certezze sulle tempistiche di riparazione e avvicinandosi la data di installazione in antenna, era stata prevista una soluzione di emergenza che avrebbe consentito un facile montaggio del dispositivo anche in un secondo tempo.

Link in fibra ottica per la 10MHz: dopo un certo numero di test in cui tutto funzionava a dovere, anche questo componente ha cessato di funzionare. Si è scoperto che si era allentato il connettore della fibra ottica interna al dispositivo.

Il problema è stato ripristinato in breve tempo ma in ogni caso, era stata già predisposta una soluzione di backup. La scatola del ricevitore era già stata dotata di un connettore N che sarebbe stato

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

utilizzato per far pervenire la 10MHz di riferimento tramite cavo coassiale.

Connettori delle Fibre Ottiche: durante la fase di test del ricevitore è stata sperimentata la criticità dei connettori delle fibre ottiche. Sono stati rilevati guasti in almeno tre connettori. Le riparazioni sono avvenute in modo rapido avvalendosi di una ditta che si è già occupata di sistemi in fibra presso la Stazione Radioastronomica di Medicina.

Fibre Ottiche: È stato molto lungo il tempo di consegna. Questo ha ritardato notevolmente l'installazione del ricevitore in antenna.

Il giorno 21 giugno 2019 il ricevitore è stato finalmente spedito a Noto per l'installazione avvenuta nella settimana dal 24 al 27 Giugno 2019.

References:

Ref. [1]: IRA Technical Report N° 504/17

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

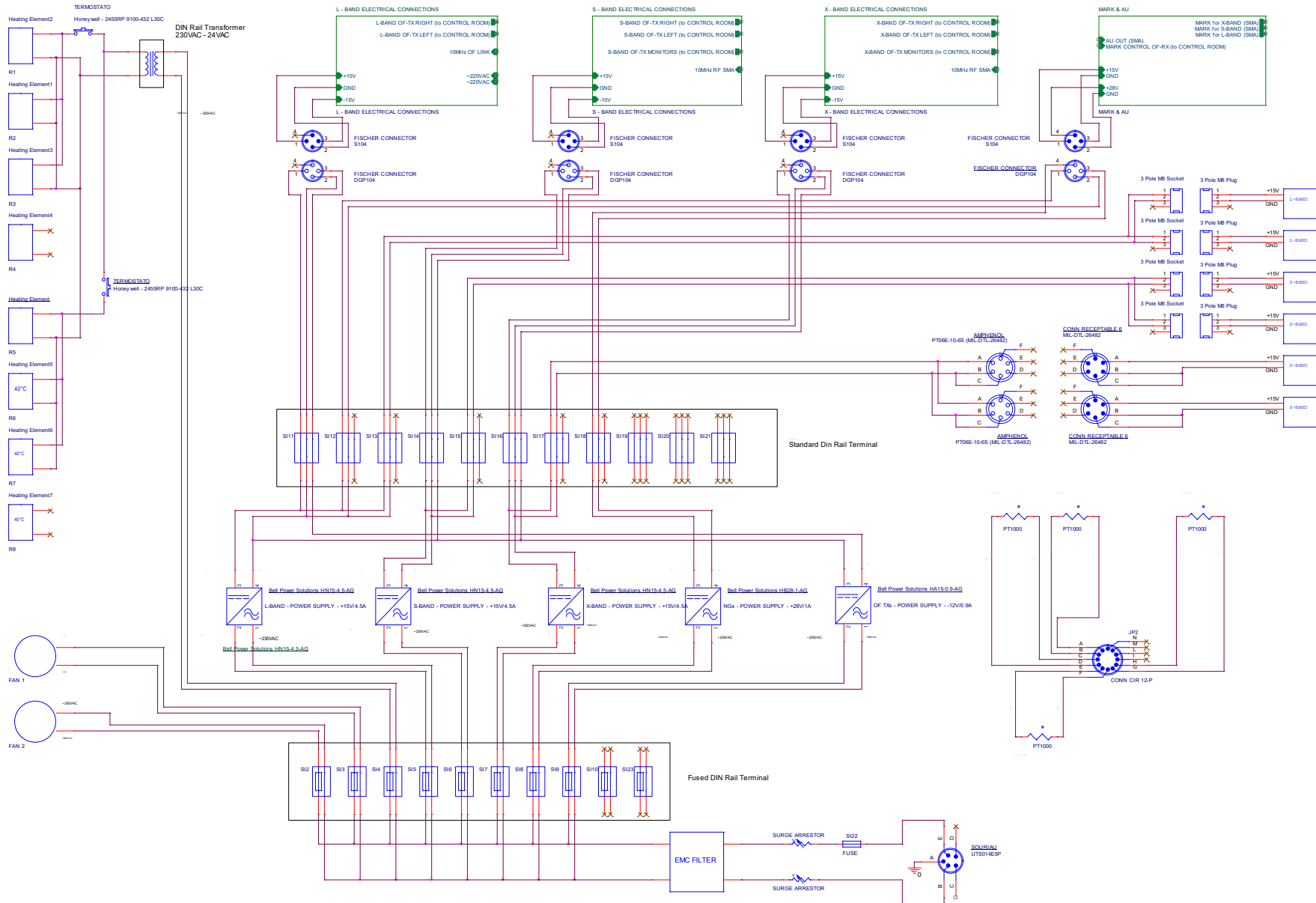


Fig. 21: Schema complessivo del box del ricevitore.

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

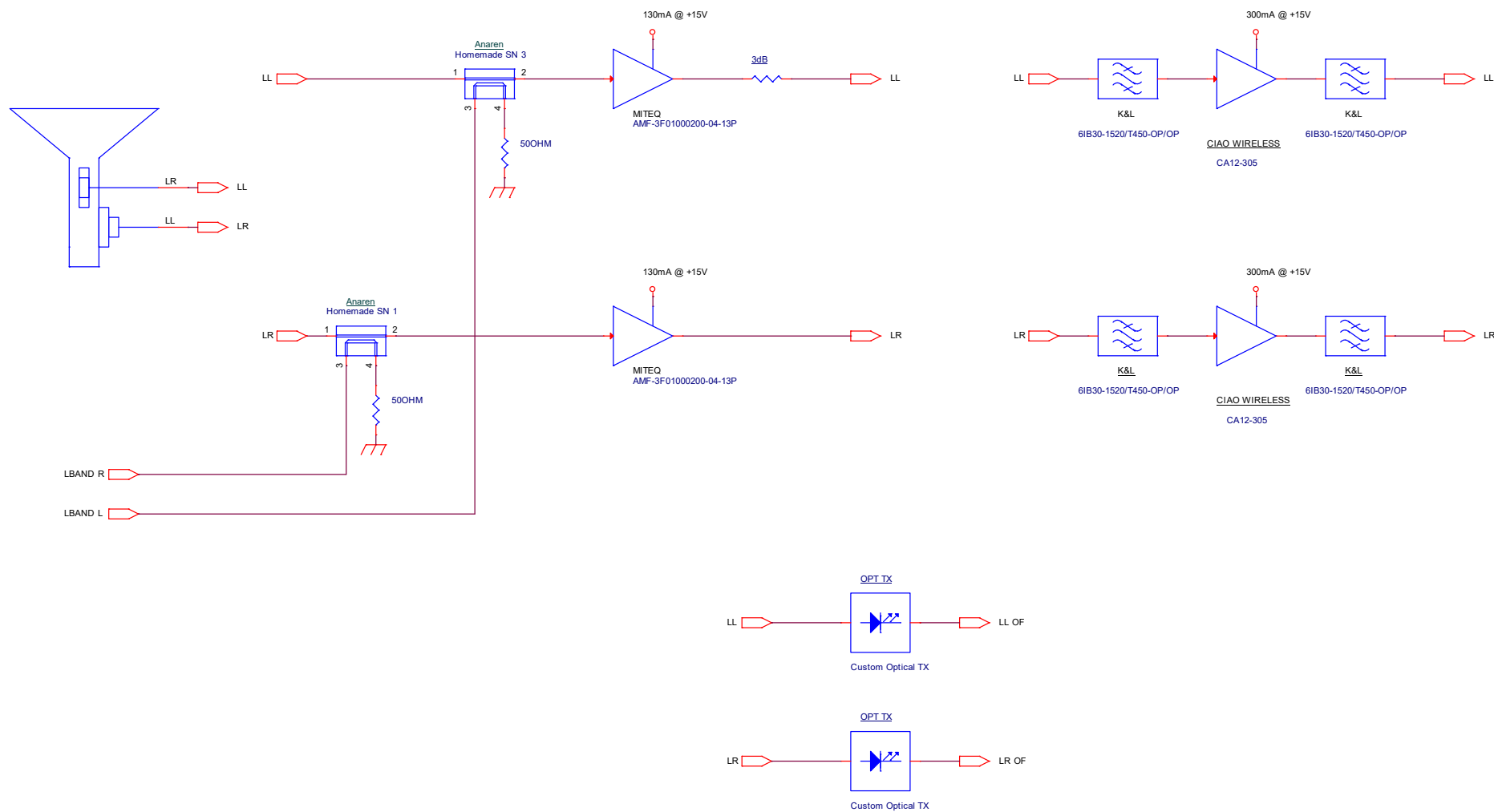


Fig. 22: Ricevitore in Banda L (all'interno del box del ricevitore).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

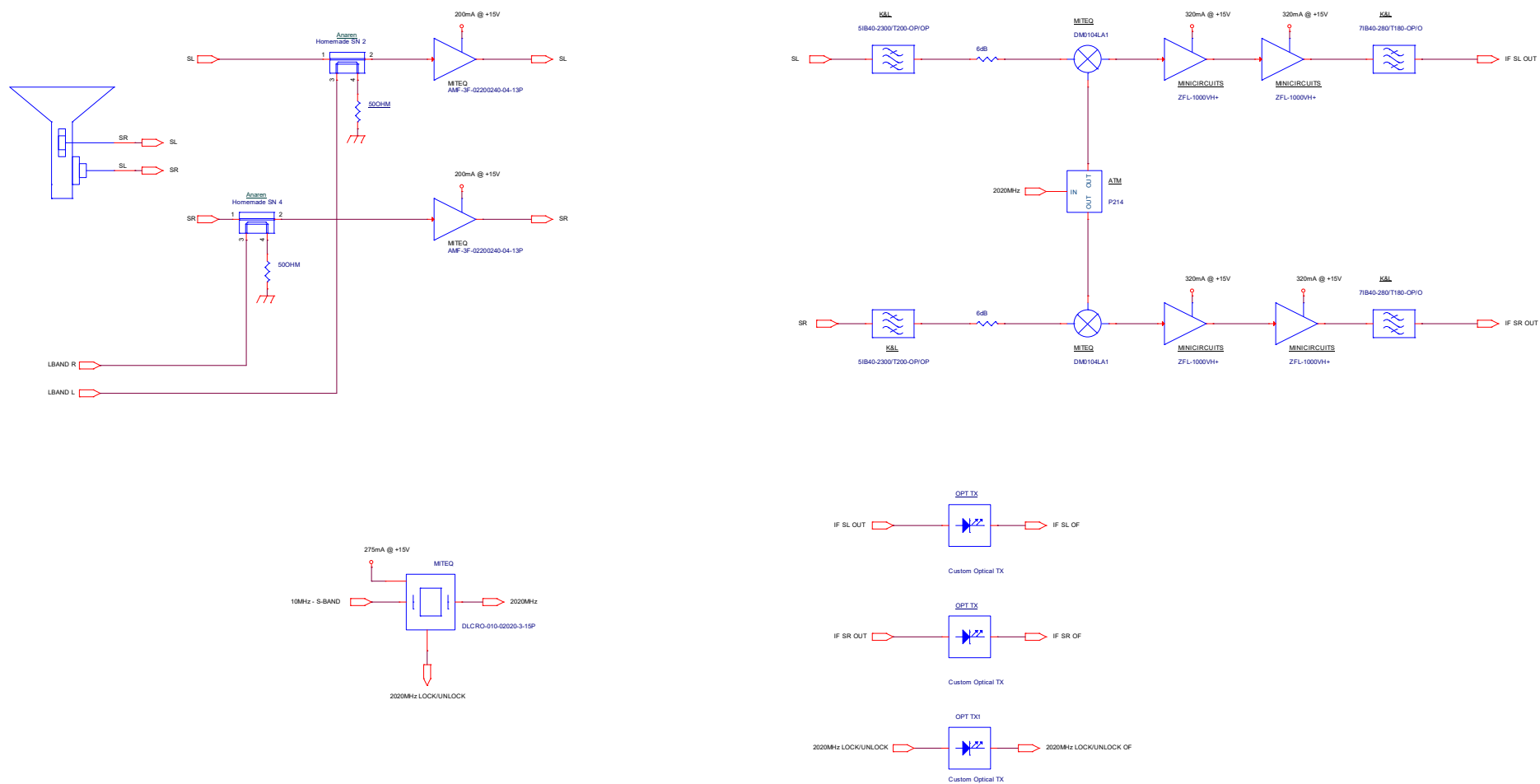


Fig. 23: Ricevitore in Banda S (all'interno del box del ricevitore).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

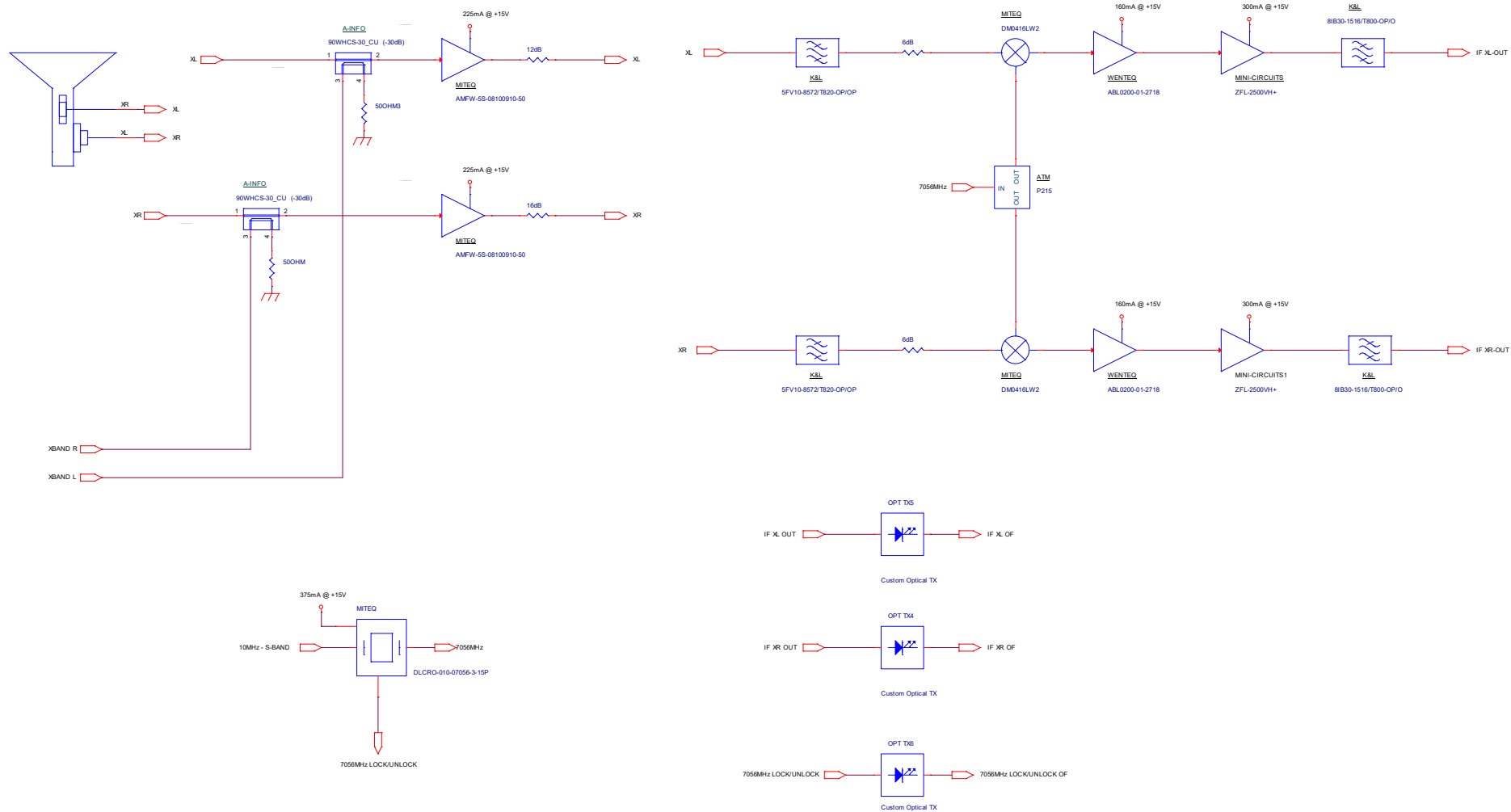


Fig. 24: Ricevitore in Banda X (all'interno del box del ricevitore).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

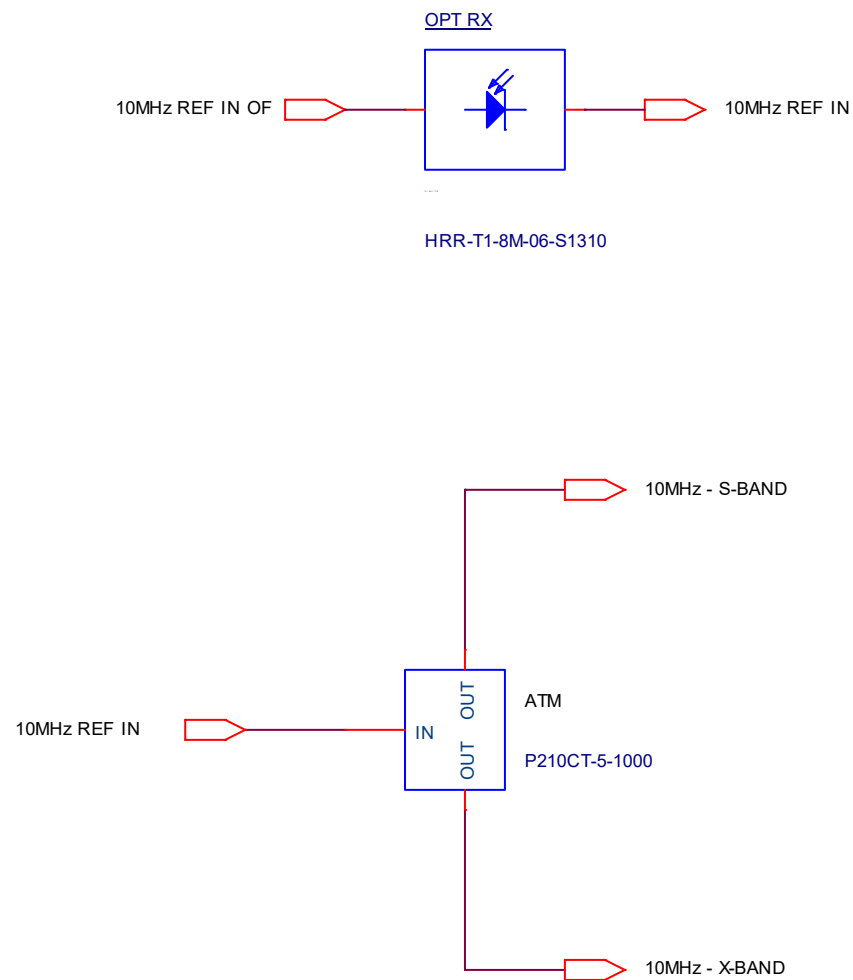


Fig. 25: Distribuzione segnale di riferimento a 10MHz (all'interno de box del ricevitore).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

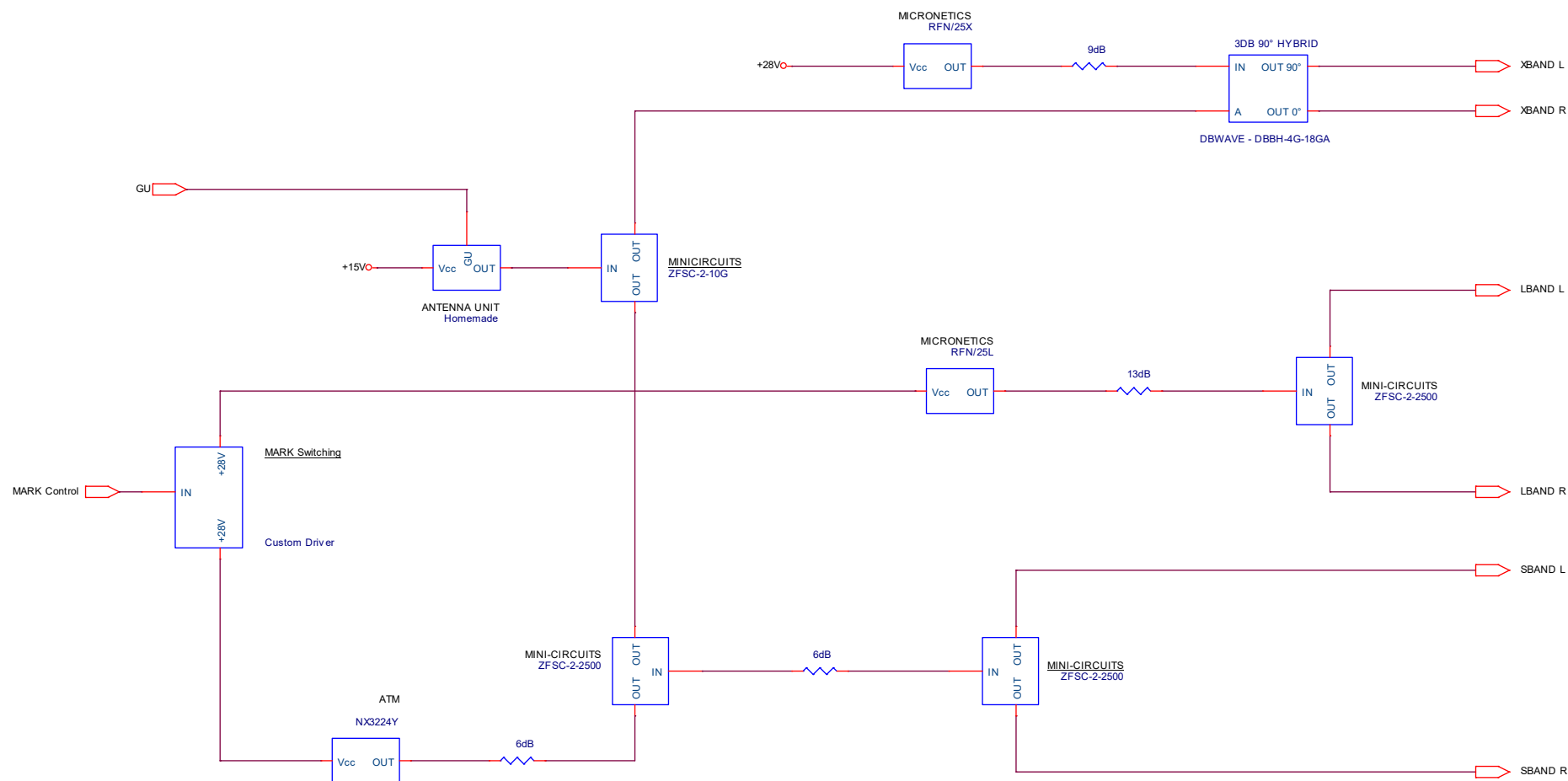


Fig. 26: Distribuzione della marca di calibrazione e AU (all'interno del box del ricevitore).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

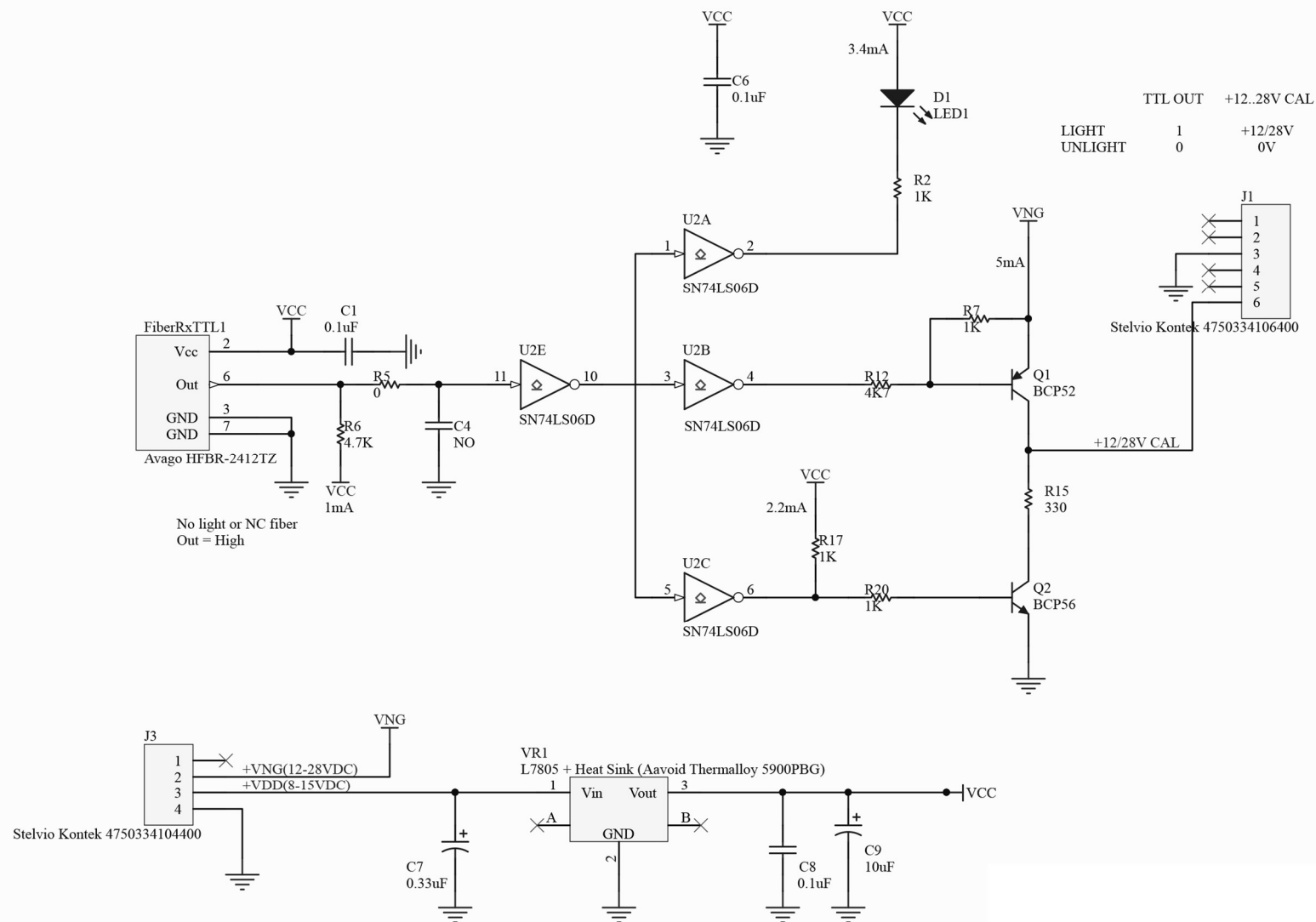
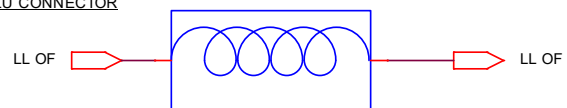


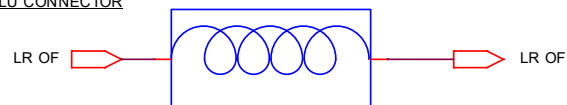
Fig. 27: Schema del controllo della marca (all'interno del box del ricevitore).

Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

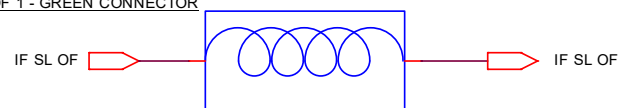
OF 1 - BLU CONNECTOR



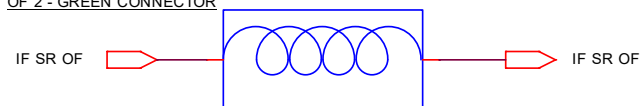
OF 2 - BLU CONNECTOR



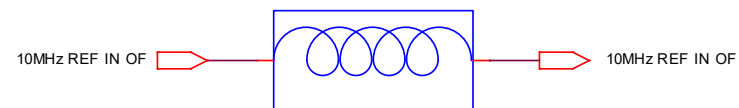
OF 1 - GREEN CONNECTOR



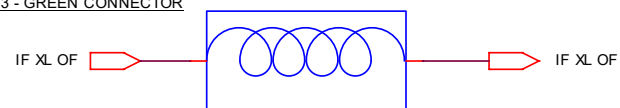
OF 2 - GREEN CONNECTOR



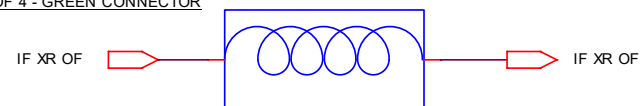
OF 3 - BLU CONNECTOR



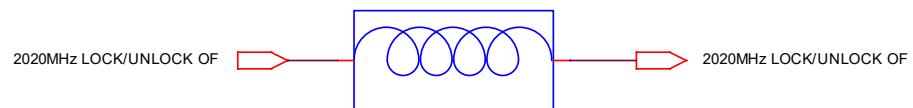
OF 3 - GREEN CONNECTOR



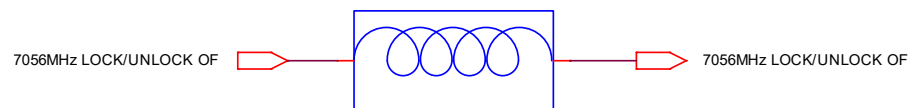
OF 4 - GREEN CONNECTOR



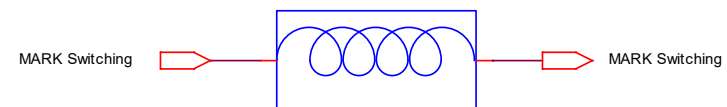
OF 1 - RED CONNECTOR



OF 2 - RED CONNECTOR

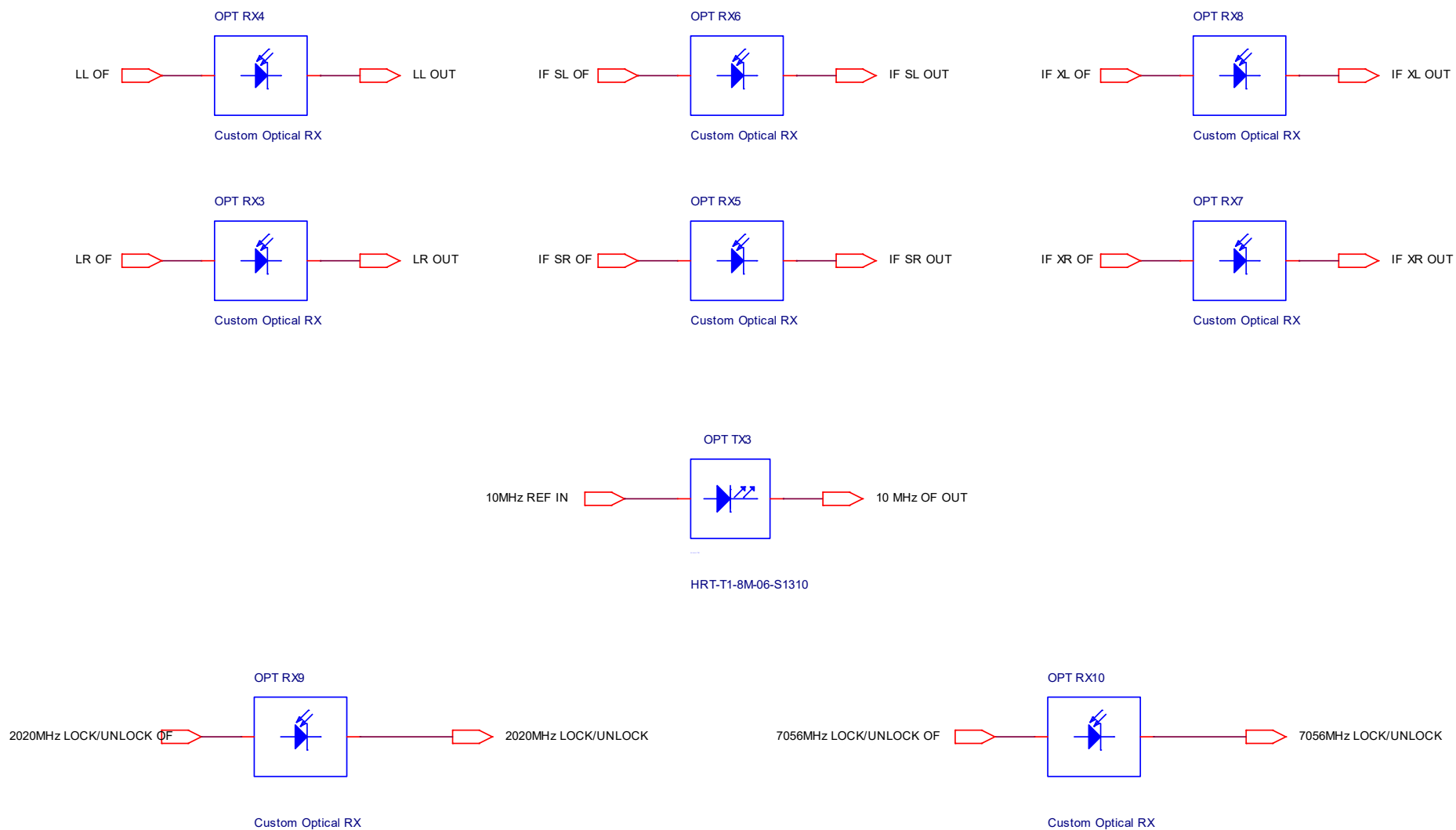


OF 3 - RED CONNECTOR



Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

Fig. 28: Link in fibra ottica dal box del ricevitore sul fuoco primario dell'antenna alla stanza di controllo.



Nuovo ricevitore SXL per l'antenna parabolica di NOTO (SR)

Fig. 29: Ricevitori ottici nel cestello del ricevitore in stanza di controllo.

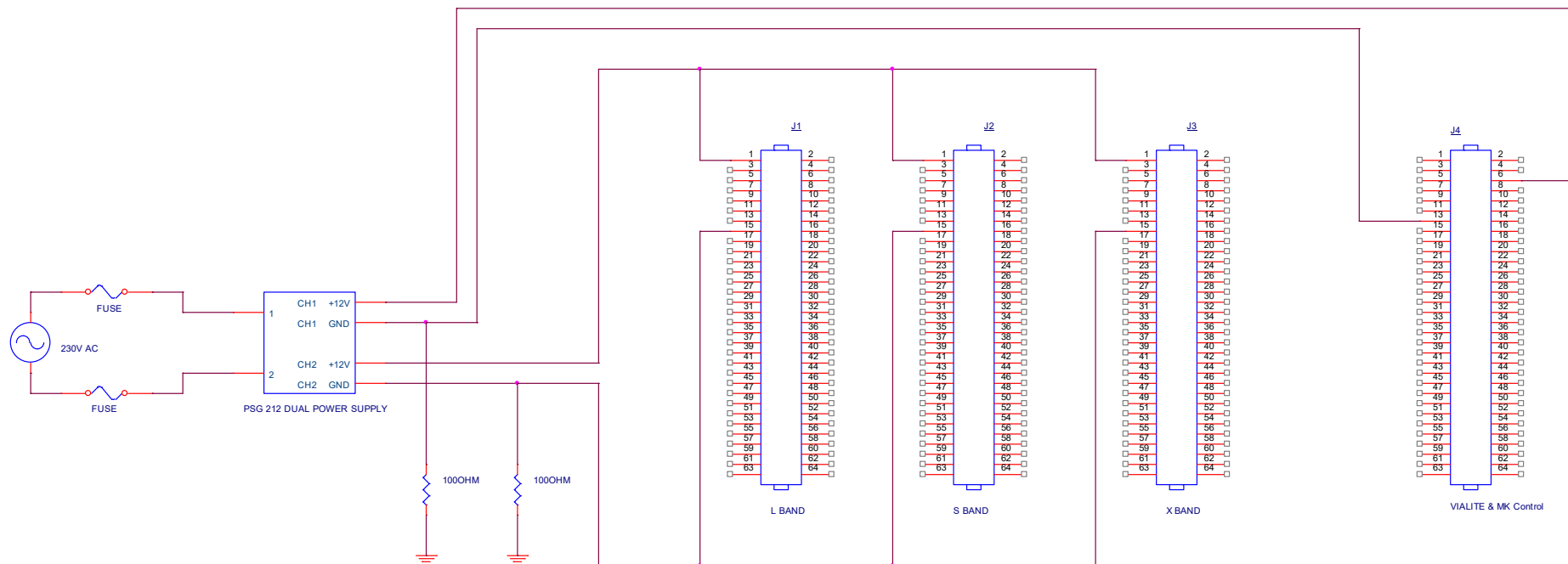


Fig. 28: Connessioni backplane del cestello in stanza di controllo.