



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	94
Publication Year	2021
Acceptance in OA@INAF	2021-08-25T10:39:42Z
Title	CONSIDERAZIONI DI PROGETTO PER L'ALLARGAMENTO DI BANDA DEL RICEVITORE MULTIFEED BANDA K DI SRT
Authors	ORFEI, ALESSANDRO, SCALAMBRA, ALESSANDRO
Affiliation of first author	IRA Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/30969 , http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/94

CONSIDERAZIONI DI PROGETTO PER L'ALLARGAMENTO DI BANDA DEL RICEVITORE MULTIFEED BANDA K DI SRT

Alessandro Orfei, Alessandro Scalambra

Rapporto Interno INAF

Rev. 02 del 4/6/2021

Sommario

INTRODUZIONE	3
1. IL K-band MULTIFEED ATTUALE	4
1.1 Composizione dell'attuale ricevitore multifeed banda K e sue prestazioni	5
1.2 Punto di compressione del ricevitore attuale per osservazioni solari	7
1.3 Note sulla sostituzione dei LNA criogenici	8
2. IL K-band MULTIFEED FUTURO	10
2.1 Banda IF e reiezione d'immagine	10
2.2 Prodotti di intermodulazione	11
2.3 Composizione del nuovo ricevitore multifeed banda K e stima delle sue prestazioni	11
2.4 Punto di compressione del ricevitore futuro per osservazioni solari	12
3. LISTA DELLE MODIFICHE DA APPORTARE AL K-band MULTIFEED ATTUALE	14
RIFERIMENTI	15

Acronimi

BPF = Band Pass Filter
 DBESM = Digital Backend Switch Matrix
 FBCB = Full Band Conversion/Continuum Board/Back-end
 G = Guadagno di potenza
 IF = Intermediate frequency (banda di frequenza intermedia)
 InP PHEMT = InP-based Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor
 IP3 = Intermodulation product of 3rd order (prodotti di intermodulazione del terzo ordine)
 IRA = Istituto di Radioastronomia
 LNA = Low Noise Amplifier
 MMIC = Monolithic microwave integrated circuit
 NF = Noise Figure
 OIP3 = Potenza d'uscita d'intercetta dei prodotti di intermodulazione del terzo ordine
 OL = Oscillatore Locale
 P_{1dB} oppure OP_{1dB} = Potenza a 1dB di compressione all'uscita
 PAD = Attenuatore fisso
 PON = Piano Operativo Nazionale
 RF = RadioFrequenza (anche col significato di frequenza cielo)
 RFoF20 = RadioFrequency over Fiber 20 GHz di banda
 SRT = Sardinia Radio telescope

LASCIARE BIANCA

INTRODUZIONE

Nel 2022 un'importante ristrutturazione dell'antenna SRT avrà luogo per effetto del finanziamento PON. Tra i tanti cambiamenti è prevista l'installazione di tre ricevitori alta frequenza operativi fino a 116 GHz, le cui larghezze di banda d'uscita coincideranno con tutta la larghezza di banda a radiofrequenza. Nuove possibilità osservative saranno dunque disponibili, allargando notevolmente le prospettive scientifiche del radio telescopio.

In conseguenza di ciò si è ritenuto utile ripensare anche l'attuale multifeed in banda K (18-26GHz), allineandolo a questi nuovi strumenti.

Attualmente questo ricevitore mette a disposizione 14 uscite con larghezza di banda di 2GHz e posizionate in frequenza tra 0.1 e 2.1 GHz, sintonizzabili nella banda RF 18-26GHz.

Il progetto di miglioramento ha come obiettivo principale portare tutte le uscite alla larghezza di banda massima, cioè 8GHz.

Gli interventi necessari per raggiungere lo scopo indicato sono diversi: occorre rimuovere i sette moduli di seconda conversione presenti nel rack in parte calda e sostituire quei componenti a valle del mixer di prima conversione la cui banda di lavoro dovrà coincidere con la banda di prima conversione che verrà scelta.

Naturalmente tutto ciò implicherà anche il lavoro di smontaggio dei 14 moduli di prima conversione e l'adattamento meccanico della nuova componentistica.

Un altro intervento, pensato da tempo e ora maturo in occasione del miglioramento appena riassunto, riguarda la sostituzione dei 14 amplificatori criogenici costruiti nel 2005 dall'Istituto di radioastronomia (IRA) utilizzando circuiti MMIC prodotti nel 2004 [1]. Un naturale avvicendamento con prodotti moderni, che mostrino migliori prestazioni di rumore e un sistema di bias in continua che consenta il risparmio di una notevole quantità di fili, si accompagna con la necessità di risolvere annosi problemi di affidabilità su alcuni dei 14 amplificatori, che hanno mostrato ricorrenti rotture.

Quest'ultimo intervento sarà ben più impegnativo del lavoro connesso all'allargamento di banda, in quanto implica interventi non trascurabili di natura meccanica dentro il criostato.

Il presente documento descrive il lavoro necessario all'operazione di allargamento della banda del ricevitore e opera opportune verifiche di progetto al fine di scegliere con oculatezza i nuovi componenti, verificando se e in che misura le prestazioni della nuova architettura siano diverse da quella attuale.

Il primo capitolo riporterà dati e informazioni del multifeed attuale, mentre il secondo mostrerà i calcoli del nuovo sistema così come la lista aggiornata della componentistica. L'ultimo capitolo conterrà una lista riassuntiva e una breve descrizione delle modifiche da apportare.

1. IL K-band MULTIFEED ATTUALE

In figura 1.1 viene mostrata l'immagine del ricevitore attuale montato sul tamburo rotante collocato nel fuoco gregoriano del Sardinia Radio Telescope, mentre la figura 1.2 mostra il dettaglio del rack in parte calda con, a lato, l'indicazione dei moduli che saranno interessati all'operazione di ristrutturazione.



Fig. 1.1 Il multifeed K-band attualmente montato sul tamburo gregoriano di SRT



Schede AliSRT per il bias dei LNA criogenici.

Schede di prima conversione.

Distribuzione oscillatore locale.

Schede di seconda conversione.

Fig. 1.2 Moduli del rack in parte calda interessati all'operazione di ristrutturazione

1.1 Composizione dell'attuale ricevitore multifeed banda K e sue prestazioni

La fig. 1.3 mostra la foto di uno dei 14 moduli di prima conversione e la figura 1.4 lo schema a blocchi del circuito.

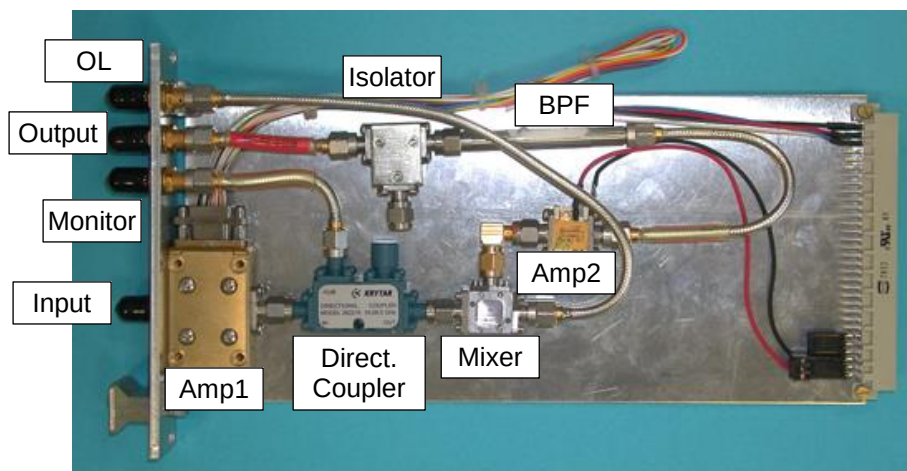


Fig. 1.3 Foto di un modulo di prima conversione del multifeed K-band

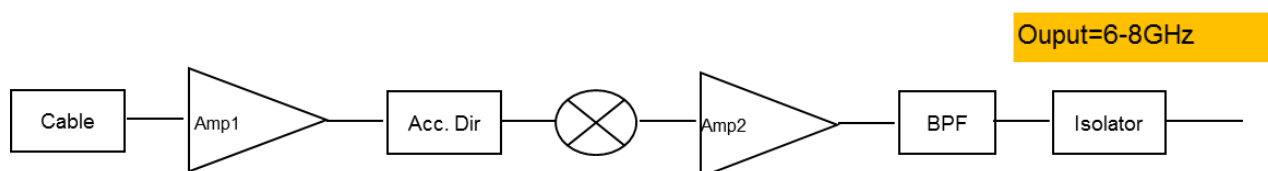


Fig. 1.4 Schema a blocchi della prima conversione del multifeed K-band

Nello schema a blocchi in figura 1.4, con il blocco *CABLE*, posto in ingresso ad *AMP1*, si vuole indicare il cavo che collega il connettore d'ingresso *Input* (in Fig. 1.3) di quest'ultimo all'uscita RF del criostato. Il connettore indicato come *OUTPUT* che si vede in figura 1.3 sarà usato anche nella versione nuova come uscita della prima conversione del ricevitore. Dell'amplificatore *AMP2*, modello Miteq AFS2-07900690-S che lavora nella banda 6-8GHz, non si è trovato il datasheet, ma esso è equivalente al modello della JCA Technology JCA48-100. L'amplificatore *AMP1*, che lavora nella banda 18-26GHz, fa parte, invece, della serie di amplificatori costruita dall'Istituto di Radioastronomia (IRA) e contiene un MMIC InP PHEMT 100nm con due stadi di amplificazione. L'accoppiatore direzionale è il modello KRYTAR 262210, mentre il mixer è il modello MACOM MZ5010C.

I componenti del modulo fino al mixer lavorano in banda RF e pertanto possono essere mantenuti anche nella nuova versione, al contrario dei componenti a valle del mixer che saranno sostituiti perché lavorano in una banda diversa (6-8GHz) e più stretta (2GHz) di quanto richiesto nella nuova versione.

Allo scopo di determinare le prestazioni di questo modulo e del ricevitore nel suo insieme è conveniente riportare anche lo schema circuitale della parte di front-end prima della conversione. Questa è mostrata in figura 1.5 e, a differenza della prima conversione, si trova all'interno del criostato ed è raffreddata a 20K.

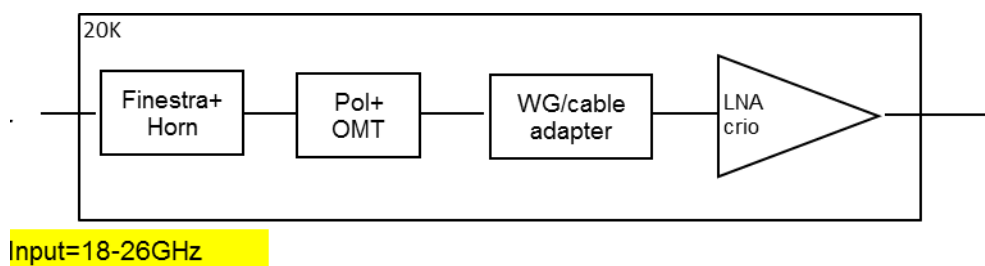


Fig. 1.5 Front-end del multifeed K-band

Come accennato in precedenza tale blocco è collegato al blocco di fig. 1.4. Infine, a valle del blocco di prima conversione c'è il modulo di seconda conversione [2], il cui semplice schema circuitale è mostrato in fig. 1.6. ERA2 ed ERA6 sono amplificatori della MiniCircuits.

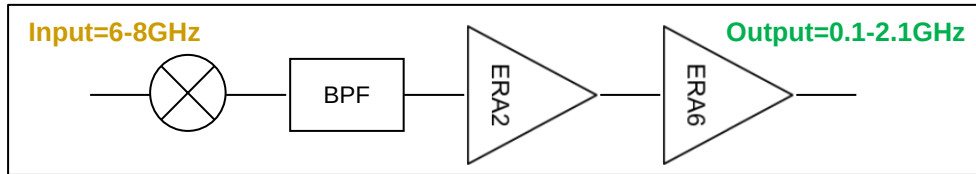


Fig. 1.6 Schema della seconda conversione del multifeed K-band

Dai datasheet e dalle misure dei vari componenti è possibile valutare le prestazioni dei blocchi di fig. 1.4, 1.5 e 1.6.

In tabella 1.1 vengono riportati i valori di guadagno (G), punto di compressione a 1dB (P_{1dB} o anche OP_{1dB}), OIP3 e cifra di rumore (NF) del ricevitore all'uscita della prima conversione. Dal momento che i valori di P_{1dB} e IP3 del mixer sono dati all'ingresso del componente (rispettivamente 5 e 16 dBm), sono stati ricavati i corrispondenti valori all'uscita. Nell'ultima riga si possono vedere i valori complessivi. L'attenuazione di "wrap coax cable" è valutata alla frequenza di 2GHz.

K mfeed today	G (dB)	OP_{1dB} (dBm)	OP_{1dB} progressivo	G (dB)	OIP3 (dBm)	OIP3 progressivo	G (dB)	NF (dB)	NF progressivo
Passive+ Adapter	-0.75	100		-0.75	100		-0.75	0.056	
LNA cryo	29	4	4	29	14	14	29	0.28	0.38
Coaxial cable	-1.2	100	2.8	-1.2	100	12.8	-1.2	1.2	0.38
Amp1	16	4	3.9	16	14	13.9	16	1.5	0.39
Dir. coupler	-1.3	100	2.6	-1.3	100	12.6	-1.3	1.3	0.39
Mixer MZ5010C	-9.5	-5.5	-9.3	-9.5	6.5	1.4	-9.5	9.5	0.39
Amp2	12	10	2.0	12	20	12.6	12	2	0.39
BP filter 6-8GHz	-1	100	1.0	-1	100	11.6	-1	1	0.39
Isolator	-0.5	100	0.5	-0.5	100	11.1	-0.5	0.5	0.39
Wrap Coax cable	-3.2	100	-2.7	-3.2	100	7.9	-3.2	3.2	0.39
Totali	39.6	-2.7		39.6	7.9		39.6	0.39	

Tab. 1.1 Specifiche calcolate del ricevitore multifeed K-band odierno fino all'uscita della prima conversione

Per ottenere i valori di OP_{1dB} , OIP3 e NF che progressivamente si accumulano nei blocchi in cascata vengono usate le seguenti formule:

$$P_{1dB} \text{ of } N \text{ casade stages (Pt in mW):}$$

$$P_t = \frac{1}{\frac{1}{P_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \dots G_n} + \frac{1}{P_2 \cdot G_3 \dots G_n} + \dots + \frac{1}{P_{n-1} \cdot G_n} + \frac{1}{P_n}}$$

$G_2, \dots, G_n =$ gains from 2nd stage to last one (n-th)

$P_1, P_2, \dots, P_n = P_{1dB}$ of each stage

(1.1)

$$P_{1dB}Output = P_{1dB}Input + (Gain-1) dBm$$

$$P_{1dB}Input = P_{1dB}Output - (Gain-1) dBm$$

(1.2)

$$OIP3 [mW, calcola a due a due] = \frac{1}{\frac{1}{OIP3_1 G_2} + \frac{1}{OIP3_2}}$$

(1.3)

$$NF (dB) = NF1 + \frac{NF2 - 1}{G1} + \frac{NF3 - 1}{G1 * G2} + \frac{NF4 - 1}{G1 * G2 * G3} + \frac{NF5 - 1}{G1 * G2 * G3 * G4}$$

(1.4)

Le prestazioni della seconda conversione possono essere calcolate con i valori tipici dei vari componenti presi dai rispettivi datasheet, oppure da [2] che riporta le misure. Il risultato è mostrato nella tabella 1.2. I valori che si ottengono dal calcolo sono leggermente diversi dal corrispondente misurato, pertanto sono riportate entrambe le quantità. Per quanto riguarda invece la cifra di rumore e OP_{1dB} , non essendo stati misurati, ci si rifarà solo al valore calcolato.

2nd conversion	G (dB)	OP1dB (dBm)	NF (dB)	NF progressivo	OIP3	OIP3 progressivo
Mixer HMC129G8	-8	1	8		10	
Filter LFCN-2400	-0.6	100	0.6	8.6	100	9.4
ERA 2	14	13	4	10.8	26	21.5
ERA 6	12	17	4.5	11.0	36	31.6
Totale	17.4	16.0	11.0		31.6	
Misure	15		na		29.5	

Tab. 1.2 Specifiche calcolate e misurate della seconda conversione del multifeed K-band attuale

Per comodità si riporta in tab.1.3 il sommario dei risultati.

	G (dB)	NF (dB)	OP_{1dB} (dBm)	OIP3 (dBm)
Ricevitore fino alla 1° conv	39.6	0.39	-2.7	7.9
Ricevitore + 2^a conversione	54.6	0.40	16.0	22.0

Tab. 1.3 Sommario delle specifiche del ricevitore multifeed banda K attuale

1.2 Punto di compressione del ricevitore attuale per osservazioni solari

Il ricevitore K-band, pur non essendo progettato per osservazioni solari, la cui richiesta è arrivata molti anni dopo la sua realizzazione, si è dimostrato adatto per questa nuova applicazione scientifica. Naturalmente anche quello futuro dovrà essere in grado di garantire le prestazioni adeguate per la medesima applicazione e, proprio per questo motivo, è necessario valutare quali implicazioni possano dare le varianti previste.

Per prima cosa, occorre valutare la prestazione di compressione del ricevitore attuale, per poi confrontarla con quella del sistema a larga banda.

I termini di compressione verranno valutati considerando all'ingresso del ricevitore la potenza totale del contributo del Sole quieto a 22GHz e da questo valore si calcolerà la potenza d'uscita a ogni stadio della catena per poi confrontarla con il relativo valore di P_{1dB} . Il confronto fornirà, in decibel, il margine rispetto alla compressione.

Alla frequenza di 22 GHz il Sole quieto contribuisce con una temperatura equivalente di rumore di 10000 kelvin [un riferimento tra tanti è 3]. La potenza d'ingresso, ricavata dalla formula $k \cdot T \cdot B$, è pari a -59.6dBm avendo considerato una banda RF $B=8GHz$.

La tabella 1.4 mostra il risultato di questi calcoli. La colonna etichettata come ' OP_{1dB} progressivo' mostra come cambia il valore di questo parametro a mano a mano che si procede con i moduli della catena ricevente,

calcolato utilizzando la formula (1.1). Corrispondentemente, la colonna etichettata come 'Margine' calcola il margine di compressione a ogni stadio. L'ultima riga aggiunge anche il contributo della scheda di seconda conversione. Inoltre, occorre ricordare che dopo il filtro passabanda 6-8GHz la larghezza di banda non è più 8GHz bensì solo 2GHz, la cui conseguenza è quella di ridurre la potenza d'uscita aumentando il margine di compressione.

	K mfeed today	Pout (dBm)	OP1dB progressivo	Margine (dB)
RX	Passive+Adapter	-60.3		
	LNA cryo	-31.3	4.0	35.3
	cable	-32.5	2.8	
	Amp1	-16.5	3.9	20.4
	Dir. coupler	-17.8	2.6	
	Mixer MZ5010C	-27.3	-9.3	18.0
	Amp2	-15.3	2.0	17.3
	BP filter 6-8GHz	-22.3	1.0	
	Isolator	-22.8	0.5	
	Wrap Coax cable	-26.0	-2.7	23.3
	2nd conversion	-5.4	10.7	16.2

Tab. 1.4 Margini di compressione del K multifeed attuale per osservazioni solari

1.3 Note sulla sostituzione dei LNA criogenici

Il tipo di amplificatore a bassa cifra di rumore e criogenico scelto per sostituire quello esistente, a suo tempo costruito in IRA, è della ditta svedese Low Noise Factory. Tra i due modelli disponibili, quello con la guida d'onda WR42 in ingresso [4] e quello col connettore coassiale tipo K, 2.92mm [5], è stato scelto quest'ultimo.

Nonostante il modello in guida d'onda sia leggermente più performante in termini di rumore rispetto all'altro, le dimensioni di questo amplificatore non ne consentono una semplice installazione all'interno del criostato.

In figura 1.7 è mostrato l'interno del criostato, in cui si evidenzia la parte degli LNA criogenici. Osservando la posizione dei componenti all'interno del dewar, si può notare che l'installazione di amplificatori con ingresso in guida d'onda comporta non solo la rimozione del vecchio LNA, ma anche della transizione guida-cavo. Lo spazio a disposizione dopo l'OMT è ridottissimo e non consente un'installazione diretta e semplice del nuovo componente.

Si può comunque affermare che, indipendentemente dalla soluzione adottata, questo nuovo componente mostra diversi vantaggi e un solo svantaggio rispetto al vecchio modello di amplificatori attualmente installati.

Il primo vantaggio è che la sua temperatura di rumore, nella banda d'interesse, è la metà dell'odierno amplificatore; un secondo importante vantaggio è che viene alimentato con soli tre fili, semplificando la pletora di conduttori sottili da far passare dalla zona calda alla zona fredda. Un altro vantaggio è il consumo di potenza, 4mW per ogni amplificatore contro i 70mW del vecchio modello.

Infine, il nuovo amplificatore ha dimensioni minori (circa 16x18mm) rispetto a quello IRA (33x40mm) escludendo i connettori. In ogni caso, i cavetti d'acciaio in uscita, i clamp termici allo stadio 20K e le connessioni di bias andranno ristrutturati.

Lo svantaggio è che questo nuovo tipo di amplificatori mostra un punto di compressione in uscita piuttosto basso rispetto ai valori a cui eravamo abituati nel passato, P_{1dB} infatti vale -12dBm, in confronto a +4dBm del LNA IRA: considerando che per il multifeed K, negli ultimi anni, si richiedono anche osservazioni solari questo è un numero da considerare con attenzione.

Nel capitolo che segue si valuterà se e quanto il livello di compressione del nuovo amplificatore sia sopportabile o meno per questo tipo di osservazioni.

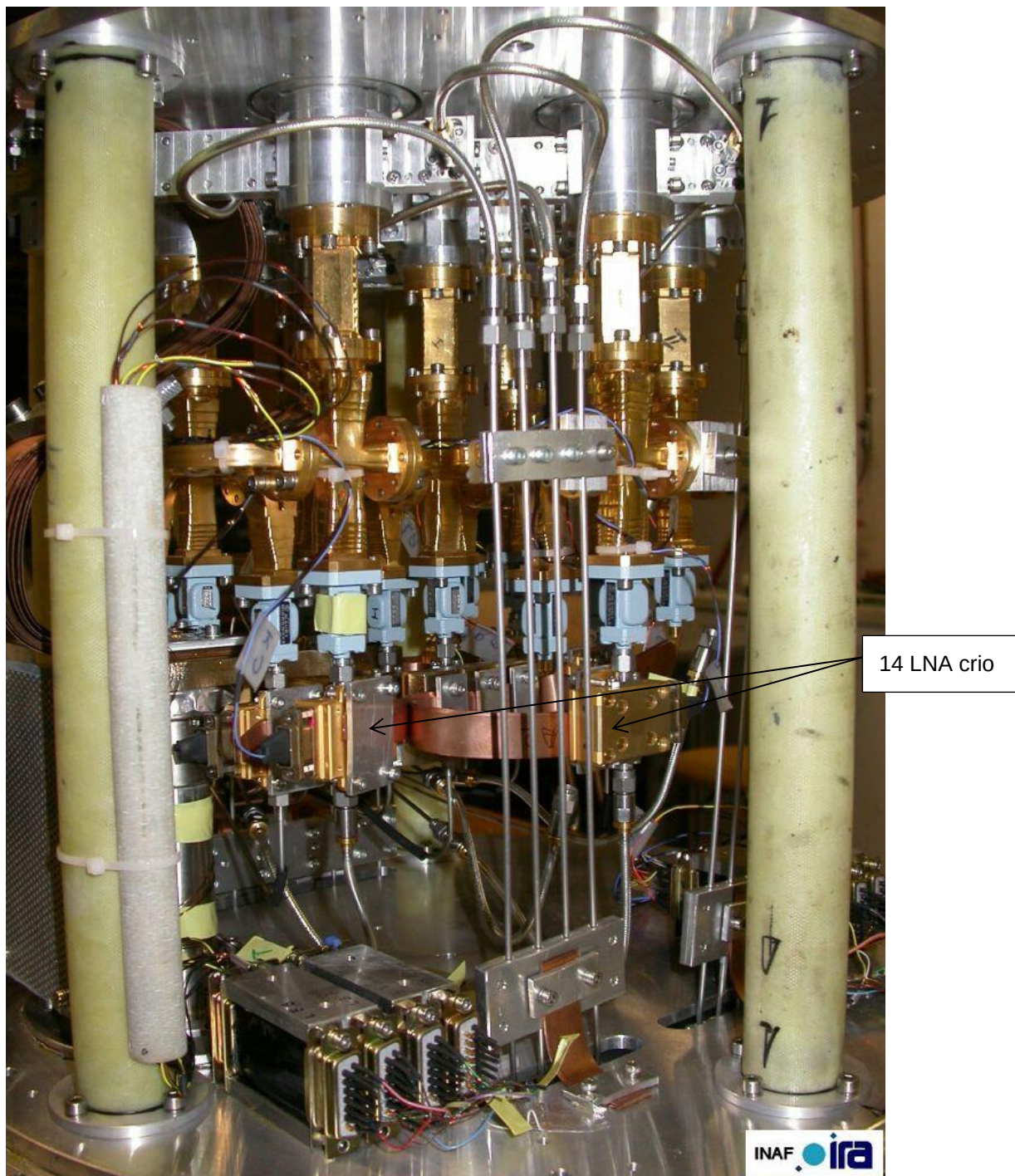


Fig. 1.7 Interno del criostato attuale con in evidenza gli LNA criogenici da sostituire

2. IL K-band MULTIFEED FUTURO

Per capire come il futuro multifeed possa essere ristrutturato occorre prima di tutto scegliere ove posizionare in frequenza la nuova banda IF larga 8GHz, la cui scelta è influenzata in prima istanza dall'obiettivo di ottenere una conveniente reiezione della banda immagine. Inoltre si dovrà verificare che il posizionamento di banda RF e IF con il valore scelto di OL produca un panorama accettabile di frequenze spurie dovute al comportamento non lineare del mixer. Per questo motivo occorre menzionare il fatto che nell'obiettivo realizzativo 4 del progetto PON, per la banda K del ricevitore tri-band, che ha la stessa banda RF (18-26GHz) e la stessa larghezza di banda in uscita (8GHz) del nostro multifeed, si è scelto OL=14GHz per avere una banda IF collocata a 4-12GHz. Dal momento che l'elettronica che tratterà le uscite del tri-band e del K-band multifeed sarà la stessa, si è deciso di appoggiare questa scelta i cui dettagli vengono mostrati nei paragrafi che seguono.

2.1 Banda IF e reiezione d'immagine

In figura 2.1 è descritta la collocazione delle bande RF, IF e banda immagine del nuovo multifeed.

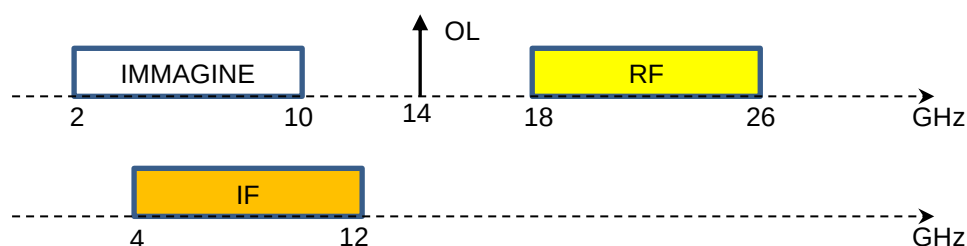


Fig. 2.1 Bande di interesse del nuovo multifeed banda K

Durante la realizzazione del progetto del ricevitore dualfeed banda K di Medicina, Renzo Nesti effettuò i calcoli delle frequenze di taglio delle guide d'onda costituenti horn, accoppiatore direzionale, polarizzatore e omt, concludendo che già il solo insieme di horn con polarizzatore permette di filtrare convenientemente la banda immagine.

L'intero feed system dell'attuale sistema multifeed ne fu il precursore per cui si potrebbero trarre conclusioni simili.

Nesti ha comunque rifatto il calcolo per il ricevitore in questione, aggiungendo anche l'effetto filtrante dell'accoppiatore direzionale. I risultati mostrano che sia l'horn che l'accoppiatore direzionale hanno il cutoff a 15.7GHz mentre il polarizzatore a 13.16GHz. L'effetto filtrante complessivo di questi tre componenti in cascata è mostrato in figura 2.2, da cui si vede come la banda 2-10GHz sia notevolmente attenuata.

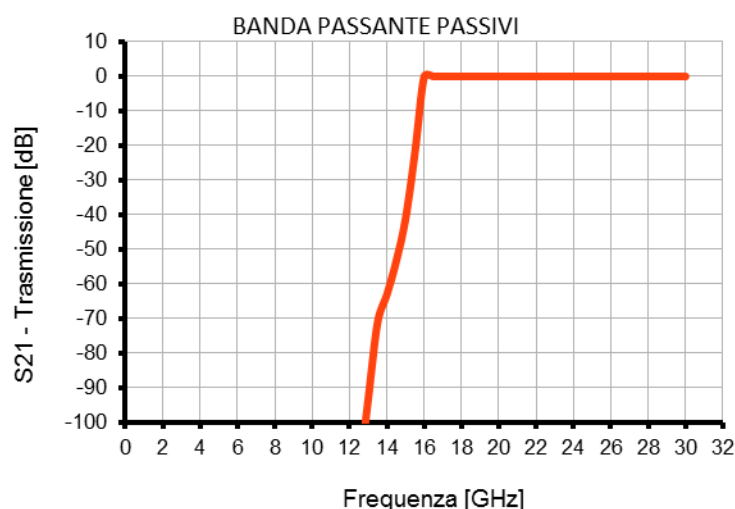


Fig. 2.2 Parametro S_{21} della cascata horn+accoppiatore direzionale+polarizzatore per il multifeed banda K

Ne consegue che la scelta di una banda IF=4-12GHz consente di evitare l'inserimento di un filtro immagine nella catena del ricevitore, di solito posto prima di AMP1, semplificando notevolmente la ristrutturazione delle prime conversioni.

2.2 Prodotti di intermodulazione

Per quel che riguarda la creazione di prodotti di intermodulazione dovuti all'effetto non lineare del mixer, si può usare il 'Marki's spur calculator' disponibile in rete [6], da cui si ricava il diagramma di figura 2.3 che mostra le frequenze spurie che cadono nella banda IF.

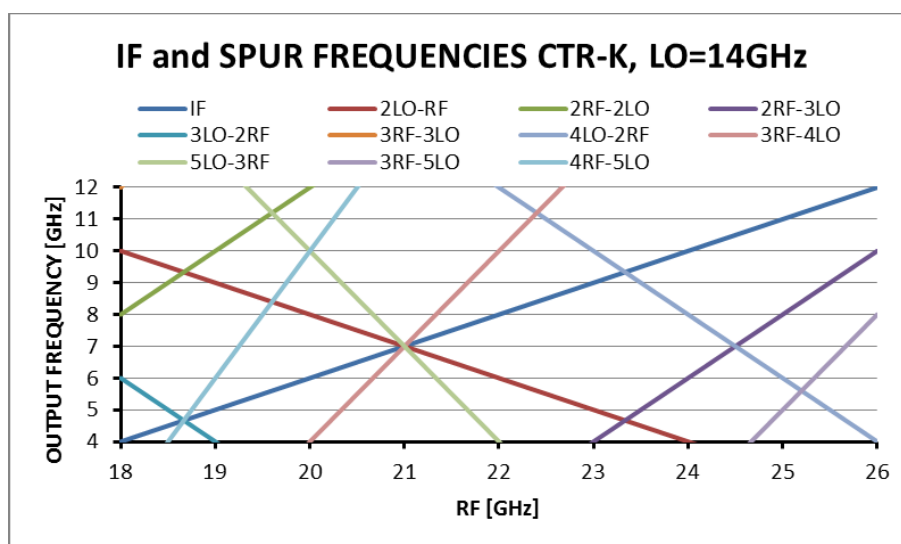


Fig. 2.3 Prodotti di intermodulazione del nuovo multifeed banda K che cadono nella banda 4-12GHz

Come si può notare il numero di frequenze spurie che ricade all'interno della banda è notevole, ma il giudizio va dato anche prendendo in considerazione i livelli di potenza associati a ciascuna di queste frequenze spurie. A questo proposito ci viene in aiuto il cosiddetto modello di Henderson [7] da cui si evince che tutti i prodotti d'intermodulazione di figura 2.3, eccetto 2LO-RF, sono inferiori a -55dBc (con $P_{OL}=10\text{dBm}$; si vedrà nel prossimo paragrafo che la potenza d'ingresso al mixer è $P_{RF} = -16.8\text{dBm}$, tabella 2.4, e ciò comporta che $\Delta P = P_{RF} - P_{OL} = -27\text{dB}$, ribadendo le conclusioni riportate in [8] pag.5). Rimane come unica spuria importante 2LO-RF che si attesta a -35dBc.

2.3 Composizione del nuovo ricevitore multifeed banda K e stima delle sue prestazioni

Definita la banda d'uscita IF del ricevitore si possono individuare i componenti da sostituire dopo il mixer. La tabella 2.1 confronta i componenti del multifeed attuale e di quello futuro.

INVENTARIO		
Composizione K mfeed	RX oggi	RX nuovo
Finestra+Horn	homemade	rimane
Pol+OMT	homemade	rimane
WG-cable adapter	MAURY U233A8 female end-launch	rimane
LNA cryo	homemade	LNF-LNC15_29B
Coaxial cable	Rosemberger UFA147A RPC 2.92	rimane
Amp1	homemade	rimane
Directional coupler	KRYTAR 262210	rimane
Mixer	Macom MZ5010C	rimane
Amp2	JCA48-100	Wenteq ABL1800-11-1330
BP filter 6-8GHz	homemade	BP filter 4-12GHz
Isolator	DITOM D3C6012	DITOM D3C4012
Wrap coaxial cable	RG223	Huber-Suhner Sucoflex 126

Tab. 2.1 Componentistica dell'odierno e del nuovo banda K multifeed

L'amplificatore Wenteq è solo una scelta iniziale. Si tratta di un dispositivo larga banda, 2-18GHz, in cui guadagno, OIP3 e NF fanno al nostro caso, ma un'ulteriore ricerca di mercato potrebbe trovare componenti di prestazioni ancora migliori.

Così come fatto al capitolo precedente (tabella 1.1), si possono calcolare le prestazioni del multifeed nuovo, una volta individuati i datasheet della componentistica sostitutiva. Alla tabella 2.2 è stato aggiunto il calcolo delle prestazioni considerando anche i componenti e i moduli che saranno in cascata al ricevitore prima dell'unità FBCB che include la seconda conversione. Le attenuazioni di "wrap coax cable" e "cable 4m" sono valutate a 12GHz.

	K mfeed new	G (dB)	OP_{1dB} (dBm)	OP_{1dB} progressivo	G (dB)	OIP3 (dBm)	OIP3 progressivo	G (dB)	NF (dB)	NF progressivo
RICEVITORE	Passive+ Adapter	-0.75	100		-0.75	100		-0.75	0.056	
	LNA cryo	30	-12	-12	30	-2	-2	30	0.1	0.17
	Coaxial cable	-1.2	100	-13.2	-1.2	100	-3.2	-1.2	1.2	0.17
	Amp1	16	4	0.3	16	14	10.3	16	1.5	0.18
	Dir. coupler	-1.3	100	-1.0	-1.3	100	9.0	-1.3	1.3	0.18
	Mixer MZ5010C	-9.5	-5.5	-11.7	-9.5	6.5	-1.2	-9.5	9.5	0.18
	Amp2	13	14	1.1	13	24	11.5	13	3	0.18
	BP filter 4-12GHz	-1	100	0.1	-1	100	10.5	-1	1	0.18
	Isolator	-0.5	100	-0.4	-0.5	100	10.0	-0.5	0.5	0.18
	Wrap Coax cable	-3.7	100	-4.1	-3.7	100	6.3	-3.7	3.7	0.18
	Totali	41.1	-4.1		41.1	6.3		41.1	0.18	
MODULI PRE-FBCB	Pad 9dB	-9	100	-13.1	-9	100	-2.7	-9	9	0.18
	Cable 4m	-3.4	100	-16.5	-3.4	100	-6.1	-3.4	3.4	0.19
	RFoF20	14	7	-2.9	14	10	5.8	14	6	0.20
	Totali	42.7	-2.9		42.7	5.8		42.7	0.20	

Tab. 2.2 Specifiche calcolate del ricevitore multifeed K-band nuovo, da solo e con i moduli successivi

In modo simile a quanto fatto nella tabella 1.3 per la versione odierna, il sommario dei risultati per quella futura è mostrato in tabella 2.3

	G (dB)	NF (dB)	P_{1dB} (dBm)	OIP3 (dBm)
Ricevitore fino alla 1° conv	41.1	0.18	-4.1	6.3
Inclusi i moduli successivi	42.7	0.20	-2.9	5.8

Tab. 2.3 Sommario delle specifiche del ricevitore multifeed banda K futuro

2.4 Punto di compressione del ricevitore futuro per osservazioni solari

In tabella 2.4 si riporta il calcolo delle prestazioni del nuovo ricevitore in termini di compressione, così come è stato fatto nel capitolo 1: in quel caso l'ultimo modulo era la seconda conversione, ora, prima di giungere all'ingresso del modulo FBCB, si considerano un pad da 9dB quale valore stimato per portare all'ingresso del FBCB e del modulo DBESM la potenza necessaria, i cavi coassiali lunghi 4 metri per collegare ogni uscita del ricevitore al relativo link ottico RFoF20 e quest'ultimo modulo.

	K mfeed new	Pout (dBm)	OP1dB progressivo	Margine (dB)
RX	Passive+Adapter	-60.3		
	LNA cryo	-30.3	-12.0	18.3
	Coaxial cable	-31.5	-13.2	
	Amp1	-15.5	0.3	15.9
	Dir. coupler	-16.8	-1.0	
	Mixer MZ5010C	-26.3	-11.7	14.7
	Amp2	-13.3	1.1	14.4
	BP filter 4-12GHz	-14.3	0.1	
	Isolator	-14.8	-0.4	
	Wrap Coax cable	-18.5	-4.1	14.4
	Pad 9dB	-27.5	-13.1	
	Cable 4m	-30.9	-16.5	
	RFoF20	-16.9	-2.9	14.0

Tab. 2.4 Margini di compressione del K multifeed futuro per osservazioni solari

Se si confronta questa tabella con la corrispondente tab. 1.4 si vede chiaramente l'effetto del nuovo LNA criogenico, con ben 16 dB in meno di P_{1dB} rispetto a quello originario, e l'effetto dell'allargamento della banda che, contrariamente al ricevitore attuale, non dà contributo nel ridurre la potenza all'uscita del filtro BPF 4-12GHz.

A causa di queste due cause la prestazione del nuovo K multifeed nel suo complesso avrà 9 dB in meno di margine di compressione in occasione delle osservazioni solari (14.4dB a fronte di 23.3dB). Tuttavia, di questi 9 dB ben 6 sono inevitabili, in quanto provengono dall'ampliamento della banda IF da 2 a 8 GHz.

I restanti 3 dB hanno come origine le peggiori prestazioni in termini di punto di compressione del LNA criogenico nuovo.

Per rendersene conto basterebbe sostituire i -12 dBm di ' OP_{1dB} progressivo' del LNA cryo con +4 dBm corrispondente all'amplificatore criogenico IRA: OP_{1dB} complessivo del RX ammonterebbe allora a -1.9 dBm invece che -4.1 dBm e il margine di compressione passerebbe da 14.4 dB a 16.6 dB, cioè quasi tutti i 3 dB mancanti.

La necessità di *PAD*, *CABLE* e link ottico per collegarsi al modulo FBCB non cambia tuttavia il margine di compressione disponibile (si passa da 14.4 a 14 dB), cosa che non accade nel ricevitore attuale ove la presenza della seconda conversione porta il margine disponibile a circa 16 dB a partire dai 23 dB del solo ricevitore (tab. 1.4).

3. LISTA DELLE MODIFICHE DA APPORTARE AL K-band MULTIFEED ATTUALE

In questo documento sono state descritte le azioni da intraprendere sull'attuale multifeed K per renderlo un ricevitore tutta banda. E' stata menzionata anche la volontà di cambiare gli LNA criogenici, ma anche se questa azione non è legata all'allargamento di banda, essa sfrutterà il fermo dell'utilizzo dello strumento dovuto ai lavori legati al progetto PON.

Per concludere, le azioni da intraprendere per l'*upgrade* del multifeed banda K sono le seguenti:

1. Asportare il cassetto delle seconde conversioni dal rack in parte calda.
2. Nell'unità di Monitoring&Control le schede AliSRT sono usate sia per alimentare gli amplificatori criogenici che quelli caldi della prima conversione (*AMP1* in figura 1.3). Come si può vedere dalla figura 1.2 in totale sono sette schede, ognuna delle quali è messa a servizio sia dei due LNA freddi che dei due caldi relativi alle due polarizzazioni di ogni catena ricevente. Questa particolarità impone di mantenere in loco tutte e sette le schede, anche se i quattordici nuovi LNA criogenici potrebbero essere serviti da solo due schede AliSRT in quanto bastano solo tre fili per alimentare ogni amplificatore criogenico. Indipendentemente da ciò, le schede AliSRT possono anche venire sostituite da quelle di nuova generazione GAIA [9].
3. Nei quattordici moduli di prima conversione vanno sostituiti i componenti a valle del mixer. Nella tabella 2.1 è riportata la lista dei componenti da sostituire per il passaggio dalla vecchia alla nuova configurazione. Si noti che in entrambi i casi il mixer, l'isolatore e l'amplificatore *AMP2* sono per natura connettorizzati femmina-femmina. L'unico dispositivo custom sarà il filtro, che pertanto potrà essere scelto connettorizzato maschio-maschio o femmina-maschio a seconda della comodità di montaggio e collegamento con l'isolatore e l'amplificatore, figura 1.3.
4. Nel distributore di oscillatore locale possono essere rimossi i sette cavi che vanno all'ingresso OL delle sette schede di seconda conversione.
5. I quattordici cavi dei segnali IF devono essere cambiati: quelli attuali sono per una frequenza di segnale massima di 5GHz, quelli futuri trasporteranno un segnale con una frequenza massima di 12GHz. E' opportuno dotarsi degli stessi cavi che, almeno per quanto si è stabilito finora nel progetto PON, verranno usati per la connessione dei ricevitori alta frequenza con i moduli RFoF20, ossia Huber-Suhner Sucoflex 126. Questo tipo di cavo ha una perdita di 3.7dB @12 GHz per una lunghezza complessiva di 3.9m (la distanza dall'uscita della prima conversione al pannello d'uscita della wrap), oltre ad avere un diametro $\leq 5.7\text{mm}$ che permette il passaggio di sette cavi al massimo in ciascun tubo dentro la *wrap cable* [10].
6. E' in fase di costruzione una nuova unità elettronica da inserire nel ricevitore. Si tratta di una serie di quattordici attenuatori da installare nella catena ricevente tra la prima e la seconda conversione. Attraverso un comando remoto questi attenuatori si attiveranno solo quando si dovranno effettuare osservazioni solari. Il progetto originale, da applicare al multifeed attuale, prevede componenti che operano nella banda di frequenze 6-8GHz. Quando l'allargamento di banda del ricevitore verrà portato a termine la componentistica in questione dovrà invece operare nella banda 4-12GHz.

RIFERIMENTI

- [1] A. Cremonini, S. Mariotti
"data sheet MMIC 18-26 GHz Final.pdf", Settembre 2004
- [2] A. Scalambra, A. Cattani, F. Fiocchi, A. Maccaferri
"PCB II K, PCB di II° conversione per il sistema multifeed 22GHz", IRA 474/13, 2013
- [3] Zirin et al.
'The Microwave Brightness Temperature Spectrum of the Quiet Sun', ApJ- 370, 779-783; April 1991
- [4] https://www.lownoisefactory.com/files/7514/8943/4803/LNF-LNC16_28WB.pdf
- [5] https://www.lownoisefactory.com/files/1814/8943/4560/LNF-LNC15_29B.pdf
- [6] <https://www.markimicrowave.com/spur-calculator.aspx>
- [7] Bert C. Henderson
"Predicting Intermodulation Suppression in Double-Balanced Mixers", The Communications Edge, Vol. 10, No. 4, August 1983
- [8] A. Orfei
"Intermodulation products and harmonics in the Italian CTRs", documento OR4 per KASI, 24/11/2020
- [9] P. Ortu, A. Saba, G. Valente, F. Gaudiomonte, A. Navarrini, T. Pisanu, E.Urru
"GAIA Progettazione, realizzazione e caratterizzazione della GAIA Board", INAF Technical Report 30/2020
- [10] A. Orfei, A. Scalambra, P. Marongiu, M. Poloni, G. Comoretto, A. Navarrini, A. Orlati, E. Carretti
"Nuovo sistema di ricevitori a SRT e loro integrazione ai back-end", PON Rev. 01 15/5/2019, pagine da 25 a 28