



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	306
Publication Year	2024
Acceptance in OA@INAF	2024-04-18T13:53:53Z
Title	Assemblaggio e test di laboratorio del Compact Triband Receiver di Medicina
Authors	POLONI, Marco, RODA, JURI, ZACCHIROLI, Giampaolo, ORFEI, Alessandro, MARIOTTI, Sergio
Affiliation of first author	IRA Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/35052 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/306

Assemblaggio e test di laboratorio del Compact Triband Receiver di Medicina

Marco Poloni¹, Juri Roda¹, Giampaolo Zacchiroli¹, Sergio Mariotti¹, Alessandro Orfei¹, Emanuele Santandrea²

¹ INAF-IRA

² Collaboratore esterno

Sommario:

1. Introduzione.....	1
2. Montaggio meccanico del CTR.....	2
3. Test Funzionali a radio frequenza.....	10
4. Ulteriori indagini e interventi sul CTR	18
5. Conclusioni	27
Riferimenti.....	28
Appendice A	29

Revisori:

- Pietro Bolli – INAF – OAA
- Andrea Orlati – INAF – IRA

ACKNOWLEDGMENTS:

The Enhancement of the Sardinia Radio Telescope (SRT) for the study of the Universe at high radio frequencies is financially supported by the National Operative Program (Programma Operativo Nazionale - PON) of the Italian Ministry of University and Research "Research and Innovation 2014-2020", Notice D.D. 424 of 28/02/2018 for the granting of funding aimed at strengthening research infrastructures, in implementation of the Action II.1 - Project Proposals PIR01 00010 and CIR01 00010.

Acronimi e abbreviazioni.

CTR	-	Compact Triband Receiver
DBBC3	-	Digital Base Band Converter, versione 3
FAT	-	Factory Acceptance Test
IF	-	Intermediate Frequency
K	-	Banda K del CTR
KASI	-	Korea Astronomy and Space Science Institute
LO	-	Local Oscillator
M&C	-	Monitoring and Control
NF	-	Noise Figure
PON	-	Piano Operativo Nazionale
Q	-	Banda Q del CTR
RF	-	Radiofrequenza
RFI	-	Radio Frequency Interference
SA	-	Spectrum Analyzer
SRT	-	Sardinia Radio Telescope
VLBI	-	Very Long Baseline Interferometry
WH	-	Banda Whigh del CTR
WL	-	Banda Wlow del CTR

1. Introduzione

Nell'ambito del progetto PON "Ricerca e Innovazione 2014-2020" - Proposta Progettuale PIR01_00010 "Potenziamento del Sardinia Radio Telescope per lo studio dell'Universo alle alte frequenze radio" il Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) ha realizzato tre ricevitori sostanzialmente identici ma opportunamente dimensionati per l'installazione presso le antenne paraboliche SRT (CA), Medicina (BO) e Noto (SR) dell'INAF.

Si tratta di un sistema ricevente in cui, mediante un sistema "quasi ottico", è possibile effettuare osservazioni contemporanee nelle bande K (18-26GHz), Q (34-50GHz) e W (80-116GHz). In realtà, data la grande ampiezza di banda, il ricevitore in banda W è stato suddiviso, nella parte calda, in due sottobande: W-low (80-98GHz) e W-high (98-116GHz).

Il ricevitore viene denominato CTR, Compact Triband Receiver. D'ora in avanti ci si riferirà ad esso con la sigla CTR.

Nel presente documento sono descritte le fasi di assemblaggio meccanico e quelle di test del ricevitore. Lo scopo del lavoro in laboratorio non era caratterizzare tutti gli aspetti del CTR, ma, prima di tutto, verificare la presenza di eventuali problematiche di assemblaggio (e si vedrà che in effetti esse si sono evidenziate) in vista del montaggio in antenna e, successivamente, fare misure di minima per sincerarsi che il trasporto dalla Corea del Sud non avesse influito sulla funzionalità dello strumento.

Questo documento è stato redatto facendo la scelta di mantenere la descrizione delle attività seguendo l'ordine cronologico di quanto svolto, così come gli appunti giornalieri di lavoro erano stati confezionati.

2. Montaggio meccanico del CTR

Day 1: 11 Settembre 2023

- Apertura di tutte le casse contenenti gli elementi costitutivi del CTR.

Sono state aperte le tre casse contenenti il materiale costituente il ricevitore, al fine di verificare e controllare la presenza di tutte le parti (ricevitore, struttura meccanica, sistemi elettronici a corredo e sistema di ancoraggio). Come lista delle parti è stato utilizzato il documento fornito da KASI. Non sono state rilevate mancanze.

Da segnalare che uno dei tre sintetizzatori risulta attualmente installato in antenna (armadio vertex room per test). Inoltre, il cavo di alimentazione della testa fredda, cavo non previsto nella fornitura da parte di KASI, è mancante perché sarà messo a disposizione da INAF.

- Come prima operazione è stato effettuato un pre-assemblaggio, all'interno del capannone dove erano stoccate le casse, della struttura meccanica di supporto del ricevitore per rendersi conto del sistema di fissaggio del criostato e della parte calda (Fig. 2.1).



Fig. 2.1: Pre-assemblaggio della struttura di supporto

- Dewar e sistema quasi ottico erano già assemblati insieme. Si è optato per la separazione della parte quasi ottica dal criostato perché le dimensioni complessive del CTR avrebbero impedito in altezza la collocazione nel laboratorio.

La parte quasi ottica è stata quindi sistemata in una zona sicura degli uffici del Lab Microonde. Tale operazione permette di mantenere il sistema quasi ottico in un ambiente a temperatura controllata e lontano da umidità e polvere.

- La camera criogenica è stata preassemblata entro la struttura di supporto. Per portare a termine questa operazione sono state rimosse le maniglie impiegate per la sua movimentazione.
- L'insieme di struttura di supporto e camera criogenica è stato quindi portato e sistemato nel Lab Microonde (Fig.2.2).
- È stato eseguito l'assemblaggio di prova della parte calda del ricevitore W (senza guide d'onda) al fine di valutare se fossero necessari altri supporti per vincolare ulteriormente le due scatole delle parti calde (K+Q e WH+WL).

Sembrano mancare i supporti delle scatole della parte calda. Tuttavia, la mancanza di forature per poterli alloggiare ne suggerisce la non presenza, tant'è che nell'elenco KASI del materiale inviato tali supporti non sono stati inseriti.

Qualora si rendesse necessario dare ulteriore sostegno meccanico alle due scatole della parte calda del ricevitore (box K+Q e box WH+WL), quando esso verrà essere montato in antenna, occorrerà fare valutazioni in proposito e realizzarli opportunamente. KASI ha comunque confermato che dopo varie verifiche strutturali ha reputato non necessario prevedere tali supporti.



Fig.2.2: Struttura di supporto, camera criogenica (a sinistra) e parte calda Banda W (a destra) nel Lab Microonde

All'interno della scatola che contiene le IF dei ricevitori Banda K e Banda Q è stata trovata una vite che si era completamente svitata (Fig. 2.3). Si è provveduto all'apertura di tale box per capire da dove provenisse. L'indagine ha rivelato che tale vite è una delle quattro viti di fissaggio alla corrispondente piastra di supporto del mixer del ricevitore Banda Q (MARKI MM1-1467H).

L'operazione di rimontare la vite nel foro è risultata complicata e di difficile esecuzione, pertanto si è soprasseduto, considerando che tre viti sono più che sufficienti a vincolare il mixer.

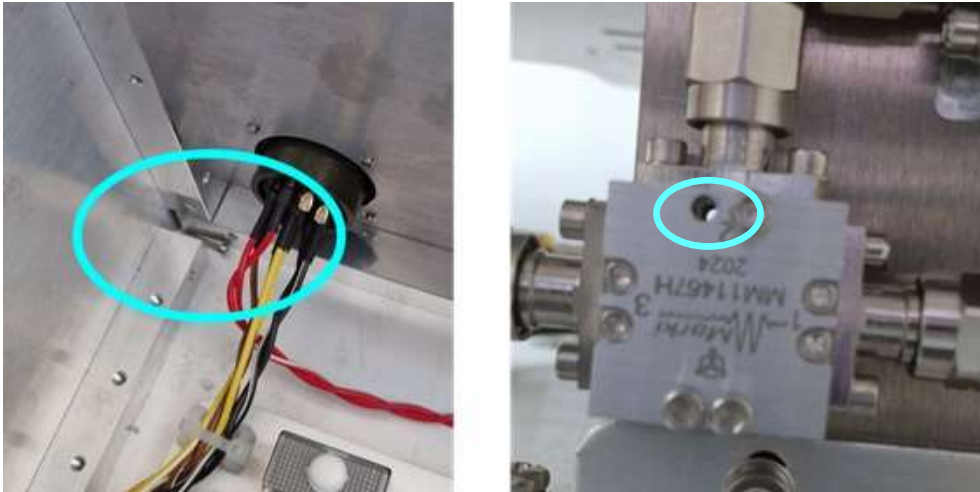


Fig. 2.3: Vite distaccata dalla sua sede nel mixer MARKI MM1-1467H.

Day 2: 12 Settembre 2023

- Montaggio delle guide d'onda (Fig. 2.4) dei ricevitori Banda Q e Banda W (High e Low) e assemblaggio delle scatole di parte calda.

Tale montaggio non è banale ed è stato eseguito "a più mani", poiché richiede una precisione adeguata ad allineare le guide e montarle correttamente sulle relative flange tramite spine meccaniche.



Fig. 2.4: Assemblaggio guide d'onda Banda W (a sinistra) e Banda Q (a destra).

- Allestimento strumentazione dentro la struttura di supporto.

Nella struttura trovano alloggio i sintetizzatori, il sistema di alimentazione generale e il sub-rack M&C per il controllo del criostato (sistema da vuoto e testa fredda) e dell'alimentazione degli LNA criogenici dei ricevitori (Fig. 2.5). Tuttavia, la filettatura dei fori è stata realizzata (da KASI) seguendo lo standard #12-24 UNC: si è quindi reso necessario lavorare i fori per adattarli allo standard metrico M6.



Fig. 2.5: Allestimento dei vari sistemi elettronici nella struttura di supporto.

- I connettori dei cavi (alimentazioni varie) delle box K+Q e W hanno presentato interferenze meccaniche con la struttura meccanica dei sub-racks (Fig. 2.6). Pertanto, sono state eseguite opportune lavorazioni meccaniche sui profili delle barre orizzontali della struttura di sostegno dei sub-rack (Fig. 2.7) in modo che i connettori di tipo "D" (in particolare quello per il comando degli switch in guida presenti nella parte calda del ricevitore in banda W) si possano montare direttamente senza l'impiego di adattatori a 90° e senza che vi siano ulteriori interferenze tra corpo connettore e struttura.



Fig. 2.6: Interferenza meccanica tra connettori e struttura.



Fig. 2.7: Lavorazione dei profili: è visibile solo la parte relativa all'elettronica IF del Banda W.

- Montaggio della pompa da vuoto sulla corrispondente piastra.

Anche in questo caso si è reso necessario adattare la piastra di fissaggio della pompa da vuoto per via di una possibile interferenza meccanica con il sub-rack M&C. Sono stati adeguati o rifatti i fori di fissaggio, spostandoli leggermente rispetto alla loro posizione originale in modo da alzare la pompa da vuoto.

Day 3: 13 Settembre 2023

- Montaggio definitivo della pompa da vuoto.
- Montaggio definitivo dei sub-racks M&C, Power Supply e dei due su tre sintetizzatori.
- Montaggio della piastra contenente alimentatori per gli LNA (a temperatura ambiente) del Banda W e lo switch di rete (Fig. 2.8)
- Montaggio del sistema di controllo della pompa da vuoto e della testa fredda (Cryo Power Box) sulla relativa piastra. È stato necessario effettuare la foratura di tale piastra per il fissaggio della box (Fig. 2.8).



Fig. 2.8: Alimentatori per LNA in parte calda del Banda W (a sinistra) e Cryo Power Box (a destra).

- È stata installata una multipresa con tipo Schuko per l'alimentazione dei vari dispositivi che richiedono 230VAC.
- È stato aggiunto un sub-rack di ventilazione (formato 19" con tre ventole) per estrarre l'aria dal sub-rack M&C dove gli alimentatori tendono a scaldarsi.
- Solo per verificare l'assenza di problemi meccanici è stato montato sul CTR anche il sistema quasi-ottico. Per questa operazione si è reso necessario rimuovere un pannello del controsoffitto (Fig. 2.9).



Fig. 2.9: Sistema quasi ottico (sinistra) e CTR completo (destra).

- È stata effettuata una prima verifica del cablaggio e delle connessioni tra le varie parti del ricevitore.

Day 4: 14 Settembre 2023

Cablaggio del ricevitore.

A seguito di valutazioni pratiche, in questa fase si è optato per impostare un cablaggio molto rapido ma che sia in grado di consentire i test. Nel prossimo periodo si cercherà di studiare un cablaggio più adeguato. Tale cablaggio verrà poi realizzato in maniera definitiva prima che il ricevitore venga montato in antenna.

Day 5: 15 Settembre 2023

- Rimozione sistema quasi ottico per i test.
È stato rimosso il sistema quasi ottico, ma sono stati lasciati montati i profili del telaio sui quali esso si appoggia. La rimozione permette di eseguire i test in maniera più agevole in quanto sarà necessario l'uso di un carico raffreddato con azoto liquido da posizionare sopra le finestre da vuoto dei tre ricevitori: la presenza del sistema quasi ottico non consentirebbe tale operazione in quanto lo spazio a disposizione non sarebbe sufficiente.
- Test Funzionali preliminari.
Terminata la fase di assemblaggio e cablaggio del ricevitore si passa alla prima accensione e verifica di tutti i sottosistemi nonché dei parametri di funzionamento.

Day 6: 19 Settembre 2023

- Test pompe da vuoto.
Sono state cablate e accese le pompe da vuoto per verificarne il funzionamento. È stata accesa l'unità M&C (per ciò che concerne il solo controllo delle pompe da vuoto).

Day 7: 20 Settembre 2023

- Test unità M&C.
Verifica delle funzionalità dell'intera unità M&C (singole schede e comunicazione con esse). Non è ancora stato verificato il funzionamento e la regolazione delle schede di alimentazioni degli LNA.
- Prove di commutazione degli switches del ricevitore banda W. Prove del software di controllo.
- È stato verificato il funzionamento dei comandi delle marche di rumore.
- Si segnala che questa tipologia di test ha richiesto un certo periodo di tempo per il "fine-tuning" di tutto il sistema di controllo.

Le attività vengono tuttavia sospese in attesa dell'arrivo del cavo di alimentazione della testa fredda.

Day 8: 10 Ottobre 2023

- Lunedì 9 ottobre 2023 è arrivato il cavo di alimentazione della testa fredda.
- Effettuato il collegamento tra testa fredda e unità di controllo del criostato, nella mattinata è stata effettuata l'accensione del sistema per cominciare a fare vuoto nel criostato e procedere con il raffreddamento.
- Nel tardo pomeriggio è stato acceso anche il sistema criogenico.
- Si stima che il ricevitore arriverà alla temperatura di regime all'incirca in 50 ore.

Day 9: 12 Ottobre 2023

- Il ricevitore ha terminato il raffreddamento. Tempo impiegato: 44 ore. I parametri dei vari sensori sono riportati nella seguente Fig. 2.10.

Converted Value	Units	Sensor Type	Description
+46,584362076	Kelvin	DT-670	Primo stadio CTI [77K]
+15,906220888	Kelvin	DT-670	LNA K [K]
+0,000000140	mBar	VACUM SENSOR	Pressione [mbar]
+17,590775315	Kelvin	DT-670	LNA Q [K]
+14,213599487	Kelvin	DT-670	LNA W [K]
+24,033042510	°C	B57703 10K	Temperatura ambiente [°C]

Fig. 2.10: Parametri a regime del CTR.

- Definizione della piedinatura dei sensori di temperatura (da “service_manual.pptx”) e secondo quanto letto dall’unità M&C:
 - 1 - CH1 (pin 13, pin 25): 70K
 - 2 - CH2 (pin 11, pin 23): LNA K
 - 3 - CH3 (pin 9, pin 21): LNA Q
 - 4 - CH4 (pin 7, pin 19): LNA W
- Cablaggio cavi coassiali del Banda K (forniti da KASI):
 - Cavo N4 – CHA – L. 0.4m
 - Cavo N5 – CHB – L. 0.4m
 - Cavo N6 – NS – L. 0.4m
- Cablaggio dei LO: Collegato cavo (L. 1m, fornito da KASI) all’ingresso LO del Banda Q (vedi etichetta busta cavo).
- Sono stati collegati (alimentati) gli LNA criogenici del Banda Q e del Banda K dopo aver effettuato la relativa taratura delle schede di alimentazione.
- Sono state verificate le curve di conversione da volt a kelvin inserite nel programma di lettura dei sensori di temperatura.
I valori di temperatura raggiunti sono significativamente inferiori a quelli ottenuti durante la FAT. Ciò è ragionevolmente dovuto alla maggiore potenza del compressore criogenico CTI9700 (può gestire fino a 4 teste fredde) da noi utilizzato rispetto al compressore singola testa fredda raffreddato ad aria utilizzato da KASI.
- La lettura di valori di pressione dell’ordine dei 10^{-8} mbar sono da attribuirsi al contemporaneo raggiungimento della temperatura di esercizio e alla pompa da vuoto turbo ancora attiva. Una volta spenta tale pompa, i valori sono compresi tra 10^{-6} mbar e 10^{-7} mbar.

3. Test Funzionali a radio frequenza

Di seguito vengono descritti i test a radio frequenza effettuati sul ricevitore per confermare i parametri prestazionali ottenuti durante la FAT.

Day 10: 18 Ottobre 2023

Prima di tutto sono state acquisite le bande IF di uscita del ricevitore (setup di misura della segunete Fig. 3.5) al fine di verificare il corretto funzionamento di tutto il sistema, ovvero di confermare le bande misurate durante la FAT. Tali bande sono state acquisite e memorizzate.

- Verifica Bande K (LO = 14GHz, $P_{LO}=-2\text{dBm}$): CH-A e CH-B (Fig. 3.1).

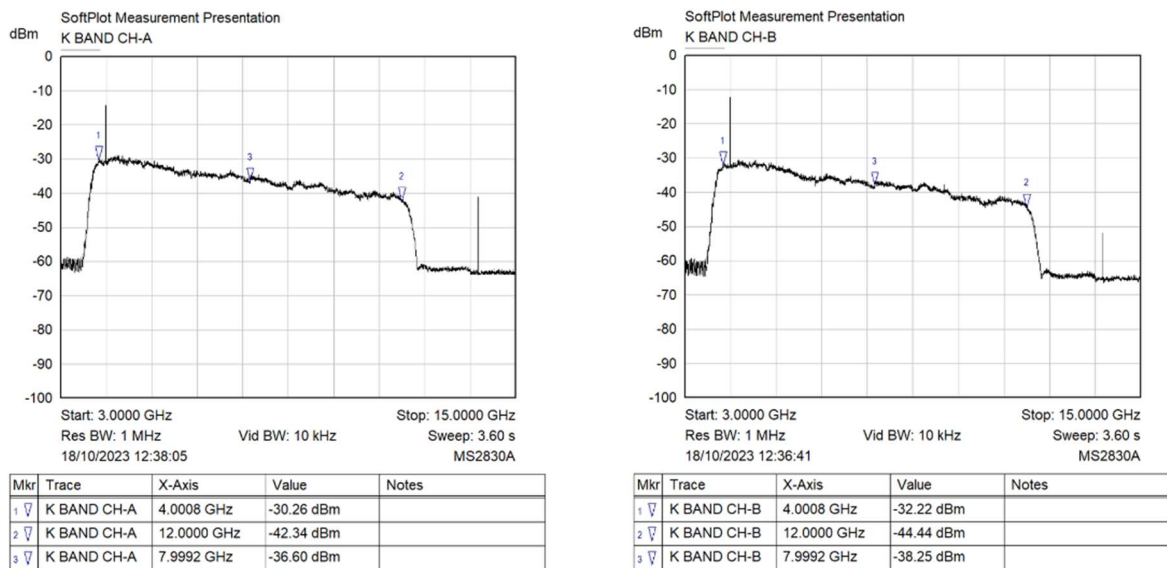


Fig. 3.1: Acquisizione Bande ricevitore K. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

Si può notare un segnale in banda IF a $f=4.2\text{GHz}$. Questo segnale è presente solo nel ricevitore Banda K e non nelle bande Q e W. L'utilizzo di un foglio di Eccosorb CV4 davanti alla finestra del ricevitore K elimina tale segnale e ciò dimostra che esso è di origine esterna (segnale ricevuto).

- Verifica Bande Q (LO = 16GHz, $P_{LO}=3\text{dBm}$): CH-A e CH-B (Fig. 3.2).

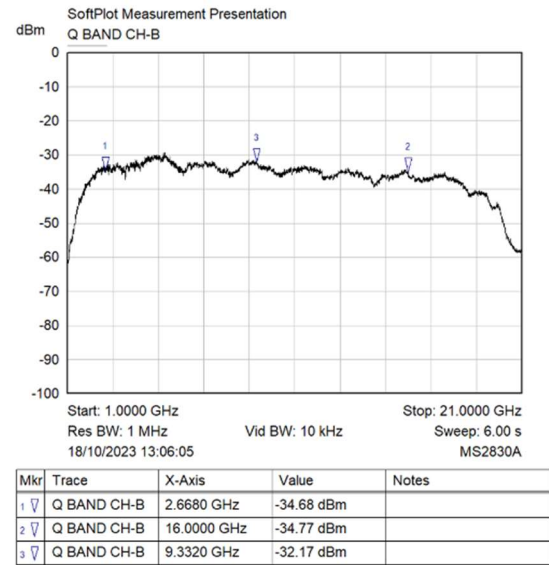
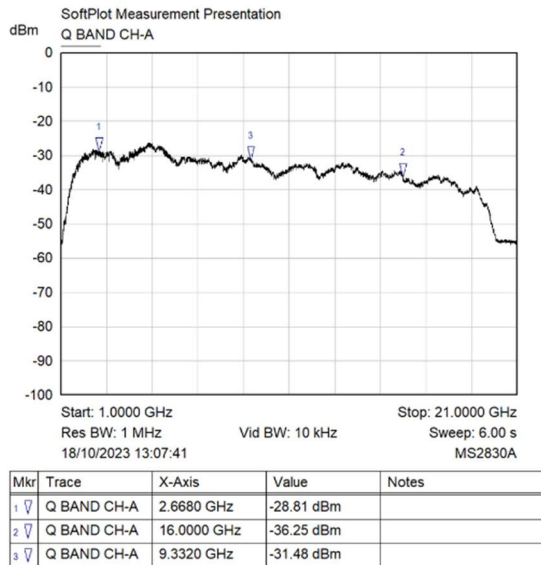


Fig. 3.2: Acquisizione Bande Ricevitore Q. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

- Verifica Bande W (sia Low sia High) ($LO = 16.33333333$ GHz, $P_{LO} = -9$ dBm): CH-A e CH-B (Fig. 3.3 e Fig. 3.4).

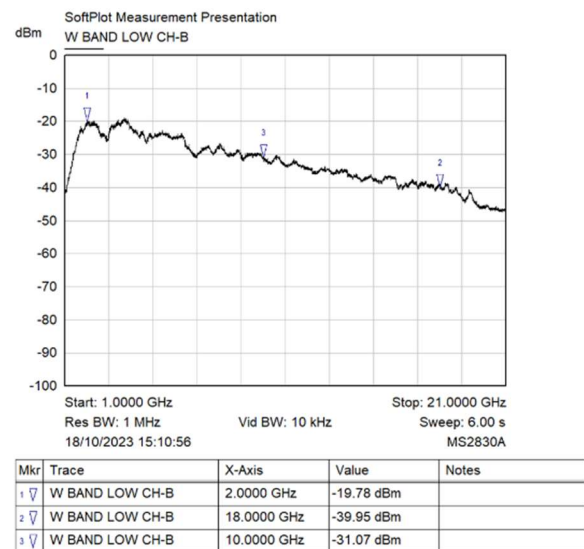
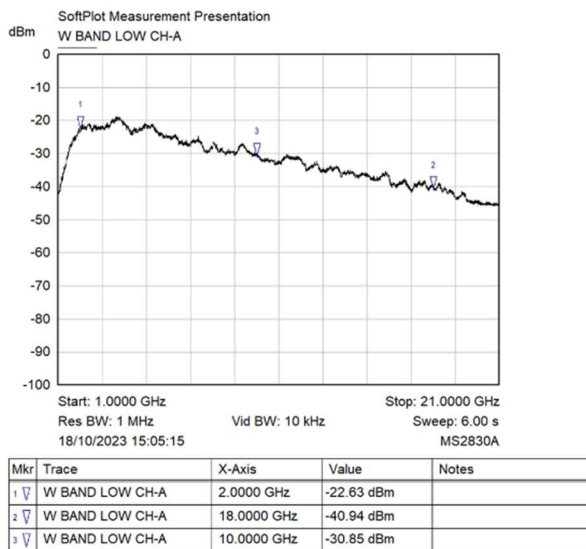


Fig. 3.3: Acquisizione Bande Ricevitore WLow. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

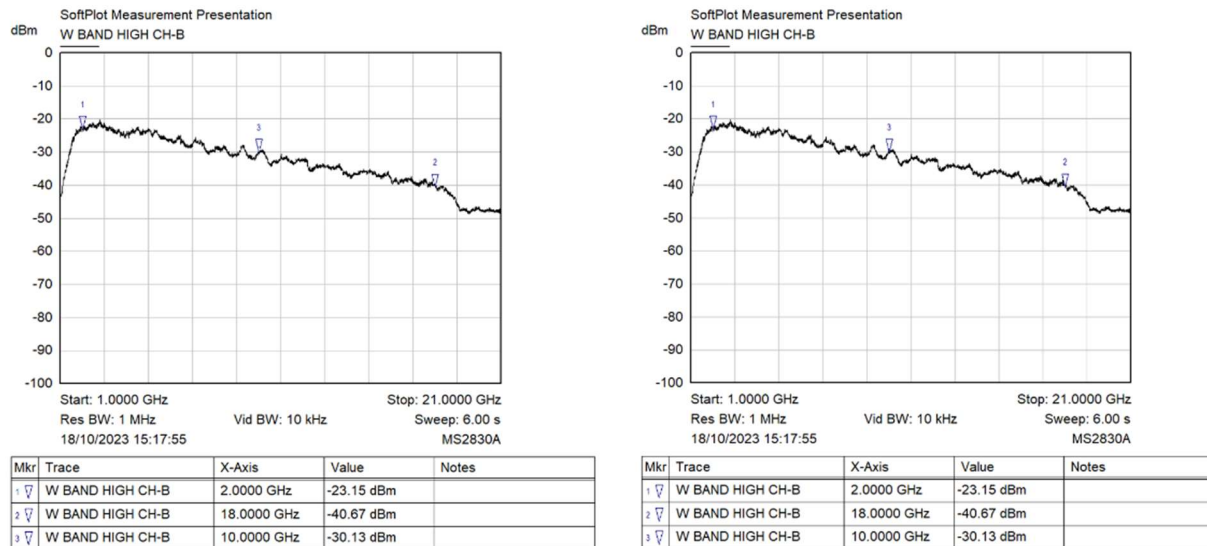


Fig. 3.4: Acquisizione Bande Ricevitore WHigh. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

- Verifica a campione, con esito positivo, delle diverse configurazioni di LO per il ricevitore W-Band (LO = 16.66666666GHz per WLow e 16.00000000GHz per WHigh). CH-A WLow e CH-B WHigh.
- Le bande di tutti i ricevitori sono presenti e risultano avere lo stesso andamento di quelle della FAT. Le minime differenze sono dovute al diverso setup di misura.
- Verifica preliminare del rumore/marca per il ricevitore K-Band (CH-A e CH-B).
- Verifica preliminare del rumore/marca per il ricevitore Q-Band (CH-A e CH-B).

Durante questa fase preliminare di test sono emerse alcune problematiche di cui occorrerà tenere conto quando verranno eseguiti i test veri e propri.

- Occorre prestare attenzione allo stato degli switch RF (modalità SUN o astronomica). È necessario verificarne lo stato e impostarli opportunamente per una corretta misura.
- Si sono evidenziate alcune discordanze sulla verifica del rumore del Q-Band. La misura della marca sembrerebbe essere concorde con i valori della FAT. Le misure sono state ripetute due volte. Nella seconda si è prestata maggiore attenzione al posizionamento del carico freddo, tuttavia, nonostante un leggero miglioramento questa discordanza è confermata. La possibile causa potrebbe risiedere nel fatto che il carico freddo utilizzato non è sufficientemente grande per coprire a dovere la finestra del ricevitore. Successivamente verrà fatto un supplemento di indagine.

Day 11 e 12: 19-20 Ottobre 2023

Oggi sono iniziati i test completi di temperatura di rumore e di marca (Trx e Tm) su tutti i ricevitori. La fig. 3.5 riporta lo schema a blocchi del sistema di misura.



Fig. 3.5 Schema a blocchi del sistema di misura del CTR nel laboratorio di Medicina

- cavo coassiale: marca STORM, L=2.5m, S21=3.7dB@20GHz (cavo fino a 26GHz).
- Analizzatore di spettro: Anritsu MS2830A (impostazioni in Appendice A)
- Amplificatore esterno (viene più avanti descritto il perché delle sostituzioni):
 - AT-Microwave AT-LNA-0250-3805C : 2-50 GHz , NF <4dB, G 40 dB. Tale amplificatore verrà sostituito nel corso delle misure per via di problematiche nella parte bassa della banda di lavoro.
 - Sostituzione 1: MiniCircuits ZVA-213-S+ : 0.8-21 GHz, NF<4.5, G 25 dB.
 - Sostituzione 2 : Miteq AFS2 : 6-18 GHz (reale 1-18 GHz), G 15dB ,NF<4.5.

N.B.: Nonostante l'utilizzo di LNA MiniCircuits o Miteq in ingresso allo SA al fine di mantenere sufficientemente bassa la NF dello strumento è stato necessario impostare "Attenuator=0dB e LNA interno attivo" sullo SA.

- Test K-Band: i valori di Trx e Tm rientrano nella specifica e sono analoghi a quelli ottenuti durante la FAT: la fig. 3.6 mostra il risultato ottenuto al tempo della FAT, la fig. 3.7 le attuali misure.

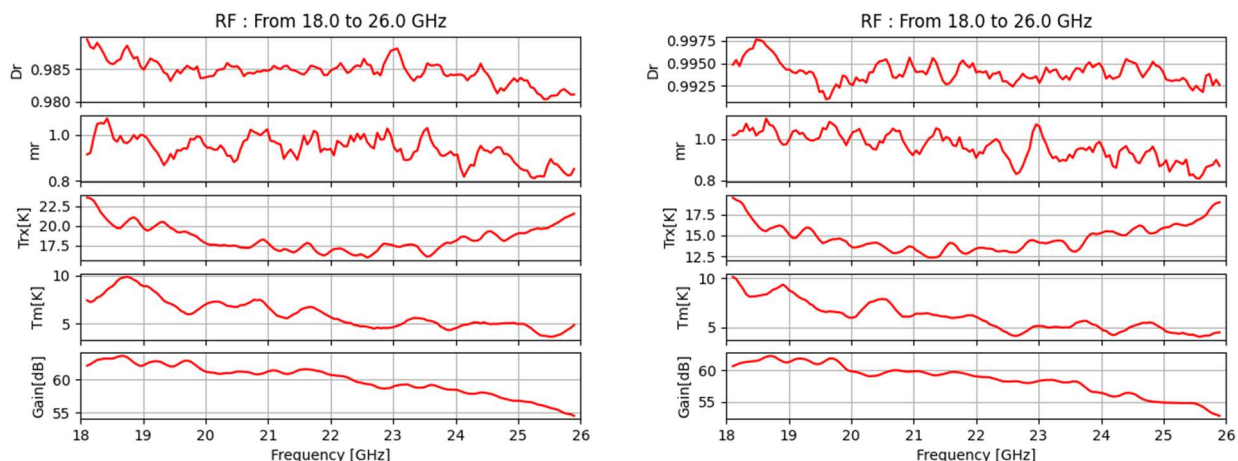


Fig. 3.6: Ricevitore Banda K. Misure di Trx (terzo grafico a partire dall'alto) e Tm (quarto grafico a partire dall'alto) effettuate durante la FAT. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

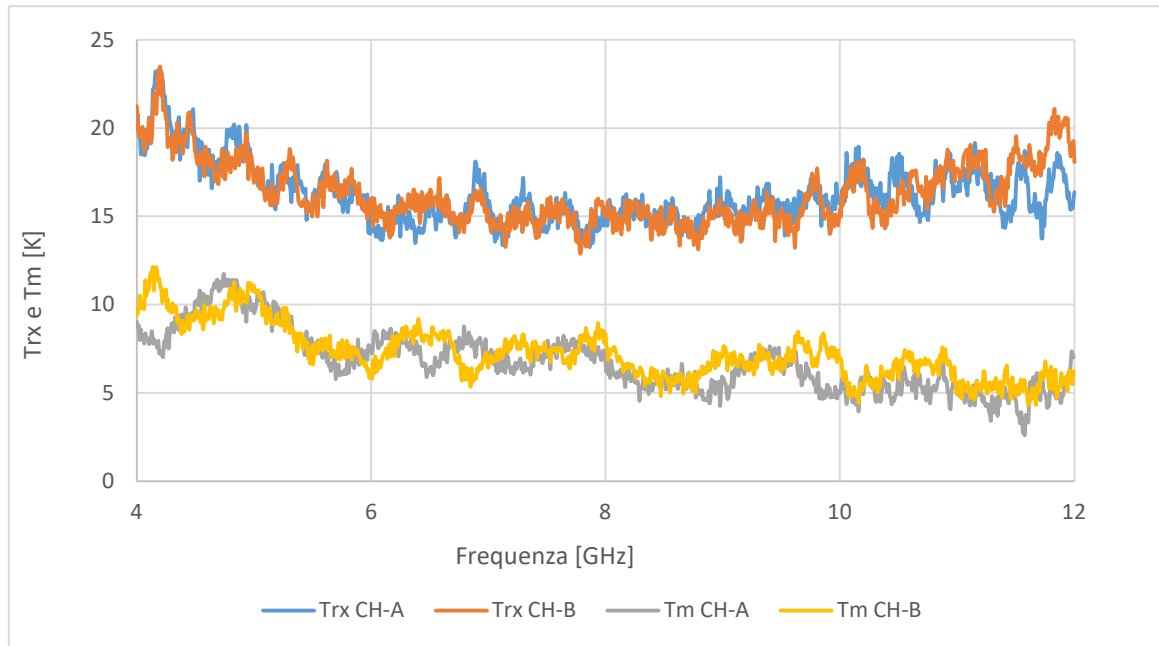


Fig. 3.7: Ricevitore in Banda K. Misure di Trx e Tm effettuate nel Lab. Microonde a Medicina.

- Test Q-Band: Benchè l'involuppo delle curve di Trx risulti simile a quello riscontrato nella FAT, tuttavia, si sono riscontrati valori di temperatura di rumore circa doppi rispetto all'atteso. La misura della marca risulta invece in linea con i valori ottenuti durante la FAT (Fig. 3.8 e 3.9). In entrambe le curve, ma soprattutto in quella di Trx, si notano dei valori fuori trend in forma di *spikes* nella parte bassa della banda.

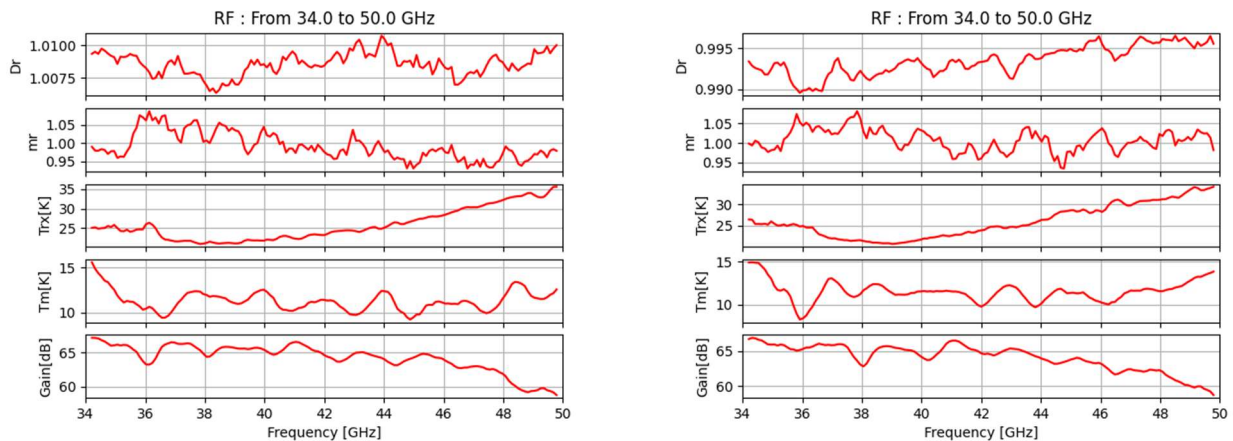


Fig. 3.8: Ricevitore Banda Q. Misure di Trx (terzo grafico a partire dall'alto) e Tm (quarto grafico a partire dall'alto) effettuate durante la FAT. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

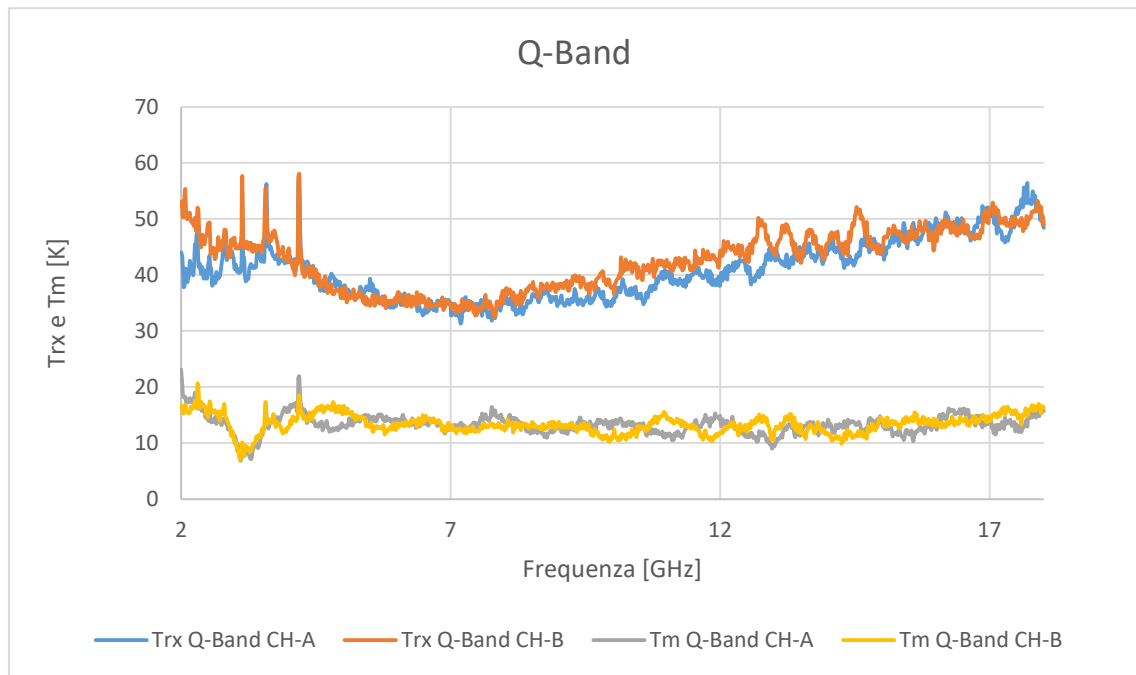


Fig. 3.9: Ricevitore Banda Q. Trx risulta circa doppia rispetto alla FAT, mentre la Tm è in linea con i valori ottenuti durante la FAT.

- Test WLow e WHigh: come per il Banda Q, l'involuppo delle curve di Trx è simile a quello riscontrato nella FAT; tuttavia, si sono riscontrati valori di temperatura di rumore circa doppi. La misura della marca risulta invece in linea con i valori ottenuti durante la FAT. Nelle figure che seguono, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 si riportano i risultati dopo aver risolto il problema. Sono state eseguite misure a un solo valore di LO=98GHz.
- L'indagine sui motivi della diversità di risultato ha messo in evidenza una criticità di funzionamento dell'amplificatore esterno al ricevitore e connesso allo SA, necessario ad amplificare i segnali del CTR e a mascherare la NF dell'analizzatore di spettro. Sostituito tale amplificatore col modello AFS2 MITEQ, i valori di temperatura di rumore sono risultati analoghi a quanto riscontrato durante la FAT. Per ciò che concerne la banda Q permangono gli *spikes* nella parte bassa della banda, e ciò richiederà ulteriori indagini (Fig. 3.10).

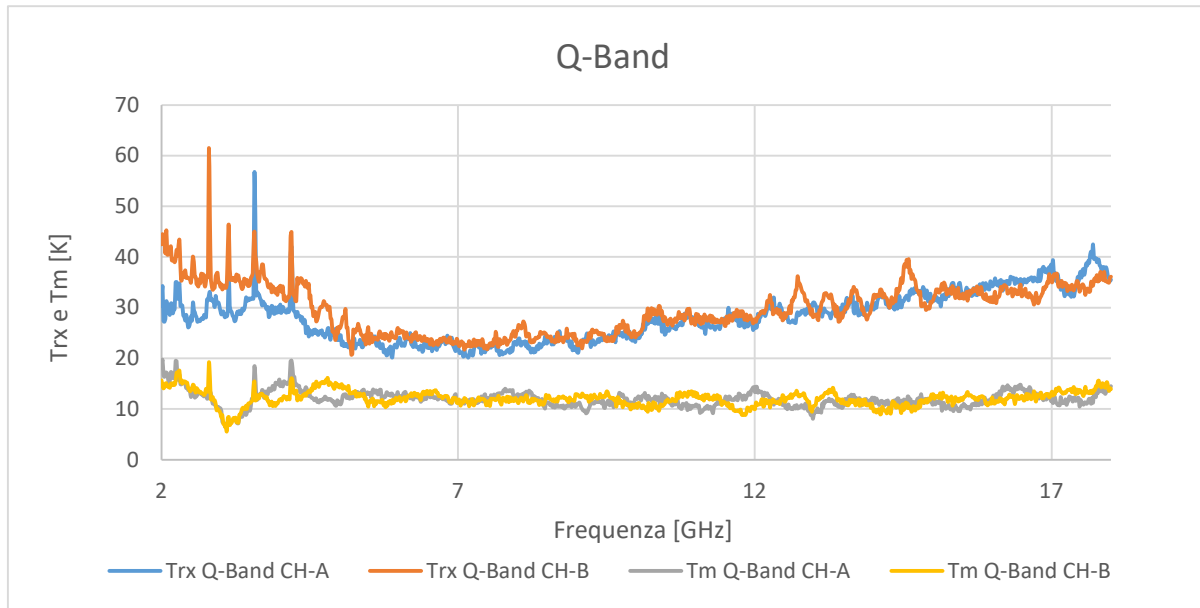


Fig. 3.10: Ricevitore Banda Q. Trx e Tm risultano ora in linea con i valori ottenuti durante la FAT.

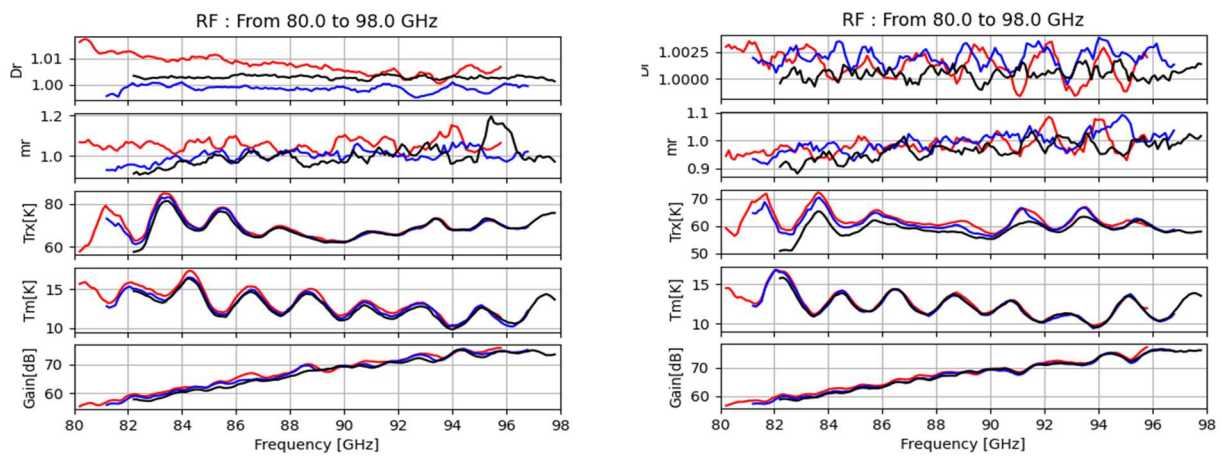


Fig. 3.11: Ricevitore Banda WLow. Misure di Trx (terzo grafico a partire dall'alto) e Tm (quarto grafico a partire dall'alto) effettuate durante la FAT: le tre curve sono per tre diversi valori di LO, 98, 99 e 100GHz. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

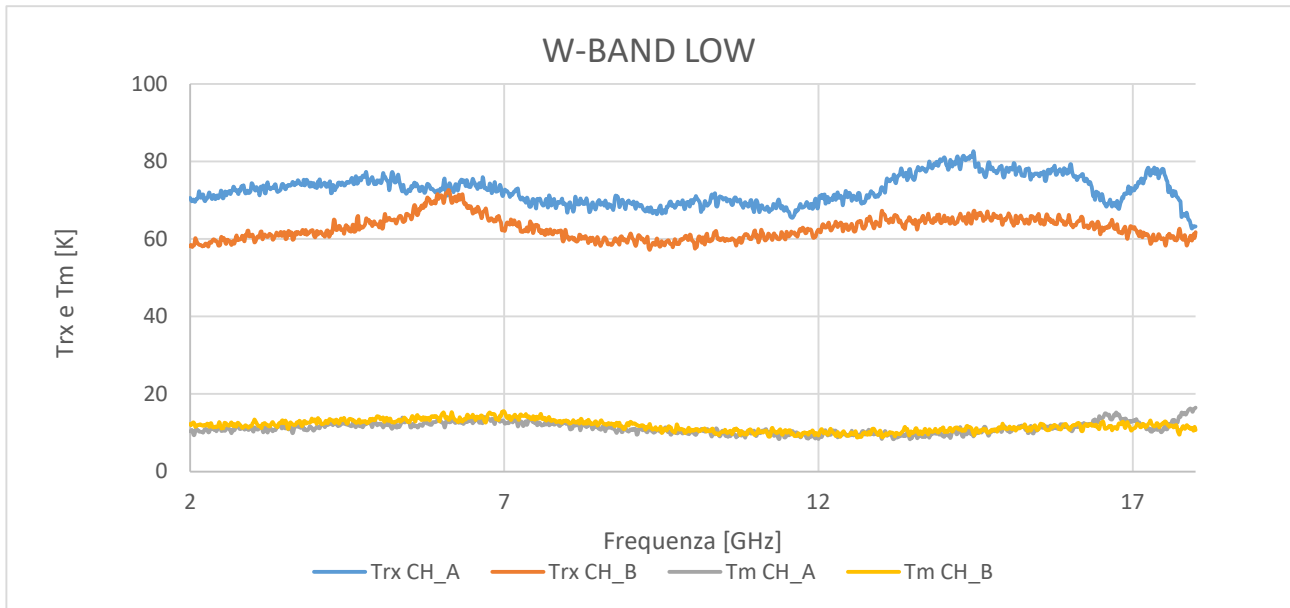


Fig. 3.12: Ricevitore Banda WLow. Misure di Trx e Tm effettuate nel Lab. Microonde a Medicina.

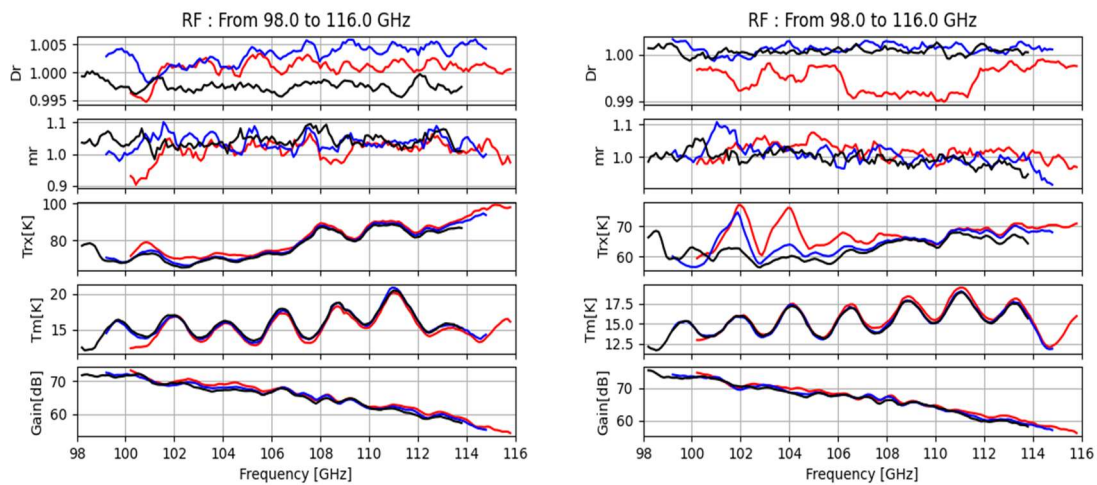


Fig.3.13: Ricevitore Banda WHigh. Misure di Trx Trx (terzo grafico a partire dall'alto) e Tm (quarto grafico a partire dall'alto) effettuate durante la FAT: le tre curve sono per tre diversi valori di LO, 96, 97 e 98GHz. CH-A (sinistra) e CH-B (destra).

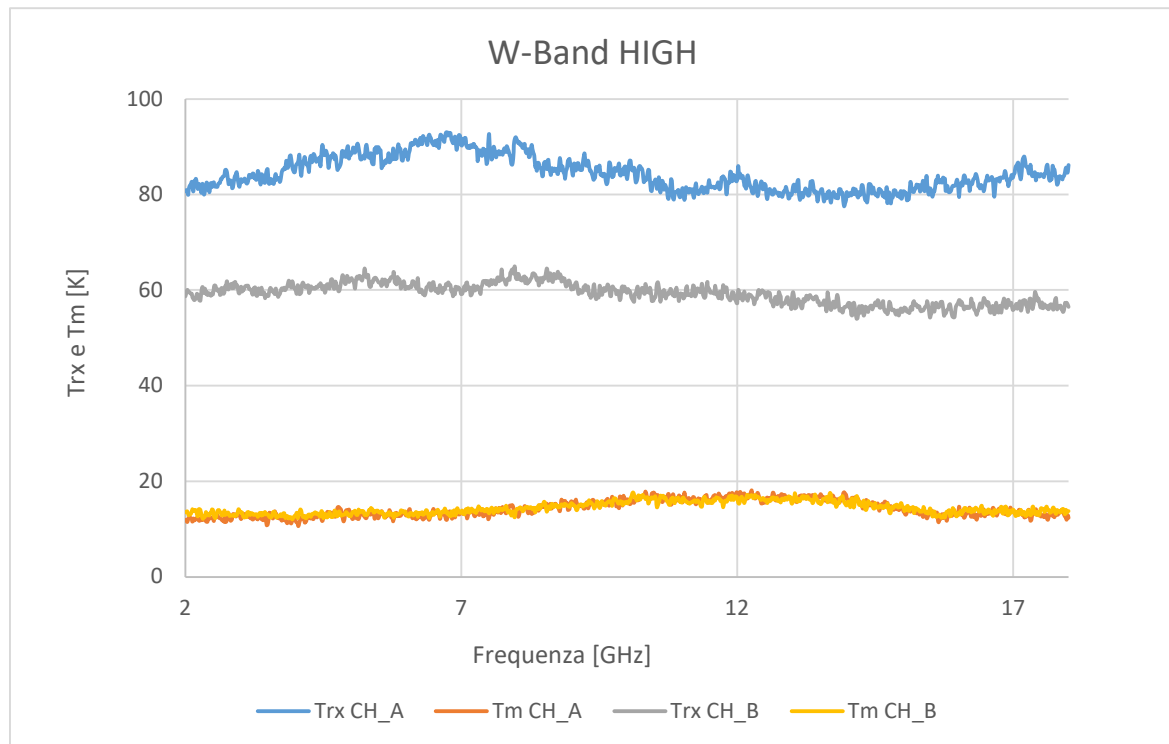


Fig.3.14: Ricevitore Banda WLow. Misure di Trx e Tm effettuate nel Lab. Microonde a Medicina.

4. Ulteriori indagini e interventi sul CTR

Day 13: 23 Ottobre 2023

Condensazione sulle finestre da vuoto

Durante i lavori descritti nei capitoli precedenti si è riscontrato un forte problema di condensa sulle finestre del criostato. (Fig. 4.1)



Fig. 4.1: Effetto della condensa sulla finestra del ricevitore Banda K.

- Controllo della condensa.

Si evidenzia la presenza di molta condensa sulle finestre del criostato, in particolar modo quella del Banda Q. Questo fenomeno è meno evidente sulle finestre del K-band e del W-Band. Tuttavia, in quest'ultimo caso, la presenza di condensa è difficile da determinare per via delle ridotte dimensioni delle gole della finestra.

La misura della temperatura delle finestre, in particolare delle gole, effettuata con termocamera ha mostrato una differenza di temperatura pari a circa 13°C in meno dell'ambiente. E' del tutto evidente e prevedibile che nelle giornate di ottobre, ancora calde e particolarmente umide, sul fondo delle gole della finestra si raggiunge facilmente il punto di rugiada.

- Fenomeno della condensa: Verifica del criostato.

Dai disegni meccanici del criostato del CTR risulta presente un foam in corrispondenza della parte criogenica ancorata a 70K. Nella parte a 300K invece, sotto le finestre, esso non è presente. Si suppone quindi che il foam a 70K "veda" i 300K della finestra e sia la causa della formazione della condensa.

Nei ricevitori attualmente installati sull'antenna parabolica di Medicina e in tutti i ricevitori realizzati presso i nostri laboratori Microonde, in genere tale foam (opportunamente lavorato) è posizionato come supporto meccanico sotto la finestra a 300K.

Diverse sono le soluzioni investigate:

- Flusso d'aria secca sulle finestre.
- Sistemi di ventole
- Coperture di vario genere
- Inserimento di un foam sotto le finestre che si comporti da filtro IR e la cui attenuazione RF sia trascurabile

Dopo ampie valutazioni l'ultima soluzione è parsa la più efficace e, nello stesso tempo, la meno onerosa in termini di lavoro e di tempo. Si approfondisce quindi la possibilità di installare all'interno del criostato e sotto la finestra (a 300K) un ulteriore strato di foam per limitare quanto possibile la differenza di temperatura tra finestra e ambiente esterno. Occorrerà valutare attentamente lo spessore al fine di evitare aumenti significativi della temperatura di rumore del ricevitore.

- Effettuata acquisizione delle bande del CTR con 20 medie sulle tracce. Per il K-Band e per il Q-Band è stato utilizzato sia l'amplificatore MITEQ AFS3 sia MITEQ AFS2 (simile a quello utilizzato nelle prove del 20 Ottobre 2023).
- Le finestre Q-Band e K-Band sono state parzialmente asciugate nella mattinata. Nelle prove pomeridiane non sono state controllate. Si prevede di ripetere le misure nei prossimi giorni provvedendo ad asciugare le finestre e facendo fluire aria secca.

N.B.: Da contatti con KASI, il problema è risultato già essersi presentato durante i test preliminari anche presso i loro laboratori. Ciò si verificava in particolare sulla finestra del ricevitore Banda Q dei CTR per Medicina e Noto. KASI "ha risolto" il problema regolando con aria condizionata e bassa umidità il laboratorio.

Day 14: 24 Ottobre 2023

In attesa di capire come risolvere il problema della condensa quando il ricevitore sarà installato in antenna, sono state portate avanti indagini per determinare la causa degli spikes presenti nella banda di uscita del ricevitore Banda K (vedi Fig. 3.1).

- È stato verificato che i picchi presenti nella banda risulta essere generato dall'analizzatore di spettro dell'Anritsu utilizzato per le misure. Sembrerebbe essere legato allo sweep time della traccia.
- Per verificare ciò, è stato utilizzato un SA diverso anche se di prestazioni limitate (Rigol Real Time SA fino a 6GHz). Anche con questo i picchi sono presenti. Ulteriori approfondimenti hanno rivelato che il segnale interferente in realtà non risulta essere "monocromatico", ma ha la forma di banda (con un pettine di picchi).

Spegnendo l'SA Anritsu, il segnale sul SA Rigol scompare. È stato modificato lo sweep time dello SA Anritsu e il segnale visualizzato ha mostrato ancora un pettine, ma con picchi diversamente spazati rispetto alla situazione precedente.

Poiché il segnale interferente risulta nella banda di uscita del ricevitore Banda K, sembrerebbe trattarsi di un segnale convertito, per cui potrebbe essere un segnale a 18,18GHz ($LO=14+4,18GHz$). Rimane tuttavia il dubbio sull'effettivo valore di frequenza. Potrebbe essere il caso di verificare se lo *spike* risulti a una frequenza differente (ad esempio $9,82GHz=14-4,18$): a questo scopo si potrebbe utilizzare un apposito filtro per limitare la banda.

Day 15: 25 Ottobre 2023

- Verifica del ricevitore Q-Band perché i dati del test del giorno 20 ottobre presentavano *spikes* nella parte bassa della banda. La nuova verifica ha riportato valori che ricopiano molto bene le misure della FAT. Gli spikes sono tuttavia ancora presenti (anche se in maniera meno evidente). Con questi test è stato usato un amplificatore MITEQ AFS2, benché quest'ultimo lavori in specifica nella banda 6-18GHz e non 2-18GHz.
- Si prevede di caratterizzare l'AFS2 con il vettoriale.
- Il problema della condensa è sempre presente su tutte e tre le finestre.

Day 16: 27 Ottobre 2023

- È stato caratterizzato un filtro passabanda "a fianchi molto ripidi" 2-18GHz della FILTRONIC, usabile in ulteriori test del CTR quando si troverà un amplificatore opportuno.

Day 17: 08 Novembre 2023

- Sono stati eseguiti test sul ricevitore Q-Band volti alla risoluzione dei picchi presenti tra 2,5GHz e 4,5GHz nella caratterizzazione della Tric. Utilizzato AFS3 2-18GHz e filtro FILTRONIC 2-18GHz. Picchi sempre presenti. Effettuato test con SA Real Time 0-6GHz ma nulla da segnalare. Effettuati test variando il bias degli LNA crio e anche spegnendo l'altro canale (LNA spento). Nessuna variazione: picchi sempre presenti.

Tali picchi non hanno al momento una spiegazione. Per certo non sono dovuti né ad auto oscillazioni né a segnali RFI.

- Nel pomeriggio il ricevitore verrà spento. Si potrà così registrare la curva di risalita e, col successivo raffreddamento, anche quella di discesa.
- Viene rilevato un certo peggioramento nei valori delle temperature criogeniche e del vuoto (Fig. 4.2) la cui causa non al momento chiara.

Converted Value	Units	Sensor Type	Description
+49,500304996	Kelvin	DT-670	Primo stadio CTI [77K]
+23,713389643	Kelvin	DT-670	LNA K [K]
+0,000134145	mBar	VACUM SENSOR	Pressione [mbar]
+28,025486717	Kelvin	DT-670	LNA Q [K]
+19,437373726	Kelvin	DT-670	LNA W [K]
+24,553091851	°C	B57703 10K	Temperatura ambiente [°C]

Fig. 4.2: Peggioramento dei parametri criogenici. Si confrontino con quelli della figura 2.10

Day 18: 14 Novembre 2023

- Il ciclo di riscaldamento del ricevitore non ha evidenziato particolari problematiche. Tutto è risultato nella norma.
- Il successivo nuovo ciclo di raffreddamento non ha evidenziato particolari problematiche e i valori di vuoto (pressione) e temperatura sono risultati tutti nella norma (Fig. 4.3).

Converted Value	Units	Sensor Type	Description
47,80993366	Kelvin	DT670	Primo Stadio CTI 77K [K]
16,05659517	Kelvin	DT670	LNA K [K]
6,40E-08	mBar	VACUUM SENSOR	Pressione [mBar]
17,73013302	Kelvin	DT670	LNA Q [K]
14,23479507	Kelvin	DT670	LNA W [K]
24,89336661	°C	B57703 10K	Temperatura Ambiente [°C]

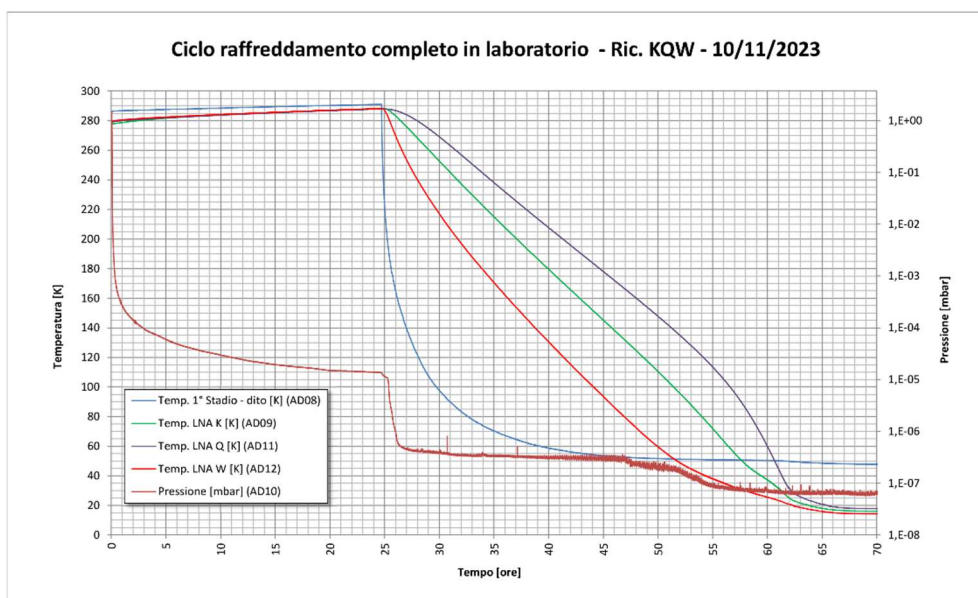


Fig. 4.3: Tabella dati e andamento del ciclo di raffreddamento (iniziato il 10 novembre 2023).

- Si sta studiando come installare i foam sotto le finestre per risolvere il problema della condensa.
- In attesa di implementare tali foam, il ricevitore verrà lasciato operativo affinché si possano monitorare nel tempo i suoi parametri criogenici e si possano fare eventuali altri test, come ad esempio con il sistema di acquisizione dati VLBI, il DBBC3.

Day 19: 11 Gennaio 2024

- Lo studio preliminare ha portato a posizionare i foam sotto le finestre (Fig. 4.4). Sono stati realizzati i dischi di foam, con spessore 25mm, che dovranno essere installati sul CTR di Medicina e successivamente anche sul CTR di Noto (Fig. 4.4).

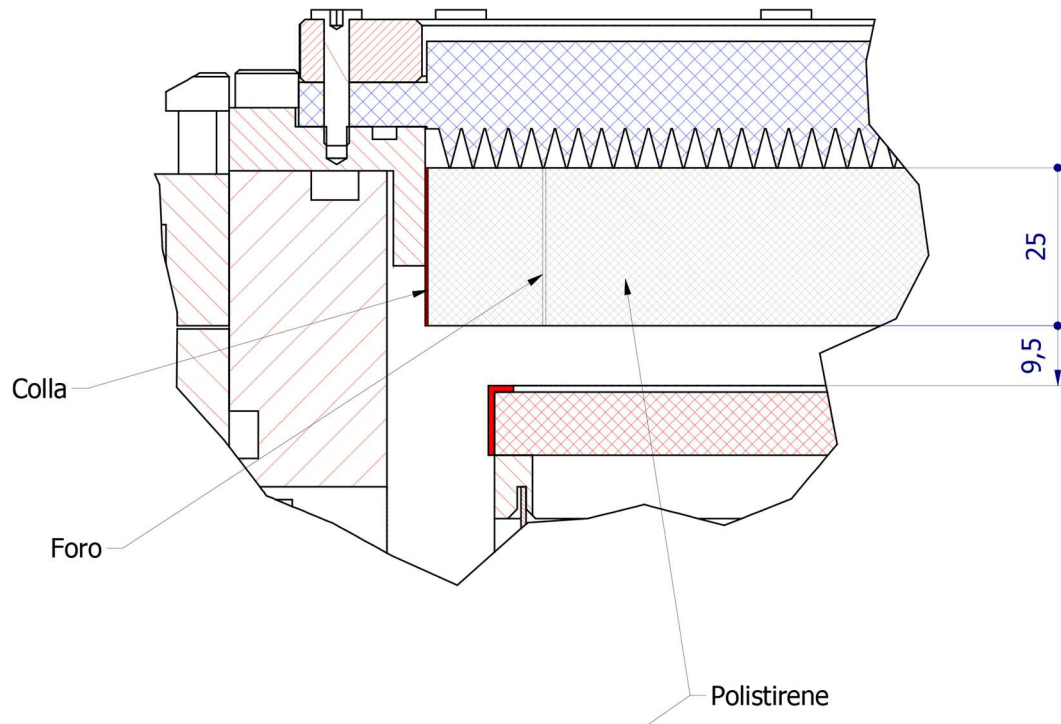


Fig. 4.4: Posizionamento dei dischi di foam (in alto) e loro realizzazione.

Lo spessore è di 25mm.

- Effettuate prove con il DBBC3. I risultati ottenuti sono ancora in fase di elaborazione.

Day 20: 17 Gennaio 2024

- Il ricevitore viene spento per procedere con i lavori di installazione dei foam sotto le finestre.

Day 21: 22 Gennaio 2024

- Si procede con il montaggio dei foam. La procedura consta delle seguenti fasi:
 - rimozione delle viti che fissano la flangia delle finestre
 - immissione di aria nel criostato aprendo lentamente la flangia del sensore di pressione
 - rimozione della flangia delle finestre
 - protezione del criostato aperto con sacco plastico
 - posizionamento della flangia delle finestre "capovolta" su un tavolo (Fig. 4.5)



Fig. 4.5: Dischi di foam sulla finestra prima dell'incollaggio.

- pulizia dell'area da incollare con alcol isopropilico
 - deposito di un sottile strato di colla epoxy bicomponente (DP190 3M) sulla superficie laterale dei filtri. La colla è stata messa solo sulla zona centrale senza arrivare al bordo
 - posizionamento dei filtri nei rispettivi fori. Occorre praticare una leggera pressione lentamente fino a portare i dischi in appoggio sulle finestre
 - appoggio di un peso che garantisca e mantenga il contatto dei filtri alle finestre durante l'incollaggio e la successiva essiccazione della colla.
- A questo punto si dovrà necessariamente attendere un certo periodo di tempo affinché la colla si asciughi a dovere. La durata di tale periodo è di circa 24h. (Fig. 4.6).
 - La verifica che l'intervento abbia risolto il problema della condensazione verrà fatta determinando il differenziale di temperatura tra la temperatura delle finestre e quella ambiente: prima dell'intervento tale differenza si attestava a circa 12-13°C.



Fig. 4.6: Dischi incollati sulla flangia delle finestre dei tre ricevitori del CTR.

- Asciugata la colla si rimonta la flangia delle finestre e si procede con il nuovo raffreddamento.

Day 22: 29 Gennaio 2024

- Una novità di rilievo nel raffreddamento del CTR è che è arrivato a regime molto più in fretta di quanto evidenziato in fig. 4.3. In Fig. 4.7 vengono riportati i nuovi parametri criogenici. Non è tuttavia stata registrata la curva di raffreddamento nella nuova situazione.

+46,631573576	Kelvin	DT-670	Primo stadio CTI [77K]
+15,193541564	Kelvin	DT-670	LNA K [K]
+0,000003606	mBar	VACUM SENSOR	Pressione [mbar]
+16,692302829	Kelvin	DT-670	LNA Q [K]
+13,580371557	Kelvin	DT-670	LNA W [K]
+21,697200711	°C	B57703 10K	Temperatura ambiente [°C]

Fig. 4.7: Parametri criogenici dopo il nuovo ciclo di raffreddamento.

- I valori di temperatura criogenica ritornano a essere quelli originari di fig. 4.3.
- Al fine di validare la soluzione scelta per risolvere il problema della condensa sono state fatte misure sulle temperature delle finestre e delle parti circostanti ad esse con la videocamera a infrarossi per essere raffrontate con la temperatura ambiente. I risultati sono i seguenti:
 - Temperatura ambiente (laboratorio) al livello delle finestre: 23.8°C
 - Temperatura dell'alluminio attorno alle finestre: 26°C
 - Temperatura della parte più fredda delle tre finestre: 21°C
 - Temperatura delle singole finestre: Banda Q=20.1°C, Banda K=21°C e Banda W=22.5°C

- Umidità Relativa: circa 25%.

I valori di differenziale termico tra finestra e temperatura ambiente sono pertanto:

- Differenziale tra la temperatura aria e la parte fredda finestra $< 4^{\circ}\text{C}$
- Differenziale tra la temperatura alluminio e la parte fredda finestra $< 6^{\circ}\text{C}$

La differenza di temperatura, probabile fonte dei fenomeni di condensa, è dunque notevolmente ridotta. Si è infatti passati dai $12\text{-}13^{\circ}\text{C}$ a $5\text{-}6^{\circ}\text{C}$. In questo modo la probabilità di formazione di condensa sulle finestre è notevolmente diminuita, anche se non la si può considerare annullata.

- Consultando la bibliografia esistente [1, 2] si può stimare che la perdita di inserzione del foam introduca un contributo minimo in termini di aumento della temperatura di rumore del ricevitore. Inoltre, da test svolti anni addietro su tali materiali si evince che, per uno spessore di foam di 6.6cm, la perdita è dell'ordine di 0.1dB max a 26.5GHz che corrisponde a circa 6K: nel nostro caso lo spessore è 2.5cm e la perdita è lineare con esso; quindi, in banda K non si dovrebbero aggiungere più di 2K alla temperatura di rumore.

Day 23: 2 Febbraio 2024

- Il ricevitore viene definitivamente spento in attesa del suo montaggio in antenna.
- Non sono tuttavia stati effettuati ulteriori test e misure a RF in quanto, al momento non necessari. Rimane irrisolta la questione degli *spikes* nella IF del ricevitore banda Q.

5. Conclusioni

Il CTR è stato preassemblato presso il Laboratorio Microonde della Stazione Radioastronomica di Medicina. Sono state risolte alcune criticità dal punto di vista meccanico e si è cercato di ovviare al problema della condensa sulle finestre delle tre bande riceventi.

Il problema della condensa, in parte già noto ai tecnici di KASI, è stato controllato nel periodo immediatamente successivo all'accensione del riscaldamento presso il Lab. Microonde di Medicina e non si è più presentato.

La risoluzione del problema, mediante l'inserimento di opportuni dischi di foam dietro le finestre (e comunque dentro la camera criogenica in zona calda) si è resa necessaria per evitare che il fenomeno si presenti quando il CTR verrà montato in antenna.

Il funzionamento a radiofrequenza del CTR è stato verificato e si può concludere che rispecchi i parametri ottenuti durante la FAT.

Il CTR è attualmente spento e pronto per poter essere montato, non appena sarà possibile, in antenna.

Riferimenti

[1]: “Effetti della finestra da vuoto in Styrodur per ricevitori da fuoco secondario”

Arcetri Technical Report N° 4/2011 - L. Carbonaro, L. Cresci, R. Nesti, D. Panella

[2]: “A study of materials for a broadband millimeter-wave quasi-optical vacuum window”

MMA MEMORANDUM # 90 - A. R. Kerr, N. J. Bailey, D. E. Boyd, and N. Horner - August 21, 1992

Appendice A

Setup Anritsu MS2830A:

Misura con Carico Freddo

Input RF attenuator: 0 dB/10dB/20dB	Internal LNA: OFF/ON
Resolution BW: 10 MHz	Video BW (tau): 10Hz
Fstart: 1GHz	Fstop: 18GHz
Trace points: 1001	scan time. 101 s
Sweep Time: FAST/NORMAL	SPAN: SPURIOUS/NORMAL
SCALE: 0.2dB/DIV	SCALE: 12/10 /DIV
TRACE: POSITIVE/POS- NEG/NEG	SYS CONF: LANG: NATIVE/SCPI

Misura per Bande Passanti:

Input RF attenuator: 0 dB/ 10dB, 20dB	Internal LNA: ON/OFF
Resolution BW: 3 MHz	Video BW (tau): 3 MHz
Fstart: 0GHz	Fstop: 20GHz
Trace points: 1001	scan time. 67 ms
Sweep Time: NORMAL/FAST	SPAN: SPURIOUS/NORMAL
SCALE: 5dB/DIV	SCALE: 12/10 /DIV
TRACE: POSITIVE/POS- NEG/NEG	SYS CONF: LANG: NATIVE/SCPI