



**Specifiche tecniche e linee guida relative alla realizzazione e di  
fornitura di un sistema ricevente per AAVS1**

**CAPITOLATO TECNICO D'APPALTO**

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	4
2	INTRODUZIONE AL PROGETTO SKA-LFAA E AAVS1 .....	4
3	DESCRIZIONE DEL SISTEMA RICEVITORE .....	5
4	SCOPO DELL' ATTIVITA' .....	6
5	REQUISITI CATENE DI RICEZIONE a 25°C (se non diversamente specificato) .....	7
6	DIMENSIONI MECCANICHE E INTERFACCE MODULO FE .....	9
7	DIMENSIONI MECCANICHE E INTERFACCE DELL' ASSIEME PREADU .....	10
8	CONFIGURAZIONE DEI REGISTRI .....	12
9	NUMERAZIONE, ETICHETTE E LOGO .....	12
10	SPECIFICHE TEST DI FUNZIONALITA' .....	13
11	CONSEGNE.....	13
12	CRITERI DI ACCETTAZIONE .....	14
13	ALLEGATI .....	15

## **LISTA DELLE FIGURE**

FIGURA 1 RAPPRESENTAZIONE DI SKA-LOW (SINISTRA) E AAVS1 (DESTRA).....	4
FIGURA 2: SCHEMA CONCETTUALE DELL'ARCHITETTURA DEL RICEVITORE A DOPPIA POLARIZZAZIONE DI AAVS1 .....	5
FIGURA 3: DIMENSIONI ED INTERFACCE MODULO FE .....	9
FIGURA 4: DIMENSIONE SCHEDA PREADU, POSIZIONE E TIPO CONNETTORI.....	10
FIGURA 5: PIEDINATURA CONNETTORI RF (SINISTRA) E CONTROLLO/ALIMENTAZIONE (DESTRA).....	11
FIGURA 7: LOGO INAF DA APPORTARE SU OGNI SCATOLA METALLICA .....	13

## 1 PREMESSA

L'Istituto Nazionale di Astrofisica intende individuare un'azienda a cui appaltare il disegno e la produzione di un sistema ricevente per un array a bassa frequenza per un sistema denominato Aperture Array Verification System 1 (AAVS1) per il progetto SKA.

Nel presente documento sono elencati i vari requisiti del sistema ricevente alla quale bisognerà fare riferimento per la produzione dei vari moduli e schede descritti nel bando.

## 2 INTRODUZIONE AL PROGETTO SKA-LFAA E AAVS1

Lo Square Kilometre Array (SKA) è un progetto internazionale il cui scopo è la costruzione di un radiotelescopio che sarà cento volte più sensibile rispetto a quelli attualmente esistenti. SKA consentirà ai radioastronomi di osservare il cielo radio tramite uno strumento rivoluzionario formato da diverse sottostazioni distribuite su di un'area di tremila chilometri di diametro ripartita tra l'Australia e l'Africa.

LFAA (Low Frequency Aperture Array) rappresenta uno degli elementi di SKA-low. La configurazione base è rappresentata da circa 512 stazioni dislocate nell'outback australiano vicino a Perth, ciascuna delle quali è composta da un sparse array di 248 antenne a bassa frequenza in doppia polarizzazione, operanti fra 50 e 650 MHz.

I segnali ricevuti dalle circa 126.000 antenne saranno convogliato presso una struttura chiamata CPF (Central Processing Facility) tramite collegamenti analogici in fibra ottica.

AAVS1 è un prototipo ingegneristico di LFAA che sarà costituito da circa 400 antenne suddivise in 4 stazioni, una principale da 256 elementi e tre secondarie da 48 elementi, distanti circa 6Km dal sistema di acquisizione.

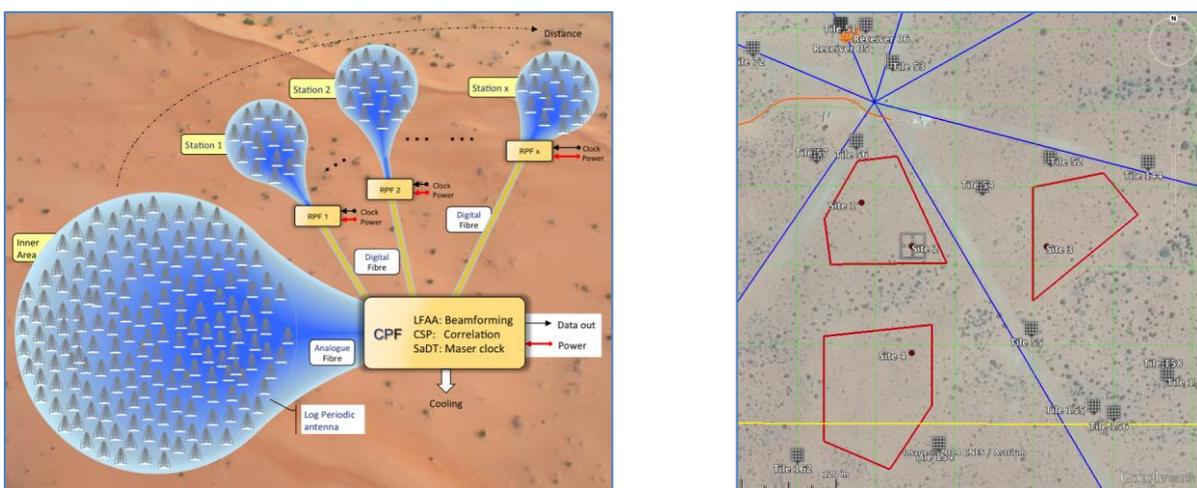


Figura 1 Rappresentazione di SKA-low (sinistra) e AAVS1 (destra)

### 3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA RICEVITORE

Il sistema ricevente di AAVS1 ha il compito di prelevare i segnali delle antenne in doppia polarizzazione ed inviarli, correttamente amplificati e filtrati, al sistema di acquisizione. Il ricevitore di ogni antenna è quindi composto da due singole catene RF, una per ogni polarizzazione. Esso è suddiviso da due elementi principali fisicamente distinti e collegati mediante fibre ottiche monomodali (G652D).

Il primo elemento, denominato Front End (FE), è installato all'interno dell'antenna ed è collegato alle uscite di due LNA (Low Noise Amplifier, non oggetto del bando). Per la trasmissione su fibra ottica, il FE integra un doppio trasmettitore ottico (OTX-WDM) che invia i segnali RF analogici di entrambe le polarizzazioni fino a 10 Km di distanza su un'unica fibra ottica monomodale mediante tecnica WDM (Wavelength Division Multiplex). Il modulo FE ospita inoltre tutta l'elettronica necessaria a condizionare i segnali RF prima della conversione ottica (filtri passa alto e pre-amplificazione) per entrambe le polarizzazioni ricevute dagli LNA. Parallelamente il FE deve fornire l'alimentazione agli LNA tramite i cavi coassiali da cui riceve i segnali RF.

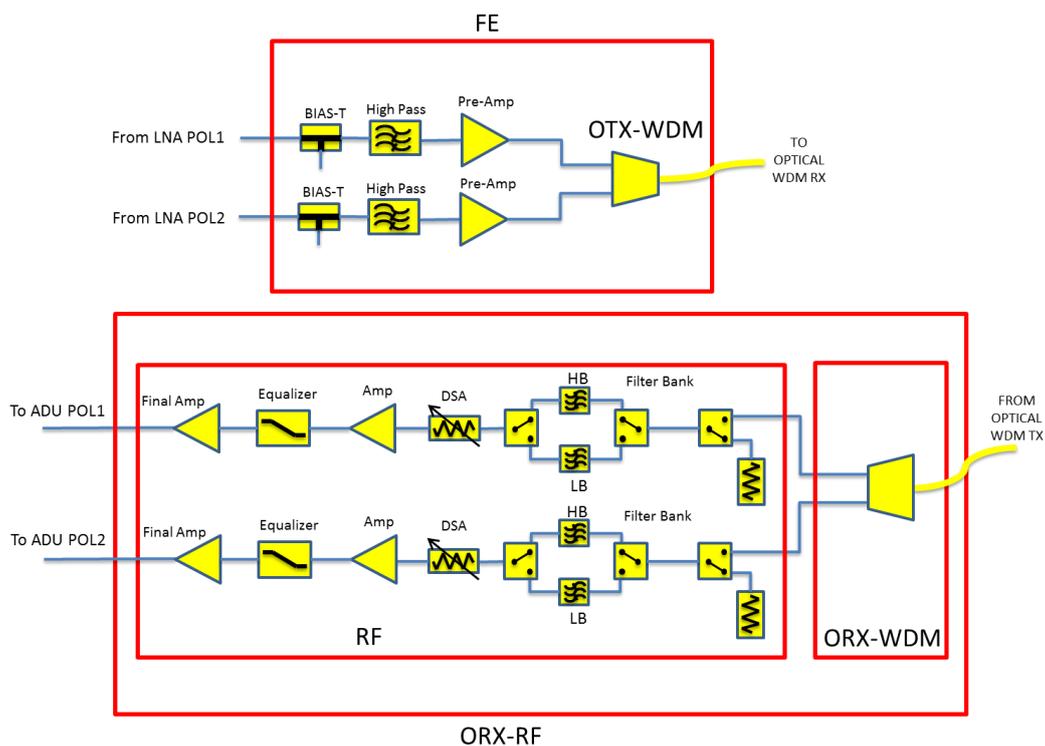


Figura 2: Schema concettuale dell'architettura del ricevitore a doppia polarizzazione di AAVS1

All'interno del CPF, in un rack in un locale protetto, risiede la seconda parte del ricevitore, denominato ORX-RF, le cui funzioni sono di riconvertire, mediante ricevitore ottico ORX-WDM, il segnale ottico delle due lunghezze d'onda nei corrispondenti segnali RF delle due polarizzazioni di antenna per poi ulteriormente amplificarli e condizionarli (filtraggio e regolazione d'ampiezza) mediante due distinte catene di ricezione RF.

Ogni singola catene RF inclusa dell'ORX-RF deve includere un controllo digitale per i seguenti dispositivi:

- switch di isolamento catena (chiude su 50 Ohm l'uscita dell'ORX-WDM e l'ingresso della parte RF);
- banco selezionabile composto di due filtri: 0-375MHz (LB) e 375MHz-650MHz (HB);
- DSA (Digital Step Attenuator) 0-31dB, passo 1dB.

L'insieme di 8 ORX-RF (corrispondente a 8+8 catene di ricezione in doppia polarizzazione) viene definito PREADU (PRE-Analogue to Digital Unit).

#### **4 SCOPO DELL'ATTIVITA'**

INAF sta cercando un'azienda che si occupi, partendo da specifiche elettriche e meccaniche di seguito definite, del progetto e della produzione delle schede del sistema ricevente oggetto del bando, suddiviso nelle due parti principali: moduli FE e PREADU. Aspetti critici come: basso costo, basso consumo, alta affidabilità e facilità di test/manutenzione/sostituzione delle parti dovranno essere considerati nell'attività di design. Un altro aspetto essenziale, che non dovrà essere trascurato, sarà la produzione della relativa documentazione di corredo alla produzione (manuali d'uso, report di collaudo funzionale, documentazione di produzione).

Il progetto completo della catena RF, a valle di ogni ORX, sarà di proprietà INAF. Questo comprende tutti i disegni meccanici ed elettrici (schematici, lista componenti e file gerber per la produzione dei relativi circuiti stampati).

INAF richiede il progetto e la produzione di:

1. 520 moduli FE
2. 65 assiemi PREADU

INAF richiede tutti i deliverables con le modalità previste nel capitolo "consegne".

Nei paragrafi successivi si riportano le specifiche elettriche, ottiche, RF e meccaniche richieste.

## 5 REQUISITI CATENE DI RICEZIONE a 25°C (se non diversamente specificato)

Alimentazione	Valore	Note / Condizioni
Vin FE	3.5-5VDC	L'alimentazione avviene mediante una tensione continua non regolata compresa tra 3.5 e 5V tramite una coppia di conduttori in rame AWG18 Ogni modulo FE deve integrare un proprio LDO
Consumo FE	<750mW	A 50°C con Vin FE=3.5V e senza gli LNA collegati ed alimentati
Vin ORX+RF	3.5VDC	Ogni singola catena di ricezione nei moduli ORX-RF deve integrare un proprio LDO
Consumo ORX-RF	<1300mW	
Alimentazione LNA	3.5-5VDC >150mA	Il FE deve replicare la sua tensione di alimentazione (Vin FE) su entrambi i connettori coassiali RF di ingresso mediante appositi bias-tee Ogni bias-tee deve essere in grado di sostenere una corrente continua di 150mA

Lunghezze d'onda WDM	Valori	Note / Condizioni
RF1 / RF2	1270nm / 1330nm	

Specifiche RF	Valori	Note
Banda RF complessiva	50-650MHz	
Flatness	+/-1.5dB	Misurata separatamente nelle due sotto-bande: LB (50-375MHz) e HB (375-650MHz)
Reiezione filtro passa alto	≥45dB	Freq ≤20MHz, +/-5MHz Il filtro passa alto deve essere previsto nel modulo FE
Reiezione filtro LB	≥45dB	Freq ≥ 450MHz (+/-5MHz) Il filtro LB deve essere previsto nel modulo ORX-RF
Reiezione filtro HB	≥45dB	Freq ≤ 325MHz & Freq ≥ 750MHz (+/-5MHz) Il filtro HB deve essere previsto nel modulo ORX-RF

Guadagno	Min 54dB Tip 60dB Max 66dB	Freq=100MHz FE collegato direttamente al modulo ORX-RF DSA impostato al minimo livello di attenuazione
IRL	>12dB	Misurato agli ingressi del FE Banda 50-650MHz
ORL	>12dB	Misurato alle uscite del modulo ORX-RF Misurato separatamente nelle bande LB e HB
NF	<16dB	Misurato separatamente nelle bande LB e HB FE collegato direttamente al modulo ORX-RF DSA impostato al minimo livello di attenuazione
Isolamento canali RF	>30dB	Definito come la differenza tra i guadagni misurati alle due uscite del modulo ORX-RF con lo stesso ingresso del FE Misurato su entrambe le bande LB e HB DSA impostato al minimo livello di attenuazione
OP1dB	>+17dBm	Freq=100MHz FE collegato direttamente al modulo ORX-RF DSA impostato al minimo livello di attenuazione
OIP3	>+18dBm	Freq=100MHz FE collegato direttamente al modulo ORX-RF DSA impostato al minimo livello di attenuazione
OIP2	>+38dBm	Freq=100MHz FE collegato direttamente al modulo ORX-RF DSA impostato al minimo livello di attenuazione

Specifiche ambientali di lavoro	Valore	Note
Intervallo temperatura FE	-10 ÷ +50 °C	
Intervallo temperatura ORX-RF	+15 ÷ +30 °C	

## 6 DIMENSIONI MECCANICHE E INTERFACCE MODULO FE

In Figura 3 si riportano le dimensioni meccaniche del modulo FE con le alette di fissaggio nonché il supporto di aggancio per un cavo ibrido rame/fibra ottica (non oggetto del bando).

Oltre i requisiti elettrici, deducibili dalle tabelle della sezione 5, le caratteristiche aggiuntive che deve avere il modulo FE sono le seguenti:

- Pigtail in fibra ottica monomodale G652D con buffer di 900um di lunghezza minima pari a 26m intestato con connettore LC/APC;
- Alimentazione mediante due fili in rame AWG18 di almeno 10 cm con guaina isolante di colore rosso per il positivo e di colore nero per la massa;
- Il pigtail ottico e i conduttori per l'alimentazione devono arrivare al FE dal lato opposto a quello dei connettori RF, come mostrato in Figura 3;
- Il modulo deve essere racchiuso in una scatola metallica per schermatura RF ed EMI;
- I connettori RF di tipo MCX-F devono essere disposti come in Figura 3.

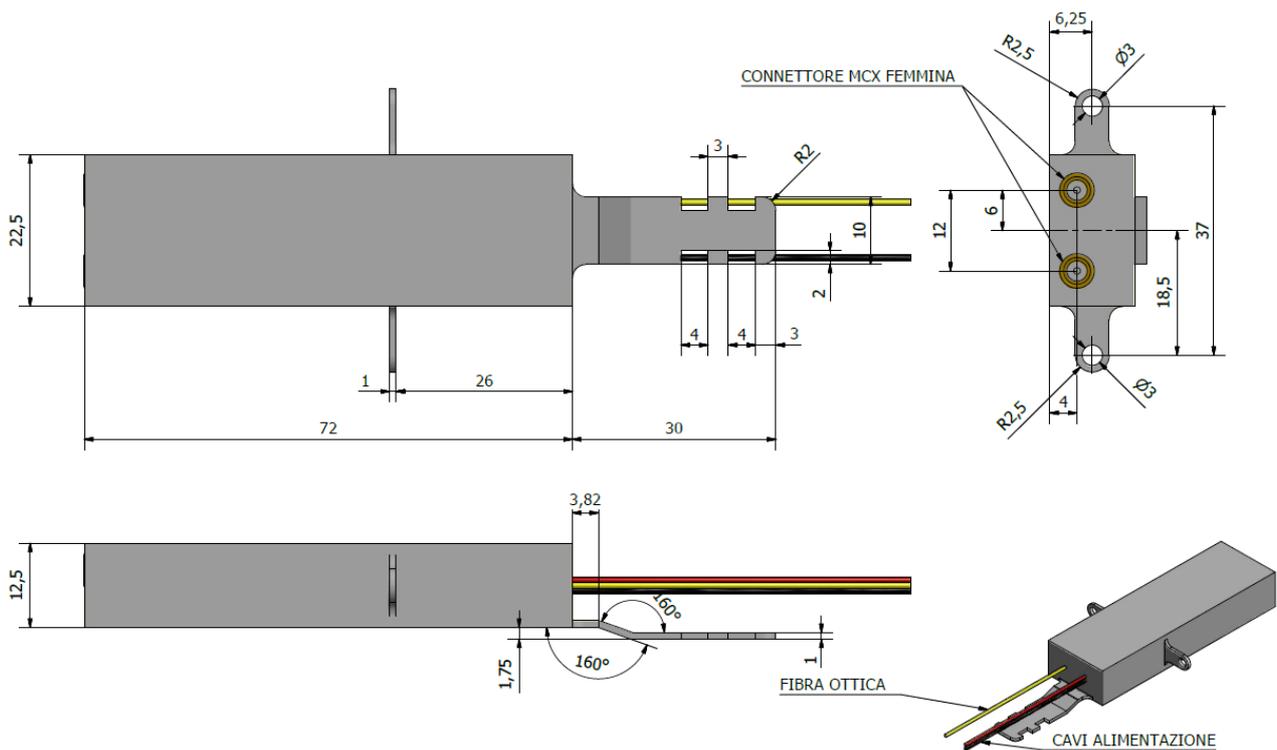


Figura 3: Dimensioni ed interfacce modulo FE

## 7 DIMENSIONI MECCANICHE E INTERFACCE DELL'ASSIEME PREADU

In Figura 4 sono riportate le dimensioni dell'assieme PREADU nel cui lato TOP si devono montare i moduli ORX-RF.

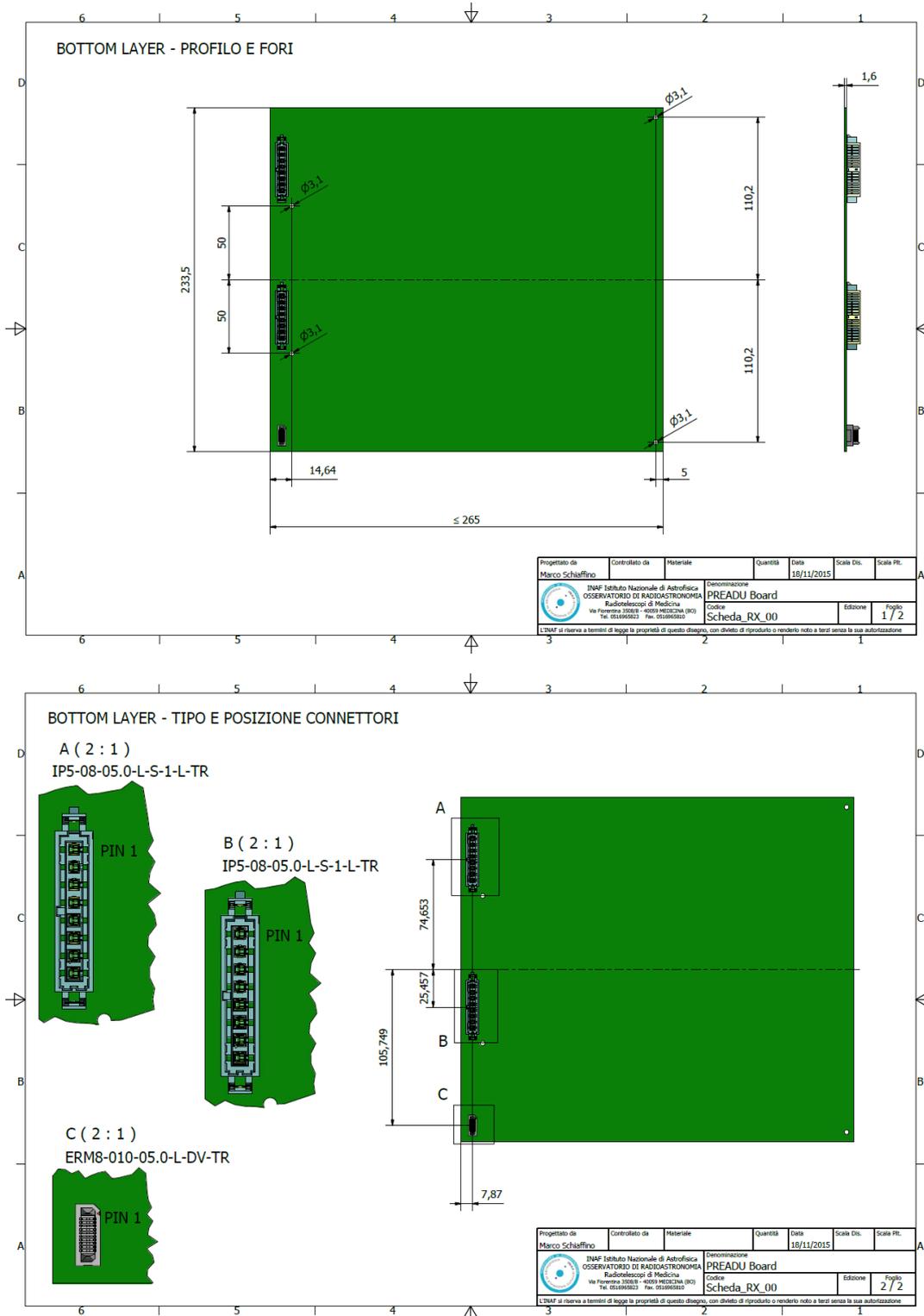


Figura 4: Dimensione scheda PREADU, posizione e tipo connettori

Oltre i requisiti elettrici, deducibili dalle tabelle della sezione 5, le caratteristiche aggiuntive che deve avere l'assieme PREADU sono riportate di seguito:

- Ogni PREADU deve poter installare 8 moduli ORX-RF;
- I moduli ORX-RF devono essere rimovibili e sostituibili facilmente;
- I moduli ORX-RF devono essere schermati dal punto di vista RF ed EMI;
- L'altezza massima dei componenti e degli schermi montati sul lato TOP della PREADU deve essere inferiore o uguale a 13mm;
- I moduli ORX-RF devono essere dotati di pigtail di lunghezza pari a 650mm in fibra ottica monomodale G652D con buffer di 900um, intestati con connettore LC/APC;
- I connettori RF di uscita della PREADU devono essere del tipo: SAMTEC ISORATE IP5-0805.0-L-S-1-L-TR;
- Il connettore per l'alimentazione e il controllo SPI della PREADU deve essere del tipo: SAMTEC ERM8-010-05.0-L-DV-TR.



**Figura 5: Piedinatura connettori RF (sinistra) e controllo/alimentazione (destra)**

## 8 CONFIGURAZIONE DEI REGISTRI

Una configurazione a “daisy chain” con registri, deve essere implementata nella PREADU per controllare i tre switch RF e l’attenuatore digitale. I registri sono programmati mediante un’interfaccia con protocollo seriale standard (SPI) tramite i segnali di controllo specificati in Figura 5. Sono necessari 16 x 8 colpi di clock per programmare tutti i registri all’interno della catena secondo lo schema descritto in Tabella 1.

0 (LSB)	1	2	3	4	5	6	7 (MSB)
Isolamento canale	Filter Bank	Filter Bank	DSA Bit # 1	DSA Bit # 2	DSA Bit # 3	DSA Bit # 4	DSA Bit # 5
0→ON 1→OFF	01→Low Band 10→High Band		1dB	2dB	4dB	8dB	16dB

**Tabella 1: Configurazione dei bit del registro per programmazione dispositivi per catena RF**

## 9 NUMERAZIONE, ETICHETTE E LOGO

Ogni modulo FE e ORX+RF dovrà essere marcato con identificativo seriale unico e ben riconoscibile così come dovranno essere identificati univocamente ingressi e uscite.

Su ogni modulo consegnato si richiede di apportare un’etichetta riportante la seguente numerazione e logo:

*Su ogni modulo FE:*

- Numerazione crescente: FE AAVS1 INAF 001÷520
- Ingressi: IN1, IN2
- Uscita: OF

*Su ogni modulo ORX+RF:*

- Numerazione crescente: ORX+RF AAVS1 INAF 001÷520
- Ingresso: OF
- Uscite: OUT1, OUT2

Il Logo da apportare su ogni etichetta è come da Figura 6.



**Figura 6: Logo INAF da apportare su ogni scatola metallica**

## **10 SPECIFICHE TEST DI FUNZIONALITA'**

Ogni modulo o dispositivo oggetto di questo bando deve essere consegnato ad INAF corredato da report di collaudo funzionale, eseguito dall'azienda aggiudicataria, che deve includere almeno le seguenti voci:

- Test elettrico: misura assorbimento di corrente a 3,5VDC per ogni modulo FE e per ogni ORX+RF a temperatura ambiente;
- Test RF: misure di guadagno e adattamento (ingresso e uscita) a temperatura ambiente per ogni canale alle frequenze 200MHz (LB selezionato) e 500MHz (HB selezionato) al massimo e minimo livello di attenuazione del DSA impostato tramite programmazione SPI.

Su richiesta, al personale INAF dovrà essere concessa la possibilità di assistere ai test di funzionalità condotti dall'azienda aggiudicataria.

## **11 CONSEGNE**

Il presente bando prevede la consegna in due fasi separate e successive: produzione campione e produzione completa.

Le due fasi vengono di seguito meglio descritte:

### Fase1: Produzione campione

- n° 40 moduli FE;
- n° 5 assiemi PREADU.

La produzione campione dovrà essere corredata dei seguenti elementi:

- Schemi circuitali, file gerber, lista componenti e materiali delle parti di proprietà INAF;
- Schermi RF montati;
- Report di collaudo come dettagliato nel paragrafo "Specifiche test di funzionalità".

La consegna della produzione campione deve avvenire entro 100 giorni solari decorrenti dalla data di stipula del contratto.

## Fase 2: Produzione

La produzione avverrà in due parti, ognuna pari al 50% del totale qui sotto riportato:

- n° 480 moduli FE;
- n° 60 assiemi PREADU.

La produzione dovrà essere corredata dei seguenti elementi:

- Schemi circuitali, file gerber, lista componenti e materiali delle parti di proprietà INAF (se aggiornati rispetto alla produzione campione);
- Schermi RF montati;
- Report di collaudo come dettagliato nel paragrafo “Specifiche test di funzionalità”;
- Report processo acquisto materiali inclusivo delle eventuali certificazioni per la tracciabilità dei componenti principali;
- Report processo di produzione, inclusivo delle eventuali certificazioni per la tracciabilità della lavorazione.

La consegna della prima parte di produzione, pari al 50%, deve avvenire entro 75 giorni solari decorrenti dalla data di ricevimento della comunicazione di accettazione e validazione della produzione campione. La consegna della seconda e ultima parte di produzione, dovrà avvenire entro 150 giorni solari decorrenti dalla data di ricevimento della comunicazione di accettazione e validazione della produzione campione.

## **12 CRITERI DI ACCETTAZIONE**

INAF effettuerà i test di qualifica e accettazione della produzione campione, e della successiva produzione, nei laboratori dell'azienda aggiudicatrice mediante propria strumentazione e personale INAF specializzato con valore di verifica di conformità propedeutica all'emissione delle rispettive fatture.

Se richiesto, ad un rappresentante dell'azienda aggiudicatrice, sarà data la possibilità di presenziare ai test di qualifica e accettazione.

INAF comunicherà l'accettazione della produzione campione e della successiva produzione all'azienda aggiudicatrice mediante lettera raccomandata A/R o PEC.

Per la produzione campione, in caso che uno o più requisiti specificati nelle sezioni 5, 6, 7 e 8 del presente capitolato non fossero rispettati, INAF si riserva di decidere con criterio esclusivo, tra le seguenti opzioni:

- A. Rifiutare la fornitura, restituendo la produzione campione e rescindendo in danno il contratto, con escussione della cauzione definitiva;
- B. Riconsegnare all'azienda appaltatrice la produzione campione, concedendogli ulteriori 30 giorni solari continuativi di tempo decorrenti dalla data del ricevimento della medesima, per effettuare le opportune modifiche e renderla conforme. Qualora, nonostante le modifiche effettuate, la

fornitura non fosse conforme alle prescrizioni tecniche, si procederà alla rescissione in danno del contratto, con escussione della cauzione definitiva;

- C. Qualora, per sopravvenute, o mutate, condizioni strategiche del progetto o per manifesta indisponibilità di componentistica nel mercato della qualità sufficiente a soddisfare i requisiti prescritti, il sistema ricevente fornito non fosse idoneo al raggiungimento degli obiettivi prefissi o fossero necessari nuovi requisiti più elevati, l'Ente si riserva la facoltà, pur accettando la produzione campione, di non proseguire nella seconda fase della fornitura e di pagare al prezzo offerto cadauno i 40 esemplari moduli FE e i 5 esemplari PREADU.

La comunicazione della mancata accettazione della produzione campione da parte di INAF e della conseguente azione intrapresa, A o B o C avverrà tempestivamente mediante raccomandata A/R o PEC.

Per quanto riguarda le due fasi della produzione, INAF si riserva di accettare e quindi pagare i soli moduli conformi alla produzione campione.

### **13 ALLEGATI**

*erm8-xxx-xx.x-dv-xxxx-footprint.pdf*

*erm8-xxx-xx.x-x-dv-xxxx-xx-mkt.pdf*

*erm8.pdf*

*erx8 mated document-mkt.pdf*

*Modulo\_FE.pdf*

*ip5-xx-xx.x-x-x-x-footprint.pdf*

*ip5-xx-xx.x-x-x-x-tr-mkt.pdf*

*ip5.pdf*

*Scheda\_PREADU.pdf*

Il supporto tecnico al RUP

Ing. Federico Perini

Firma autografa sostituita a mezzo  
stampa ai sensi dell'art. 3 comma 2  
del D.Lgs. n. 39/1993