



Specifiche tecniche e linee guida relative alla ‘Progettazione, realizzazione e fornitura di una scheda digitale ‘ADU Board’ per il ‘Low Frequency Aperture Array’ (LFAA) di SKA’.

CAPITOLATO TECNICO

1	Sommario	
2	Documenti di Riferimento e Applicabili.....	3
2.1	Documenti di Riferimento	3
3	Premessa	4
4	Scopo	4
5	Il Signal Processing Flow di SKA-LOW.....	6
6	L'unita' ITPM.....	7
6.1	Struttura a Blocchi.....	7
6.2	Specifiche di progetto.....	11
6.3	ADU ITPM 1.5 : lista dei component da utilizzare	12
6.4	Condizioni operative di funzionamento: sub-rack e Cabinet.....	12
6.4.1	Cabinet.....	12
6.4.2	ITPM 1.5 Sub-rack	14
7	Fornitura componenti.....	15
7.1	Generalità	15
7.2	Direttive per la fornitura	16
8	Specifiche di test e criteri di accettazione.....	16
8.1	Test Funzionali	16
9	Consegne.....	17

2 Documenti di Riferimento e Applicabili

2.1 Documenti di Riferimento

[RD1] SKA LFAA conceptual sub-rack design, SANITAS EG

[RD2] Leonardo Finmeccanica: TechnicalReport SKA LFAA Receiver.pdf

[RD3] Samtec Fly Over product specification, fqsfp.pdf, www.samtec.com

[RD4] G. Naldi et al. (2017), “The Digital Signal Processing Platform for the Low Frequency Aperture Array: Preliminary Results on the Data Acquisition Unit”, *Journal of Astronomical Instrumentation*, Volume 06, Issue 01, March 2017, doi: 10.1142/S2251171716410142.

3 Premessa

Il progetto all'interno del quale è inquadrato il lavoro oggetto di questo documento è frutto di un progetto congiunto prodotto da INAF insieme ad altri partners nell'ambito del progetto Square Kilometer Array (SKA), ed in particolare all'interno del consorzio Aperture Array Design Consortium (AADC); lo scopo del consorzio è stato quello di produrre e realizzare i disegni ed i prototipi per gli Aperture Array costituenti il futuro SKA.

La sinergia tra gruppi scientifici, progettisti e manufacturer italiani ha fatto grandi progressi all'interno del Consorzio AADC, rispondendo in maniera esaustiva e performante ai compiti che in esso si erano fissati, ed in particolare riguardo a quelli attinenti a questo bando:

- 1) La progettazione di una **Italian Tile Processor Module (ITPM)** board, ovvero una versione completamente realizzata in Italia, come primo stadio di catena di processing digitale componente l'Aperture Array.
- 2) L'ottimizzazione della ITPM in base alle specifiche tecniche corrispondenti ai driver scientifici assegnati ad AA di SKA, che ha portato, dal 2014 ad oggi alla produzione di 3 versioni sempre più performanti (ITPM 1.0, ITPM 1.1, ITPM 1.2) nonché al deployment della catena digitale dell'esperimento AAVS1 in Australia.
- 3) La progettazione dell'housing degli apparati digitali costituenti la strumentazione TPM che serve ogni stazione Aperture array di SKA.

La realizzazione della scheda digitale ADU Board, oggetto di questo capitolato, rappresenta una evoluzione del lavoro già svolto, ma anche una piccola rivoluzione sia nella architettura adottata nelle precedenti versioni, sia nella componentistica adottata, condotta allo scopo di adeguarsi alle specifiche del futuro SKA e di ottimizzare le fasi di deployment e quelle di produzione di massa.

4 Scopo

L'oggetto di questo documento di specifica è la realizzazione di una nuova versione della scheda digitale ADU che compone il Tile Processor Module (TPM) del telescopio a bassa frequenza di SKA, appunto il Low Frequency Aperture Array. Il funzionamento di un array di questo tipo presuppone la sintetizzazione di un beam, ovvero di un cono di ricezione del sistema di antenne, il quale può essere 'orientato elettricamente'; il puntamento del sistema 'aperture array' viene quindi realizzato applicando dei coefficienti di fase diversa ad ogni segnale che proviene da una singola antenna. E' questa la tecnica chiamata 'beamforming', la quale permette di orientare il puntamento di un sistema di antenne, ma anche aumentare la sensibilità di un sistema di ricezione di questo tipo, semplicemente aumentando il numero di antenne in maniera modulare.

La scheda TPM deve essere in grado di processare un determinato numero (32) di segnali analogici in banda 50-350 MHz provenienti da un gruppo di 16 antenne che costituiscono un 'tile' di SKA, ed in particolare realizzare operazioni come il campionamento analogico/digitale, il filtraggio polifase, la trasformata di Fourier complessa e la rotazione della matrice dei dati tempo frequenza (corner turner), l'indirizzamento dei dati di output sul canale di uscita.

I dati in uscita da ogni 'tile', composta quindi da 16 antenne per 32 polarizzazioni in tutto, saranno elaborati insieme ad altre 'tiles' da uno stadio di post-processing funzionalmente in cascata alle schede TPM ad esse relative, allo scopo di formare un unico beam per tutto l'array, sintetizzato seguendo una strategia ad albero. Nel caso di SKA, in particolare la fase 1, ogni beam sintetizzato è composto da segnali provenienti da circa 256 mila antenne. In [Figura 1](#) è possibile distinguere la Inner area di SKA Low, entro la quale i segnali viaggiano a radiofrequenza in fibra analogica, salvo essere digitalizzati in bunker e pronti per essere ivi processati dal correlatore di bassa frequenza. Esistono inoltre delle sottostazioni composte da un numero inferiore di antenne, i cui segnali vengono digitalizzati e processati in loco da gruppi di TPM siti in appositi bunker, i quali spediscono successivamente i dati digitalizzati su fibra ottica digitale direttamente ai gruppi di correlazione presenti nel bunker principale (Figura 1).

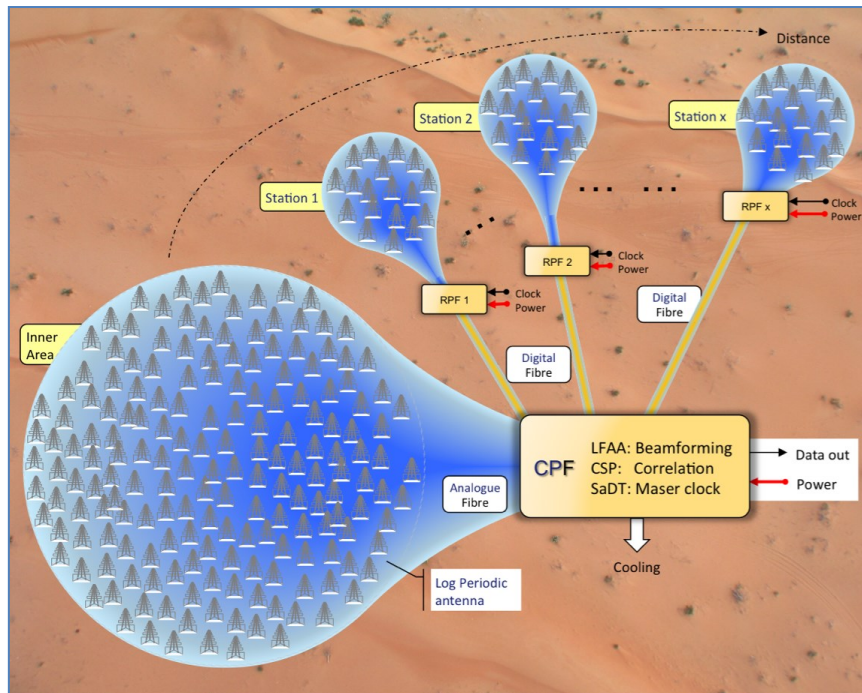


Figura 1: Architettura di SKA Low.

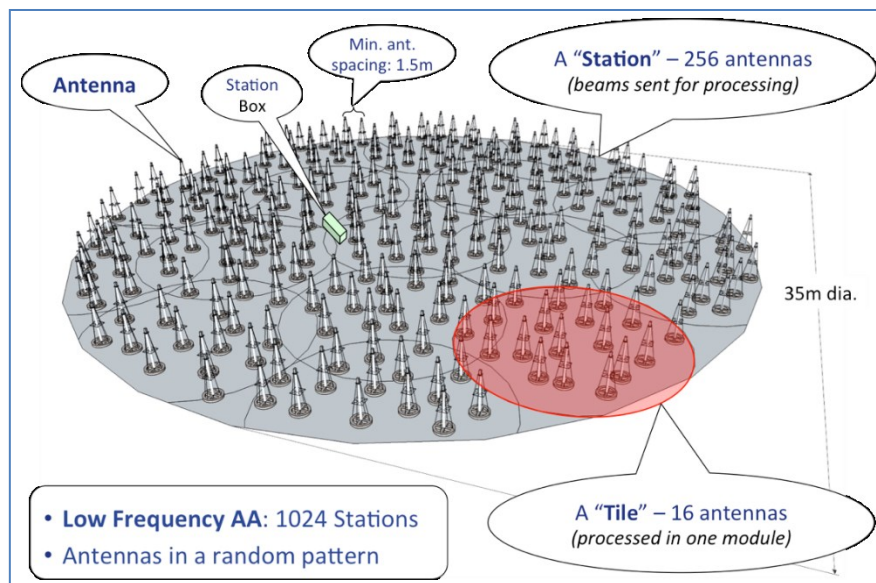


Figura 2: Definizione di Tile.

Le schede ITPM 1.5, saranno candidate ad essere il modello di riferimento per l'elettronica dell'Aperture Array di SKA, come naturale evoluzione delle precedenti versioni di ITPM 1.0 e 1.1, ma in particolare la versione ITPM 1.2; quest'ultima è stata impiegata nel test AAVS1 (aperture Array Verification System). Tale esperimento è stato condotto nel novembre 2017 al fine di ottenere una valutazione preliminare in campo (Australia) della soluzione sviluppata dal consorzio AADC riguardo ad un Array completo; esso è costituito da una stazione centrale, contenente 256 antenne

5 Il Signal Processing Flow di SKA-LOW

Come è possibile vedere in [Figura 3](#), il componente principale del flusso di Signal Processing è il modulo TPM, che funge essenzialmente da interfaccia tra il mondo analogico ed il flusso dati digitalizzato e processato che viene mandato in ingresso al correlatore.

Il segnale radioastronomico captato da una singola antenna, viene amplificato e filtrato da un module PRE-ADU (Analog Digital Unit) la cui uscita analogica è indirizzata verso il blocco di digitalizzazione rappresentato dalla scheda ADU. Prima di essere campionato, il segnale ancora analogico viene opportunamente condizionato all'interno della ADU, in modo tale da ottimizzare la dinamica del segnale analogico in funzione delle operazioni di campionamento, queste ultime realizzate da opportuni blocchi ADC le cui caratteristiche sono sviluppate più avanti. A valle del campionamento, da un punto di vista funzionale il processamento del segnale comporta una canalizzazione con filtraggio polifascio e conseguente FFT a N punti frequenza, quindi la formazione di un unico beam sintetizzato combinando i segnali delle 16 antenne in ingresso alla TPM. Quindi ogni beam sintetizzato viene riversato tramite tool di networking verso il correlatore che sintetizza il segnale di più tile con un meccanismo di selezione ad albero.

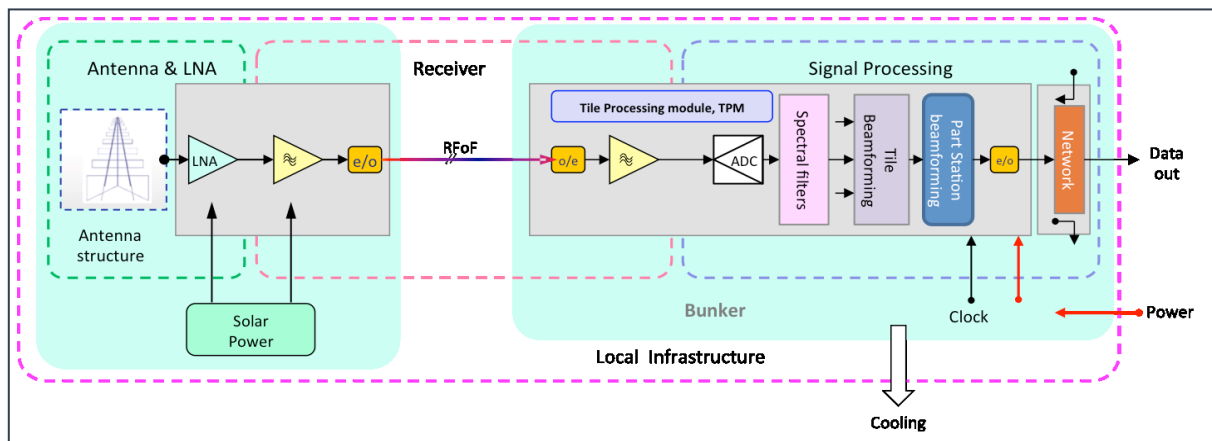


Figura 3: Signal path di SKA LOW.

In sintesi, le funzionalità dell'unità ITPM all'interno del flusso logico funzionale dell'intero sistema SKA-Low possono essere così riassunte:

- Convertire in elettrici i segnali ottici analogici in ingresso (PRE-ADU);
- Condizionare il segnale elettrico in ingresso, amplificandolo e applicando filtri passa banda al fine di ottimizzare la dinamica per la quantizzazione (PRE-ADU);
- Digitalizzare il segnale a 800 MS/s e indirizzarlo ai blocchi di processing (ADU);
- Elaborare il segnale digitale in FPGA (ADU);
- Indirizzare il segnale digitale processato come singolo 'Tile beam' al Digital Network (DN) (ADU);
- Comunicare con il DN per il controllo e monitoraggio del funzionamento (LMC- Local Monitoring and Control) (ADU).

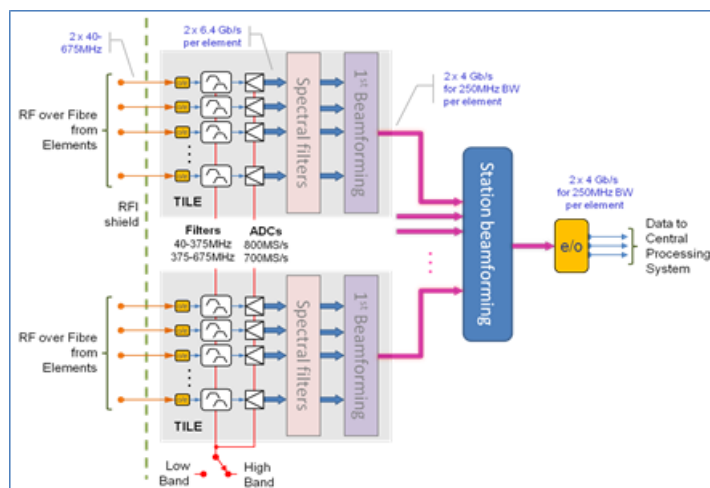


Figura 4: Schema di tile beamforming (ADU).

6 L'unita' ITPM

E' utile presentare una descrizione funzionale del sistema definito, al fine di inquadrare la struttura ed il funzionamento dei principali blocchi di cui un'unita' ITPM è costituita.

I componenti principali indicati nel presente documento sono tutti e soli quelli verificati/validati da INAF durante la fase di definizione e di prototipizzazione del sistema. Essi sono indicati nel Paragrafo 6.3.

6.1 Struttura a Blocchi

La scheda ADU e la scheda di interfaccia in fibra pre-ADU RFoF sono gli elementi di base dell'assieme ITPM. Entrambe le schede sono proposte come evoluzione del design AAVS1, con aggiornamento dei componenti e nuove specifiche meccaniche.

La nuova versione di ITPM è identificata come ITPM 1.5, da alloggiare in cabinet in un numero previsto che attualmente ammonta a 32 boards, come da requisito di LFAA, anche se resta valido l'obiettivo di aumentare il più possibile l'integrazione, mantenendo una soluzione affidabile ed economica.

È stato deciso di passare a una nuova classe di componenti sull'unita' ITPM, disponibile per la progettazione e la produzione con l'attuale timeline LFAA, anche al fine di ridurre il consumo energetico e la dissipazione del calore.

Gli FPGA passano dallo Xilinx Ultrascale a 20 nm ai dispositivi Ultrascale+ basati su 16 nm; l'ADC dall'AD9680 al dispositivo equivalente, AD9695 ottimizzato per la potenza; le memorie dalla DDR3 alla famiglia DDR4. È stato inoltre valutato che le funzioni di gestione di alto livello, relative a una CPU in grado di gestire un sistema operativo, possono essere eseguite in modo efficiente dalla scheda di gestione del sub-rack, ivi alloggiata, per cui la ITPM 1.5 ne vede la rimozione dall'ADU. Alcune complesse operazioni di management delle funzionalità della scheda vengono invece realizzate da una opportuna un'unità di microcontroller.

Grazie a questa evoluzione, l'unita' ITPM mantiene l'architettura originale, aumenta le prestazioni/risorse e può ridurre di circa il 20% la potenza assorbita. Ultimo ma non meno importante, è stato identificato un nuovo layout di connettori meccanici e di interfaccia ITPM 1.5 per soddisfare i requisiti del sub-rack e quindi ottenere la densità di progetto prevista.

La nuova architettura della ITPM risolve diversi problemi e consente una progettazione robusta per l'instradamento a livello di sub-rack, per l'interfaccia termica e quella meccanica.

Il design del sub-rack proposto al consorzio per LFAA consente di utilizzare elementi meccanici rack standard 6U per la struttura sub-rack, con uno sforzo di progettazione ridotto e conseguenti vantaggi economici.

Esso inoltre fornisce uno spazio all'interno della struttura sub-rack per un alimentatore: l'unità di alimentazione sarà collegata direttamente al backplane per distribuire la corrente a ITPM minimizzando le perdite dovute all'instradamento dei cavi.

Il layout preliminare di ITPM 1.5 è mostrato in Figura 5.

Esso mantiene il fattore di forma delle precedenti versioni, con modifiche minori, sebbene invece il modulo pre-ADU si evolva notevolmente rispetto a quello progettato per AAVS1. La scheda preliminare pre-ADU è stata definita dal progetto Leonardo Finmeccanica [RD2], ma ulteriori miglioramenti sono ancora in corso.

Entrambi i moduli ADU e pre-ADU sono proposti come PCB stand alone al fine di ridurre i costi di produzione; la scheda ADU richiede una struttura a 14 layer con migliaia di segnali molto vicini tra loro, contro PCB a 2-4 strati con densità ridotte e una sola alimentazione, che richiede la pre-ADU.

Nell'ADU, per ottenere l'impedenza e l'isolamento del segnale richiesti, è stata scelta una specifica struttura build-up del PCB, con un materiale dielettrico a bassa dispersione.

L'interfaccia Ethernet 40G deve essere disponibile dal pannello frontale del sub-rack; nell'ambito delle nuove specifiche meccaniche si è deciso di adottare prodotti Samtec Fly Over [RD3]. Queste nuove interfacce QSFP + (disponibili a partire dal 3Q 2017) hanno la capacità di prendere il segnale Ethernet 40G da un connettore PCB e di posizionare la presa QSFP + su un cavo con configurazione di montaggio a pannello.

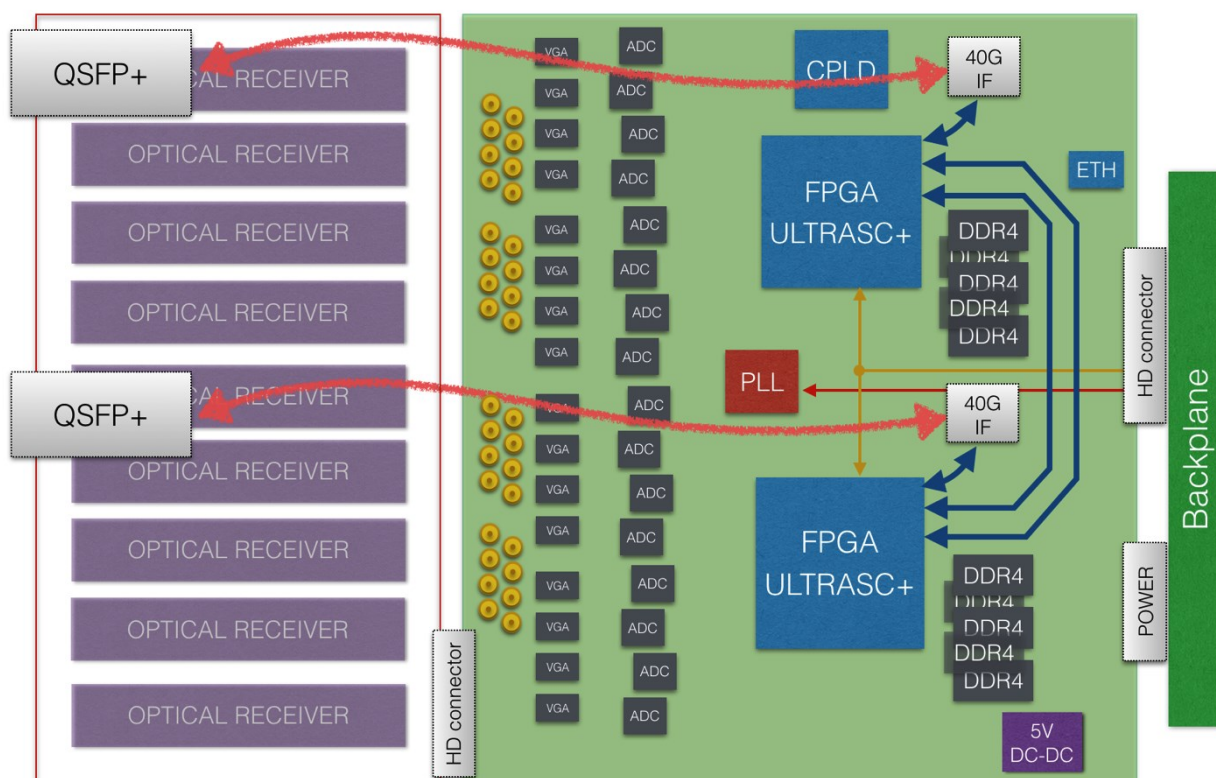


Figura 5: Diagramma funzionale a blocchi per l'unità ITPM.

I segnali 40G provengono dall'ADU vicino ai rispettivi pin FPGA con il connettore dedicato ai cavi di lunghezza selezionabile. Dall'altra parte del cavo, l'interfaccia meccanica 40G QSFP + può essere collocata su una scheda PCB separata, compatibile con le specifiche meccaniche del pannello anteriore richieste. Il relativo cavo verrà posizionato sul retro della scheda, al fine di ridurre al minimo le interferenze con i ricevitori ottici.

Escludendo i segnali dell'antenna dell'uscita analogica RF e l'Ethernet 40G, sono necessari solo alcuni segnali di controllo e alimentazione dal pre-ADU dall'ADU; l'interfaccia della scheda richiede un connettore da scheda a 14 pin standard. Le uscite analogiche RF, provenienti dai moduli ricevitori ottici, sono direttamente collegate agli ingressi VGA o ADC passivi con interfacce a cavo singolo e micro-SMA (opzionale per scopi di test). Tra il ricevitore ottico e il front-end analogico RF, sono disponibili punti di test RF accessibili per i test di produzione.

Riassumendo, le principali differenze tra la versione 1.5 e la versione attuale, 1.2, sono:

- L'interfaccia della scheda ADU e PRE-ADU viene aggiornata con una nuova interfaccia meccanica e un nuovo connettore RF coassiale per ciascun segnale;
- Gli ADC vengono aggiornati con il più recente AD9695, versione equivalente a potenza ridotta;
- La famiglia FPGA è aggiornata a quella più recente;
- La CPU e la sua periferica sono cambiate in un dispositivo più semplice;
- Il bus tra i due FPGA viene spostato sul link del ricetrasmittitore, velocità di trasferimento massima raddoppiata 2x o 4x;
- Ingresso RF connettore coassiale, soluzione ottimizzata e integrazione con i circuiti PRE-ADU;
- Le memorie DDR3L sono aggiornate alla DDR4 con diverse dimensioni e organizzazione di byte; da 10 dispositivi 2 Gbit con uscita a 16 bit a 16 dispositivi, 4/8 Gbit con uscita a 8 bit per una capacità totale di 8/16 GByte + 2 GByte per il controllo di parità;
- Le connessioni di gestione e alimentazione vengono aggiornate all'interfaccia del backplane;
- Aggiornamento nei sistemi di distribuzione di energia per nuove impostazioni di tensione e corrente della scheda;
- La dimensione totale dell'ITPM è aggiornata a 233 x 445 mm.

Infine, la seguente Tabella 1 riporta il budget di potenza stimato e richiesto dell'elemento ITPM dettagliato, passando da AAVS1 ITPM ADU 1.2 alla futura LFAA ITPM ADU 1.5 oggetto del bando. **La colonna per la versione 1.5 riporta i parametri di power budget da intendersi come specifiche di progetto, ovvero performance da raggiungere.**

Per le versioni ADU 1.5 sono considerate due opzioni tra cui una versione FPGA Low Power e un PLL aggiornato a bassa potenza.

Tabella 1. Power Budget per le diverse versioni ITPM.

Peripheral \ Board Release	R 1.2	R 1.5	R1.5 option
Digital IC			
CPLD, Eth, Flash, ...	3	2	
CPU	0,5	0	
FPGA, x2	55	52,0	40
DDR memories (*1)	3,4	5	
ANALOG (800 Mhz)			
PLL, CLKBuff, 10G PII	3,6	3,6	1,6
ADC	52,6	25,1	
VGA		7,128	
FRONT END	16,7	10,6	
Power distribution efficiency:			
Digital:	90,25%		
Analog (150 mV linear drop):	82,1%		
TOTAL DIGIT IC, Watt:	68,6	65,4	52,1
TOTAL ANALOG IC, Watt:	68,4	43,6	41,2
Front End	18,5	11,7	11,7
TOTAL Supply, Watt:	155,5	120,7	105,0

(* 1)

L'array di memoria cambia da DDR3L da 2 GB a DDR4 da 16 GB più grande, con la stessa velocità.

6.2 Specifiche di progetto

Per riassumere, la versione ITPM ADU 1.5 è considerata un upgrade delle precedenti versioni, nel senso che mira a tre obiettivi fondamentali:

- 1) Adeguarsi alle specifiche del sub-rack che sono state rilasciate in fase di progettazione dello stesso [RD1];
- 2) Seguire il trend di evoluzione tecnologica dei componenti, ed in particolare l'FPGA, al fine eventualmente di individuare il miglior componente da proporre per il disegno finale di SKA;
- 3) Ridurre l'assorbimento di potenza dell'ADU e di tutto il sub-rack nella sua totalità;
- 4) Aumentare le funzionalità della sezione digitale e ridurre i costi di produzione

A tal proposito, rispetto alle versioni precedenti, ed alla ITPM 1.2 in particolare, le principali differenze richieste sono:

- a) Aggiornamento dell'interfaccia meccanica della board e ri-connetturazione RF per ogni segnale in ingresso;
- b) Update dei componenti ADC con i nuovi AD9695;
- c) Update del componente FPGA;
- d) Semplificazione CPU;
- e) Rimozione del bus tra gli FPGA, spostato sui transceiver, 2x o 4x la massima velocità di trasferimento;
- f) Update delle memorie con DDR4 e conseguente riorganizzazione dello storage con 16 dispositivi da 4/8 Gbit ciascuno con 8 bit di output per una capacità totale di 16GByte + 2GByte di parity check;
- g) Update del board management e delle power connections sull'interfaccia del backplane.
- h) Update del sistema di distribuzione del power.

L'uso di amplificatori regolatori di guadagno, a sostituzione dei vecchi ADA 4961 deve essere abilitato o disabilitato mediante opzioni di montaggio, in sede di prototipazione.

6.3 ITPM ADU 1.5 : lista dei component da utilizzare

L'impiego dei componenti descritti in Tabella 2 è mandatorio.

Tabella 2 Lista dei componenti da utilizzare per la ITMP ADU 1.5

Description	Part Number	Number	Company
FPGAs (*1)	XCKU9P-1FFVE900E	2	Xilinx
DDR4 Memories	MT40A1G8WE-075E IT	16	Micron
ADC	AD9695	16	Analog Devices
VGA	ADL5205ACPZ	16	Analog Devices
PLL	AD9528BCPZ	1	Analog Devices
Clock buffer	ADCLK948BCPZ	4	Analog Devices
CPLD	LCMXO3LF-9400E	1	Lattice
MCU	ATSAM4S8CA-CU	1	Microchip
QSFP+ Fly over	FQSFP-01-10.0-L-PF-2	2	Samtec
<u>Backplane Interface</u>			
Power IN	UPT-04-01-01-L-RA-LC-TR	1	Samtec
Signals & Clock	QFS-016-01-SL-D-DP-RA	1	Samtec
<u>ADU Interface</u>			
Power & Digital Control	SFM-107-02-L-DH-TR	1	Samtec
RF single connector	Isorate	32	Samtec

6.4 Condizioni operative di funzionamento: sub-rack e Cabinet.

Le schede ITPM ADU 1.5 oggetto del presente bando verranno candidate ad essere la soluzione definitiva per il back-end digitale di LFAA di SKA. Il disegno di questa scheda non può prescindere da quello del sub-rack e del Cabinet che ospitano in modo modulare le schede di una LFAA Station. La progettazione del sub-rack e del Cabinet non è oggetto di questo bando, i documenti di progetto relativi a queste produzioni sono riservati ai partecipanti al Consorzio AADC; è utile quindi dare una descrizione di massima di entrambi i sistemi, per ulteriori dettagli è possibile accedere a documentazione specifica fornita da INAF nell'ambito di opportuni accordi di non divulgazione delle informazioni.

6.4.1 Cabinet.

Le catene analogiche per LFAA di SKA portano diverse migliaia di fibre ottiche alle centrale di elaborazione del core e alle stazioni remote di LFAA, ciascuna con due segnali ottici analogici provenienti dalle antenne installate nell'area desertica australiana.

Per acquisire ed elaborare tutti questi segnali verrà fornita un'infrastruttura speciale sia per il nucleo centrale di LFAA sia per le stazioni esterne. In ogni caso, un comune sistema di armadi (cabinet) per entrambe le posizioni ospiterà l'elettronica di acquisizione e le relative funzioni, richieste per la LFAA. Riassumendo i principali requisiti necessari per queste infrastrutture saranno:

- Le schede ITPM che sono l'elemento base, che ricevono 32 segnali in ingresso ciascuno con 16 ricevitori WDM, dimensioni standard di montaggio su rack 6U.
- 256 cabinet lato singolo contenenti 32 ITPM ciascuno (8200 ITPM totali)

- Rete di distribuzione del clock da una singola sorgente a ciascun armadio con segnali a 10 MHz e 1 PPS;
- Rete di controllo / dati con collegamenti a livello di cabinet 40G e 10G ottico / rame (QSFP +);
- Alimentazione trifase 360 V CA;
- Acqua a 8 ° C per il raffreddamento a liquido di ciascun armadio.
- Per il cabinet LFAA vengono proposti un design aggiornato con le nuove specifiche dell'unità ITPM 1.5 e una relativa soluzione compatta e integrata basata su sub-rack, per soddisfare tutti i requisiti LFAA. Il design del cabinet risultante è una struttura modulare con componenti specializzati in funzione, riassunti in Figura 6.

Sono presenti i seguenti elementi:

- Scambiatore di calore e circuito di raffreddamento liquido interno
- Un'unità di gestione del quadro elettrico
- Da quattro a sei sotto-rack contenenti 8 ITPM ciascuno, scheda di gestione e unità di alimentazione
- Switch Ethernet 40G
- Distributore AC Power.

I diversi sub-rack integreranno 8 unità ITPM ciascuno e tutte le funzioni di gestione locale, come alimentazione, clock ed Ethernet. Grazie alle funzioni e ai collegamenti assegnati al sub-rack, i collegamenti e il cablaggio del livello cabinet risultante sono semplificati. Inoltre questa architettura semplifica la dissipazione del calore e l'installazione / manutenzione. Il cabinet proposto utilizzerà il cablaggio standard e l'interfaccia meccanica per ottenere un design robusto e una buona testabilità: questo significa che ogni modulo cabinet può essere completamente testato come elemento indipendente.

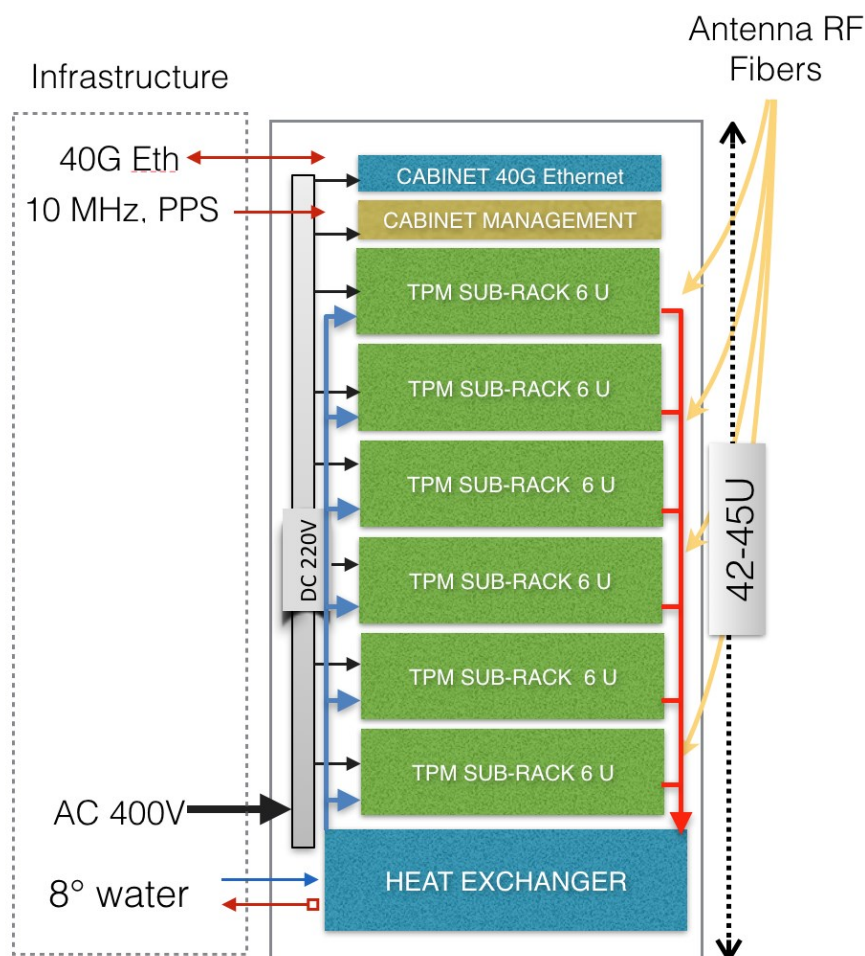


Figura 6: Diagramma funzionale a blocchi il Cabinet ITPM.

6.4.2 ITPM 1.5 Sub-rack

Il sistema sub-rack è la struttura di base richiesta per l'integrazione delle unità ITPM. Questo elemento fornirà tutte le funzioni degli accessori necessarie per un'operazione ITPM continua all'interno dell'armadio LFAA.

Il design del subrack proposto dovrebbe avere le seguenti specifiche generali:

- Formato standard 19", spaziatura verticale 6RU e profondità orizzontale 541mm
- Interfaccia liquido con circa 10 lt / min ad una temperatura massima di circa 20 ° C (TBC, oltre la temperatura di condensazione), dalla parte posteriore del cabinet
- Ingresso alimentazione CA con almeno 1,2 kW (220 V o 360 V)
- Un riferimento e orologi PPS
- Una gigabit Ethernet in rame per l'interfaccia di gestione
- 16x8 RFoF per gli ingressi analogici di ITPM
- 8 interfacce Ethernet 40G per i dati ITPM.

Al fine di semplificare il cablaggio e il design del rack, il piano è quello di fornire all'ITPM tutti i servizi che possono essere spostati dal pannello frontale al lato opposto, con un backplane. Il design del backplane non è critico, in termini di densità di connessione e velocità del segnale.

Ciascun sub-rack deve fornire le seguenti funzioni:

- Supporto meccanico per 8 unità ITPM
- Backplane da distribuire a ITPM Power, gestione Gigabit Ethernet, clock a 10 MHz e PPS
- Supporta il raffreddamento a livello di sub-rack (aria e liquido) per l'ITPM e le schede di gestione
- Monitorare ogni scheda di corrente assorbita
- Capacità di accensione / spegnimento di ciascuna unità ITPM (hot-swap se possibile)
- CPU con SO Linux per gestire operazioni di alto livello
- Due gestioni gigabit Ethernet
- Alimentazione 220V AC (TBC)
- Facile accesso alle interfacce ottiche: i connettori LC RFoF sono collegati sul pannello frontale.
- Facile accesso al cavo QSFP Ethernet 40G: la gabbia QSFP è collegata al pannello frontale.

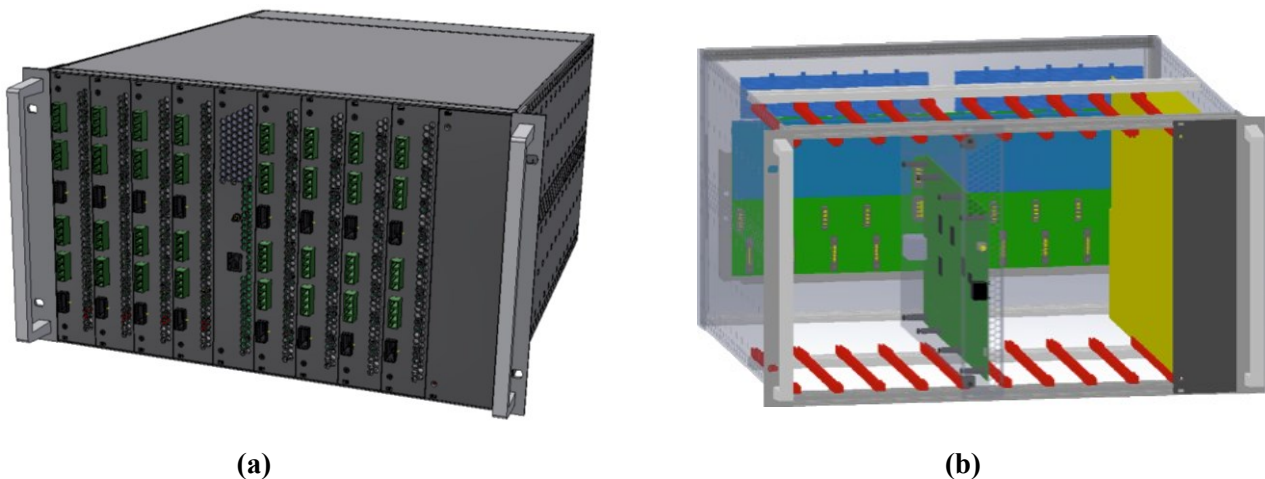


Figura 7: Vista frontale esterna (a) ed interna (b) del sub-rack ITPM 1.5.

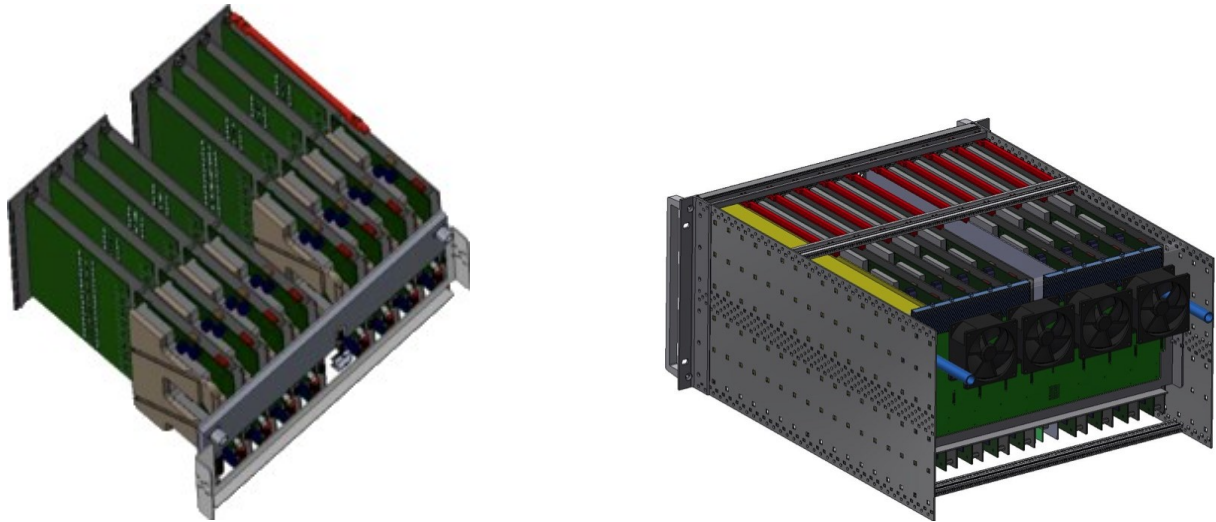


Figura 8: Housing e raffreddamento ad 8 unita' ITPM.

La soluzione proposta è uno chassis standard 6U con un backplane personalizzato, una scheda di gestione posizionata all'interno degli ITPM, un'unità di alimentazione su un lato e un sistema a piastra fredda a base liquida.

La scheda di gestione è posizionata al centro del rack secondario e implementa tutte le funzioni richieste necessarie all'ITPM per funzionare, incluso il controllo dell'alimentazione, la distribuzione dei segnali di clock e la connessione Gigabit. La gestione può essere interfacciata remotamente con un'applicazione di controllo per eseguire operazioni a livello di cabinet, come la configurazione e il monitoraggio di ITPM. Il concetto di sub-rack incorpora un design meccanico e termico, costruito attorno alle specifiche del nuovo ITPM 1.5.

La progettazione termica è stata sviluppata con le seguenti specifiche termiche:

- ogni ITPM assorbe 120W
- Le componenti FPGA, ADC e VGA devono essere raffreddate direttamente sul liquido con una temperatura di giunzione inferiore a 65 ° C per mantenere l'efficienza ottimale
- La circolazione dell'aria sarà forzata dal pannello anteriore alla parte posteriore con quattro ventole che funzionano in estrazione
- L'aria all'interno della sottostruttura deve essere mantenuta al di sotto dei 40 ° C, nel peggiore dei casi.

Circa il 75-80% del calore dissipato sarà trasferito direttamente al circuito del liquido. Ogni ITPM trasferirà all'aria in circolazione circa 20W.

7 Fornitura componenti

7.1 Generalità

La scheda ITPM ADU 1.5 è un sistema complesso dal punto di vista funzionale, ma lo è ancor di più da un punto di vista strutturale considerato l'alto numero di componenti presenti, di diversa tipologia. Si va da componentistica a radiofrequenza, fino a chip ad alta complessità, come FPGA o convertitori analogico digitale, a dispositivi con alta frequenza di accesso come le memorie DDR. I requisiti funzionali dipendono fortemente dalla qualità dei componenti scelti per la realizzazione della scheda; essa deve avere una ottima affidabilità in termini di durata, operatività e failure rate, presentare una bassa sensibilità alle variazioni ambientali o operative, e richiedere un numero minimo di interventi di manutenzione.

Negli ultimi anni, in corrispondenza della crisi economica mondiale, il livello di competitività sempre maggiore ed una corsa al prezzo più basso, ha portato ad un peggioramento della qualità dei componenti elettronici, quindi sempre più in calo in proporzione al prezzo d'acquisto del prodotto. Problemi aggiuntivi nascono sia per produttori che per progettisti, nel caso di acquisto di componentistica contraffatta, dalla quale eventualità comunque è possibile difendersi prendendo determinati accorgimenti.

7.2 Direttive per la fornitura

Alla luce di quanto esposto, è necessario porre una grande attenzione sul piano della fornitura dei componenti, sia da un punto di vista della ditta appaltatrice che da un punto di vista della committenza e delle facoltà di controllo che essa può esercitare. Le linee guida nascono dall'esigenza di garantire sul piano sostanziale il più alto livello di affidabilità possibile per la scheda in oggetto. Esse possono essere riassunte come di seguito:

- a) I componenti da utilizzare nell'ambito del progetto devono essere di ottima qualità, perfettamente funzionanti e corredati da certificazione opportuna comprovante l'originalità e la tracciabilità. La ditta appaltatrice è considerata responsabile per eventuale uso di materiali non conformi a queste direttive o sprovvisti di opportuna documentazione.
- b) I componenti da utilizzare nell'ambito del progetto devono essere identici per tipo, modello, codici e fattura a quelli utilizzati nel progetto e descritti nel paragrafo , 'Lista dei Componenti'. Eventuali variazioni per qualsiasi componente devono essere concordate con la Committenza mediante opportuni Request for Change Proposal (RFCP) riportando le motivazioni opportune e tutta la documentazione accessoria relativa ai dispositivi sostitutivi. Tali variazioni devono passare al vaglio della Committenza ed approvate da questa.
- c) E' mandatoria la fornitura di componenti direttamente dalle case costruttrici. INAF ha concordato con alcune di esse, ed in particolare Analog Devices and Xilinx, prezzi speciali negoziati per applicazioni esclusive riferite nell'ambito dello Square Kilometer Array (SKA), quale è proprio la scheda ADU. Le aziende che intendono partecipare al bando devono farne esplicita richiesta a INAF, che autorizzerà l'accesso al prezzo negoziato. L'accesso a tali prezzi, autorizzato da INAF per ogni esplicito richiedente, è valido solo per la produzione delle schede ADU nell'ambito del presente capitolato.
- d) INAF può richiedere a campione qualsiasi tipo di dispositivo, in qualsiasi quantità, per accertarsi del relativo corretto funzionamento, oltre che far valere la possibilità di accedere alla documentazione corredata a ciascuna fornitura di materiale elettronico.
- e) Le informazioni commerciali saranno da ritenersi confidenziali e potranno essere utilizzate solo per le valutazioni delle componenti di costo del presente bando.

8 Specifiche di test e criteri di accettazione

Le schede ADU devono essere consegnate pienamente funzionanti.

Ogni scheda consegnata dovrà essere marcata con identificativo unico e leggibile da operatore.

Ogni scheda deve essere consegnata con il relativo report di collaudo che deve includere tutti i risultati dei test previsti.

8.1 Test Funzionali

I controlli si sviluppano sui seguenti livelli:

1. Test elettrico: impedenza di ingresso; valori tensioni interne, valore RMS e picco picco ($\pm 5\%$ su tensioni digitali bassa velocità e ingresso 5V, $\pm 3\%$ su digitali alta velocità e analogiche), assorbimenti scheda accesa non programmata, assorbimento in programmazione scheda e scheda programmata.

2. Funzionalità di gestione della scheda: caricamento e aggiornamento firmware; monitoraggio tensioni, assorbimento interno e temperature; funzionalità JTAG per FPGA; accesso in lettura/scrittura dei registri di configurazione di tutti i dispositivi con interfaccia bus; controllo funzionalità processore e delle relative memorie, invio/ricezione pacchetti di verifica.

9 Consegne

La presente fornitura prevede le seguenti consegne:

WP1 Progettazione e design della ITPM ADU 1.5 Board in base alle specifiche presenti nei documenti di riferimento;

WP 2 Prototipizzazione 1;

- n° 1 prototipi delle schede ITPM ADU 1.5, da consegnarsi presso la sede INAF-IAFS MILANO.

WP 3 Prototipazione 2;

- n° 1 prototipi delle schede ITPM ADU 1.5, da consegnarsi presso la sede INAF-IAFS Milano.

I prototipi dovranno essere corredati dei seguenti elementi (da consegnare alla fine del WP3):

- Manuale d'uso, indicante dettaglio architettura di scheda, lista componenti principali, struttura dei bus interni, specifiche operative, pin-out dei componenti programmabili e dei connettori di debug, matrici di connessione dei bus, le procedure di accensione, programmazione ed esecuzione dei test, caratteristiche elettriche statiche a scheda spenta e nelle condizioni di test. Il testo deve essere in lingua inglese.
- Script per eseguire le funzioni di programmazione della scheda
- Firmware per le funzionalità di base del dispositivo CPLD
- Firmware per le funzionalità di base dei dispositivi FPGA, comprendente interfaccia a bus di management e accesso a system monitor, integrato in FPGA.
- Report di signal integrity per tutti i bus presenti su scheda
- Tutti i data-sheet dei componenti programmabili presenti
- Le schede dovranno essere corredate dei seguenti elementi:
 - Cablaggi accessori per eventuali rimandi di connettori interni a pannello

La produzione deve inoltre includere:

Report processo acquisto materiali inclusivo delle eventuali certificazioni per la tracciabilità dei componenti principali.

Tabella 3. Riassunto dei requisiti tecnici per la ITMP ADU 1.5

NReq	Requisito	Valore	Ver.	Commenti
001	Dimensioni	6U	TEST	La scheda ADU deve essere alloggiabile in rack e rispettare il disegno meccanico in ALLEGATO 3
002	Tensione di alimentazione.	12V-24V	TEST	La tensione di lavoro deve essere tra 12V e 24V
003	La connessione dati	QSFP+ 40 GETH, 2x	TEST	Garantita la connettività con switches Ethernet, devono essere accessibili a pannello
004	LED di stato	4	Ispez.	Devono essere visibili dal lato scheda a pannello
005	Alimentazione di scheda	IPL1-102-01-L-D-RA-K	TEST	Deve essere accessibile a pannello con connettore
006	Input clock	10 Mhz	TEST	Deve essere accessibile a pannello con connettore SMA
007	Input Pulse per Second	1 pps	TEST	Deve essere accessibile a pannello con connettore SMA
008	Interfaccia di management	Eth GIGA	TEST	Deve essere accessibile a pannello con connettore RJ45
009	Ingressi analogici	32	TEST	Segnali provenienti dalle schede di interfaccia fibra
010	Alimentazione schede di interfaccia fibra	3.5V, 8+8 Watt	TEST	Le schede di ricezione dei segnali analogici su fibra sono alimentate dalla scheda ADU. La tensione di uscita deve poter essere regolata con resistori dedicati +/- 20%
011	Controllo potenza erogata e tensione schede di interfaccia fibra		TEST	La tensione di uscita e la corrente erogate devono essere monitorate e accessibili via interfaccia di management
012	Bus di controllo schede di interfaccia fibra	I2C/SPI		
013	Connettori per schede di interfaccia fibra	ERF8-010-05.0-X-DV		
014	Connettori ingresso segnale RF	SAMTEC ISORATE		
015	Accensione e spegnimento da remoto		TEST	La scheda deve poter essere accesa e messa in modalita' di basso consumo con comando da rete
016	Controllo remoto delle temperature	4 punti	TEST	Devono essere disponibili con lettura da remoto la temperatura nella zona di management, delle due FPGA e nella zona analogica di digitalizzazione, al centro
017	Controllo delle tensioni		TEST	Tutte le tensioni generate con i convertitori DC-DC devono essere monitorabili da remoto e deve essere verificabile la presenza di tutte le tensioni analogiche
018	Controllo stato programmazione FPGA		TEST	Deve essere possibile monitorare lo stato di programmazione delle due FPGA e della aloro memoria interna di configurazione. Deve essere possibile applicare un algoritmo di refresh della memoria interna e di diagnosi del suo stato.
019	Controllo stato PLL		TEST	Lo stato della PLL deve essere accessibile e monitorabile
021	Protezione temperatura/consumo		TEST	Deve essere possibile mettere automaticamente la scheda in stand by in caso di superamento di soglie di temperatura o assorbimento
022	Indirizzo MAC Ethernet di management	MAC	TEST	La scheda deve essere fornita con un identificativo univoco per l'interfaccia Ethernet di management e la sua connessione tramite world wide web