

Capitolato tecnico di gara

ASTRA – WP1.A – Crystal Eye EU-TEL

LOTTO 2

1. SOMMARIO

1.	SOMMARIO	1
2.	ELENCO ACRONIMI	2
3.	PREMESSA, OBIETTIVI ED OGGETTO DI GARA	3
4.	DESCRIZIONE DELLA FORNITURA	3
4.1.	FORNITURA INERENTE IL P/L CRYSTAL EYE.....	3
4.1.1.	DU O DETECTION UNIT.....	4
4.1.2.	EU O ELECTRONICS UNIT	5
4.1.3.	EH O EXTERNAL HARNESS	6
4.2.	FORNITURA INERENTE EU-TEL	6
5.	DETTAGLI FORNITURA	7
5.1.	UP PIXEL.....	7
5.2.	DOWN PIXEL.....	8
5.3.	ACS.....	9
5.4.	SIPM BOARD	10
5.5.	ELECTRONICS UNIT (EU).....	11
5.5.1.	DAQ BOARD (A)	11
5.5.2.	TRIGGER BOARD (C).....	12
5.5.3.	CONCENTRATORE (D)	12
5.5.4.	SISTEMA DI RIDONDANZA (E)	13
5.5.5.	PAYLOAD POWER SUPPLY O (PS).....	15
5.5.6.	BACKPLANE	15
6.	PART LIST.....	16
6.1.	FM CRYSTAL EYE.....	16
7.	REQUISITI DI PROGETTO	17
7.1.	REQUISITI DI PERFORMANCE	17
7.2.	REQUISITI AMBIENTALI	22



7.3.	BUDGET DI MASSA E POTENZA	23
8.	CONDIZIONI E TEMPI DELLA FORNITURA.....	23
8.1.	PRODOTTI CHE IL SOGGETTO AGGIUDICATARIO FORNISCE AL COMMITTENTE	23
8.2.	RIUNIONI DI AVANZAMENTO (MILESTONE E SAL)	24
8.3.	ATTIVITÀ DI QUALIFICA SPAZIALE DELL'EM E PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E TEST DELL'FM DI CRYSTAL EYE	24

2. ELENCO ACRONIMI

ACS	Anticoincidence System
CDR	Critical Design Review
CoG	Center of Gravity
DU	Detection Unit
DPCU	Dew Power Control Unit
EH	External Harness
EM	Engineering Model
ESR	Enhanced Specular Reflector
EU	Electronics Unit
EU-TEL	Electronic Unit Telescope
FM	Flight Model
GRB	Gamma Ray Burst
GSSI	Gran Sasso Science Institute
HV	High Voltage
HG	High Gain
LE	Low Energy
LG	Low Gain
LV	Low Voltage
ME	Medium Energy
PCU	Power Control Unit
PDR	Preliminary Design Review
P/L	Payload
Red	Redundancy
SiPM	Silicon Photomultiplier
SM	Structural Model
SoC	System on Chip
SOC	Status of Compliance
TRB	Test Review Board
WP	Work Package

3. PREMESSA, OBIETTIVI ED OGGETTO DI GARA

Nell'ambito delle attività dell'Ecosistema dell'innovazione digitalizzazione e sostenibilità per l'economia diffusa nel Centro Italia (VITALITY, CUP: D13C21000430001), il GSSI è responsabile dello Spoke ASTRA (Advanced Space Technologies and Research Alliance).

Le attività oggetto della presente gara di appalto afferiscono al WP1 del progetto ASTRA, che prevede la realizzazione di diversi prototipi del detector Crystal Eye fino ad arrivare alla realizzazione di un payload (P/L) qualificato per lo spazio nonché la realizzazione dell'elettronica di readout e gestione del piano focale di un telescopio (EU-TEL) che integra le osservazioni di Crystal Eye.

Il P/L basa il suo principio di funzionamento sull'osservazione di raggi gamma di medio bassa energia (10 keV – 30 MeV).

Obiettivo del progetto Crystal Eye e EU-TEL è dunque lo sviluppo, test e validazione di nuove tecnologie per l'osservazione in orbita di raggi gamma associati a diversi fenomeni, sia di tipo astrofisico, fra cui prevalgono i gamma ray burst (GRB), che generati nell'atmosfera terrestre.

Il presente capitolato tecnico si riferisce alla fornitura di attività di progettazione e ingegnerizzazione finalizzate a sviluppare e realizzare lo SM e il FM del P/L Crystal Eye;

Le attività riguarderanno la struttura meccanica, la sensoristica, l'elettronica e il supporto ai test necessari all'operatività e al raggiungimento degli obiettivi scientifici e tecnologici dei P/L.

4. DESCRIZIONE DELLA FORNITURA

La fornitura oggetto del presente capitolato tecnico riguarda attività di progettazione, ottimizzazione e ingegnerizzazione finalizzate allo sviluppo e alla realizzazione di un prototipo in scala, del SM, EM e FM del P/L Crystal Eye, nonché della scheda di controllo (EU-TEL).

Più dettagliatamente, il committente richiede:

- la progettazione, ottimizzazione, ingegnerizzazione, sviluppo e realizzazione della struttura meccanica, della struttura elettronica di prossimità, dell'elettronica di alimentazione, di processamento e di controllo, di tutta la componente software e firmware del P/L Crystal Eye, l'approvvigionamento della sensoristica necessaria, l'integrazione finale di SM e FM, nonché definizione e realizzazione dei test di qualifica spaziale ai quali parteciperà anche personale GSSI;

Le condizioni della fornitura con le diverse attività, milestone e deliverable oggetto del presente capitolato sono riassunti nel capitolo 8.

Nelle restanti descrizioni riportate nel capitolato tecnico, per scheda "concentratore" si intende la scheda elettronica di controllo.

All'atto della pubblicazione della presente procedura non è ancora definita la possibile piattaforma satellitare dove sarà alloggiato il P/L. A titolo di riferimento, nelle descrizioni riportate nel capitolato tecnico, sono stati utilizzati i dati della piattaforma NIMBUS, utilizzata dal GSSI in precedenti missioni e di proprietà della Fondazione Gran Sasso Tech.

4.1. Fornitura inerente il P/L Crystal Eye

Il P/L Crystal Eye è costituito dai seguenti sottosistemi:

1. Detection Unit (DU);
2. Electronics Unit (EU);
3. External Harness (EH).

Le principali proprietà di ogni unità vengono descritte nelle seguenti sottosezioni del documento.

4.1.1. DU o Detection Unit

Crystal Eye è un detector di forma emisferica, modulare. Il suo diametro è compreso fra 30 e 40 cm. Il valore specifico sarà ottimizzato durante il progetto per massimizzare le capacità di rivelazione e restare nei limiti di peso e potenza imposti dalla piattaforma. Con riferimento alla

Figura 1, la DU è formata dai seguenti sub-detector:

- **UP pixel:** shell intermedia costituita dall'insieme di cristalli scintillatori letti da Silicon PhotoMultiplier (SiPM), elettronica di front-end e dall'alloggiamento meccanico dedicato e a tenuta di luce;
- **DOWN pixel:** shell interna costituita dall'insieme di cristalli scintillatori letti da Silicon PhotoMultiplier (SiPM), elettronica di front-end e dall'alloggiamento meccanico dedicato e a tenuta di luce;
- **AntiCoincidence System (ACS):** insieme di una shell esterna e un disco alloggiato sotto il detector ciascuno costituito da scintillatore plastico letto da SiPM, elettronica di front-end e ciascuno inserito all'interno di un alloggiamento meccanico dedicato e a tenuta di luce;

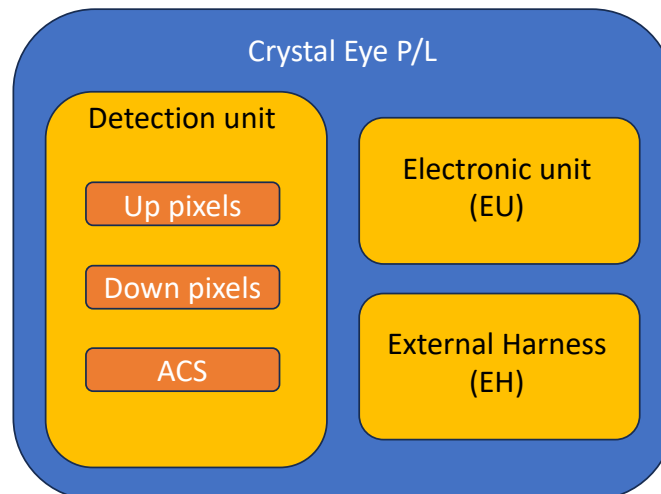


Figura 1 Schema a blocchi del P/L.

La

Figura 2 riporta schematicamente la configurazione dei componenti, distinti per colore, che costituiscono la DU.

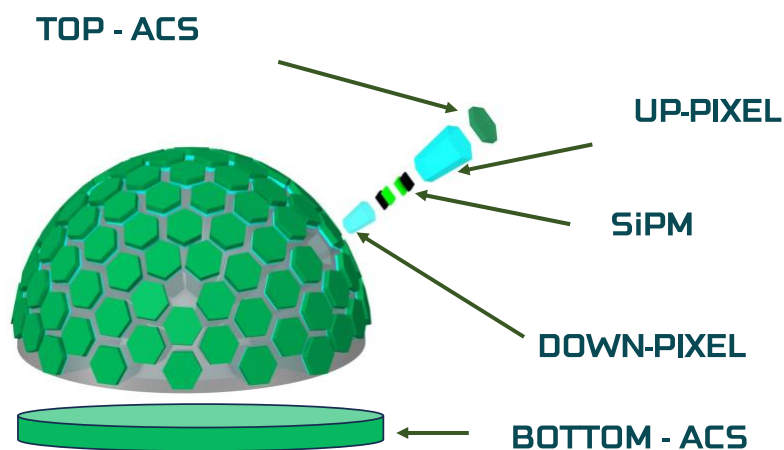


Figura 2 Modello esploso del disegno di base del Crystal Eye- full detector

Dal punto di vista realizzativo la DU dovrà prevedere, inoltre, una interfaccia meccanica verso una potenziale piattaforma.

4.1.2. EU o Electronics Unit

La EU viene concettualmente descritta nello schema a blocchi in Figura 3.

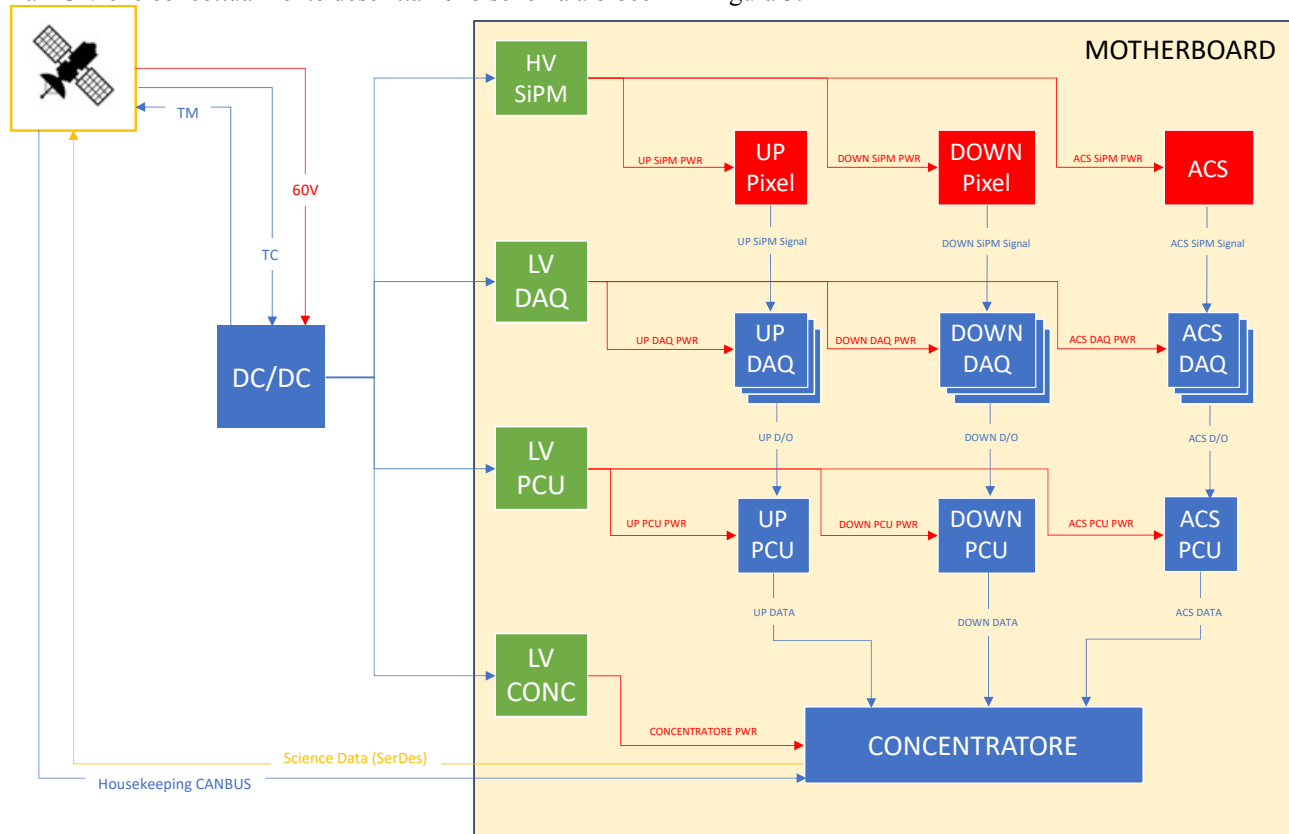


Figura 3 Schema a blocchi dell'unità elettronica del payload Crystal Eye.

Allo stadio di alimentazione DC/DC viene fornita una tensione di alimentazione non regolata compresa tra 60 V e 67.2V servita direttamente dall'Electric Power System della piattaforma ed ha il compito di generare blocchi di alimentazione primaria a servizio dei sottosistemi del P/L (tensione di alimentazione SiPM (LV SiPM)). La tensione primaria di alimentazione per le schede di lettura e processamento dati (LV DAQ e LV PCU), per le schede di concentrazione, raccolta dati e interfaccia satellite (LV PY e LV DPCU) sarà isolata.

A valle dello stadio di alimentazioni troviamo il gruppo di front end (rettangoli in rosso con riferimento alla Figura 3) nel quale vengono alloggiati i SiPM e gli altri fotosensori.

I segnali generati vengono poi acquisiti dalle schede (DAQ, blocchi in blu scuro) e preliminarmente processati (PCU, blocchi in blu scuro) prima dell'invio al Payload Controller per la costruzione dell'evento globale e al DPCU che agisce da interfaccia col sistema satellite.

La descrizione dettagliata e le richieste di funzionamento dei sottosistemi che compongono la DU sono riportate nelle sezioni 5 e 7.

Dal punto di vista costruttivo, la EU è costituita da un involucro in alluminio in grado di mantenere le schede in posizione durante il lancio, prevenendo rotture o disconnessioni causate dalle



sollecitazioni della fase di lancio, di preservare le schede da danneggiamento (provvedendo cioè ad aumentare l'efficienza di schermo alla radiazione, pur mantenendo inalterati i requisiti sul budget di massa del sistema P/L), di garantire una adeguata dissipazione termica sulle superfici esterne del tray in cui è inserito il P/L e di poter accogliere tutte le connessioni richieste dal lato rivelatori (UP e DOWN Pixels e ACS).

La EU dovrà inoltre prevedere un sistema di aggancio meccanico al tray della piattaforma che sia progettato in modo tale da non violare nessuno dei requisiti meccanici imposti dalla missione. All'interno del contenitore in alluminio verranno alloggiare le seguenti unità costituite da una o più schede di elettronica:

- **DAQ:** Data Acquisition. Consiste nell'insieme delle schede elettroniche che si trovano immediatamente a valle dei SiPM. Il DAQ acquisisce e processa i segnali provenienti dai detector. Permette il controllo fine della regolazione della tensione di alimentazione dei SiPM in modo da equalizzare i guadagni e compensare le variazioni di temperatura;
- **Concentratore:** il Concentratore gestisce i trigger di alto livello (cioè deve supportare la funzionalità di costruzione dell'evento globale in funzione delle caratteristiche del segnale prodotto da uno o più sensori (SiPM) dei vari sottosistemi (UP e DOWN Pixel e ACS). Il concentratore deve prevedere la capacità di comunicazione con la piattaforma (attraverso un protocollo di comunicazione su bus SerDes), nonché di generare il flusso di dati di downlink ed essere in grado di ricevere ed interpretare comandi in uplink inviati dal segmento terra;
- **PS:** Power Supply. Questo sistema regola l'alimentazione (60 V - 67.2 V non regolata) fornita dalla piattaforma al fine di ricavare le tensioni necessarie al funzionamento dei SiPM e dei PIPS sia quelle più basse e stabilizzate per l'alimentazione delle schede di elettronica. Il sistema di alimentazione deve essere opportunamente ridondato e deve essere capace di generare segnali di stato, di misurare le correnti assorbite sui vari rami della rete e di rispondere a tutti gli stati di funzionamento interpretando e producendo segnali utili all'implementazione di una logica di sicurezza del P/L;
- **Backplane:** Il backplane è il sistema che distribuisce le tensioni alle varie schede in uso e che viene utilizzato per l'interconnessione di tutte le schede DAQ e concentratore. Esso costituisce l'interfaccia elettrica verso il satellite.

4.1.3. EH o External Harness

La EH (External Harness) è l'insieme di cavi che realizzano la connessione elettrica tra la DU e la EU.

La sua progettazione e realizzazione deve rispondere ai principali requisiti dettati dalla missione: il numero di cavi e connessioni deve essere sufficiente a soddisfare tutte le interconnessioni elettriche richieste a livello di segnale, tensioni di alimentazione, segnali logici di controllo. L'EH deve essere in grado di operare all'interno dei parametri ambientali dell'orbita di riferimento per tutta la durata della missione, di sopportare i carichi statici e dinamici attesi nella fase di lancio e rispettare i vari budget di missione. Viene richiesto un sistema di stress release per i fissaggi meccanici.

4.2. Fornitura inerente EU-TEL

Oggetto di questa fornitura è l'elettronica di acquisizione dati e gestione EU-TEL.

Sono previsti due piani di sviluppo:

Piano A: utilizzando ASIC sviluppati da INFN Torino

Piano B: usando ASIC Citiroc

Entrambe le forniture di ASIC sono escluse dal presente capitolato tecnico.

I due piani sono in parte sovrapponibili nella descrizione, sebbene si richieda la progettazione e la produzione di tutte le schede necessarie all'attuazione di entrambe le alternative. Maggiori dettagli riguardo la fornitura sono disponibili nella sezione **Error! Reference source not found.**

5. Dettagli fornitura

La fornitura oggetto del presente capitolato tecnico riguarda attività di progettazione, ottimizzazione e ingegnerizzazione finalizzate allo sviluppo e alla realizzazione di un prototipo in scala, del SM, EM e FM del P/L Crystal Eye, nonché della scheda di controllo EU-TEL. In particolare, le attività riguarderanno:

- progettazione, realizzazione e assemblaggio dei sub-detector di Crystal Eye (Up e DOWN Pixel e ACS) comprensivi delle SiPM-board e di tutte le necessarie infrastrutture meccaniche di supporto, sia per il prototipo che per i vari modelli;
- progettazione, realizzazione e assemblaggio dell'EU e dell'EH di Crystal Eye per il prototipo e i vari modelli;
- test di qualifica spaziale ai quali parteciperà anche personale GSSI;
- assemblaggio finale del P/L Crystal Eye;
- progettazione, realizzazione e assemblaggio del sistema di controllo EU-TEL

Nelle seguenti sottosezioni vengono descritti nel dettaglio i tre sottosistemi (Up e Down Pixel e ACS) che costituiscono il detector Crystal Eye. Maggiori dettagli sui fotosensori SiPM utilizzati nel detector vengono forniti nella sezione 6.

5.1. UP Pixel

I pixel UP del Crystal Eye sono tronchi di piramide a base esagonale. L'altezza compresa fra 3 e 4 cm è ottimizzata per la rivelazione di raggi gamma di energia inferiore a 1 MeV.

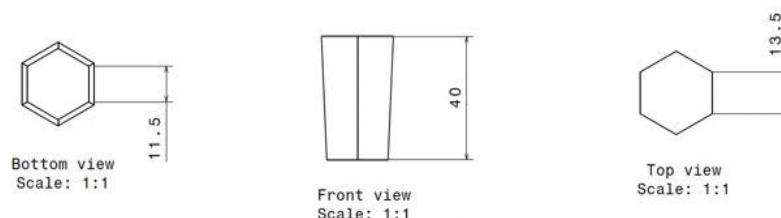


Figura 4 Messa in tavola di un UP pixel del disegno di base.

Nella Figura 4 sono utilizzate le dimensioni di un UP pixel utilizzato nel disegno di base di Crystal Eye. Nel corso di questo progetto è prevista l'interazione fra l'aggiudicatario della gara e il personale GSSI al fine di ottimizzare le dimensioni del pixel per massimizzare le performance di rivelazione nel rispetto dei vincoli imposti dalla piattaforma.

Il materiale di cui saranno composti gli UP pixels è il GAGG-F, un cristallo scintillatore senza radioattività interna, vedi Tabella 1. Il trattamento superficiale previsto per gli UP pixel è a superfici lucidate ricoperte da Enhanced Specular Reflector (ESR). Ciascun cristallo dovrà essere otticamente isolato dai vicini e inserito in un alloggiamento meccanico a tenuta di luce.

Tabella 1 Principali caratteristiche dei diversi tipi di GAGG prodotti da Epic Crystal

	GAGG-F	GAGG-T	GAGG-HL	Unit
Density	6.6	6.6	6.6	g/cm ³
Hardness	8	8	8	mohs
Refractive Index	1.91	1.91	1.91	/
Light Output	30,000	42,000	54,000	ph/MeV
Energy Resolution	7%	6%	5%	5x5x5 mm@662KeV
Decay Constant	50	90	150	ns
Wavelength of Emission Peak	520	530	530	nm
Radiation Resistance	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	rad
Hygroscopic	no	no	no	/
Self-radiation	no	no	no	/

5.2. DOWN Pixel

I pixel DOWN del Crystal Eye sono tronchi di piramide a base esagonale. L'altezza compresa fra 3 e 4 cm e la posizione sono ottimizzate per la rivelazione di raggi gamma di energia superiore a 1 MeV.

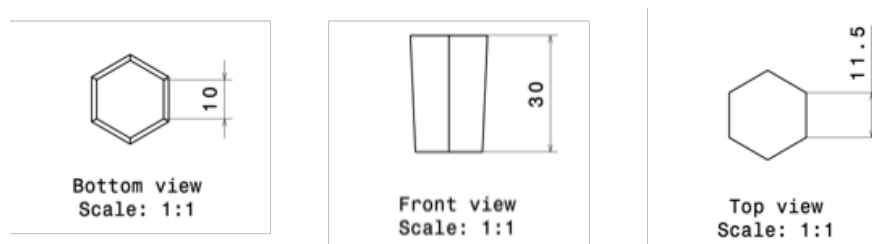


Figura 5 Messa in tavola di un DOWN pixel del disegno di base.

Nella Figura 5 sono utilizzate le dimensioni di un DOWN pixel utilizzato nel disegno di base di Crystal Eye. Nel corso di questo progetto è prevista l'interazione fra l'aggiudicatario della gara e il personale GSSI al fine di ottimizzare le dimensioni del pixel per massimizzare le performance di rivelazione nel rispetto dei vincoli imposti dalla piattaforma.

Il materiale di cui saranno composti gli UP pixels è il LYSO, un cristallo scintillatore, vedi Tabella 1. Il trattamento superficiale previsto per i DOWN pixel è a superfici lucidate ricoperte da Enhanced Specular Reflector (ESR). Ciascun cristallo dovrà essere otticamente isolato dai vicini e inserito in un alloggiamento meccanico a tenuta di luce.

Tabella 2 Principali caratteristiche de LYSO prodotto da Epic Crystal

	LYSO(Ce)	Unit
Density	7.25	g/cm ³
Wavelength of Emission Peak	420	nm
Light Output	30,000	ph/MeV
Decay Constant	40	ns
Anti-radiation	1×10^8	rad
Refractive Index	1.82	/
Hardness	5.80	mohs
Hygroscopic	no	/
Cleavage	no	/

5.3. ACS

Il sistema di anticoincidenza (ACS) consiste nell'utilizzo di scintillatore plastico per racchiudere i pixel di Crystal Eye. Lo scopo è duplice: localizzare la componente di raggi gamma di più bassa energia (10-40 keV) e etichettare le particelle cariche che attraversano il Crystal Eye.

L'ACS si compone principalmente di due parti: TOP-ACS e BOTTOM-ACS. Il design del sistema di anticoincidenza va ottimizzato in termini di capacità di localizzazione e ermeticità (cioè minimizzando gli spazi morti).

Attualmente per la TOP-ACS sono presi in considerazione due ipotesi: una a calotta sferica Figura 6a, l'altra a tile esagonali Figura 6b. Lo spessore della TOP-ACS dovrà essere compreso fra 5 e 7 mm.

Nel primo caso, Figura 6a, la calotta sferica è costituita da tile singole come nel secondo caso meccanicamente accoppiate fra loro dalla ditta che produce lo scintillatore in modo da presentarsi di fatto come un unico blocco. Le tile sono otticamente isolate fra loro grazie a un trattamento effettuato dalla ditta produttrice dello scintillatore e sono singolarmente lette da SiPM posti lungo la superficie della calotta.

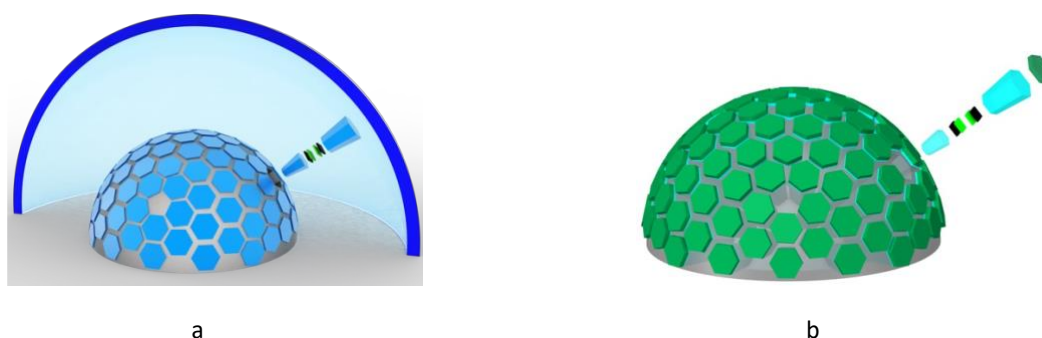


Figura 6 a) TOP-ACS a calotta sferica, b) TOP-ACS a tile.

La BOTTOM-ACS è invece costituita da un disco di scintillatore plastico che andrà a chiusura inferiore del detector. Durante il progetto si valuterà se realizzare un disco unico o diviso in spicchi.

5.4. SiPM Board

Tutti i subdetector appena descritti si basano sull'utilizzo di materiali scintillanti, cioè che emettono luce in proporzione all'energia depositata al loro interno dalla particella che li attraversa. E' quindi indispensabile avere un'ottima lettura della luce emessa. A questo scopo ciascuno scintillatore sarà letto da SiPM. Le schede che alloggeranno i SiPM dovranno essere realizzate in PMMA, come da buona pratica per elettronica in applicazioni spaziali. Forma, numero di SiPM per board, interconnessioni, alloggiamento meccanico saranno definite in fase di sviluppo. Ogni board SiPM dovrà contenere un sensore analogico di temperatura. Il connettore verso l'EU sarà di tipo micro-coassiale.

Ciascuna SiPM board dovrà essere adattabile ai footprint dei SiPM Hamamatsu e di quelli FBK. I footprint dei SiPM saranno forniti al kick off meeting.

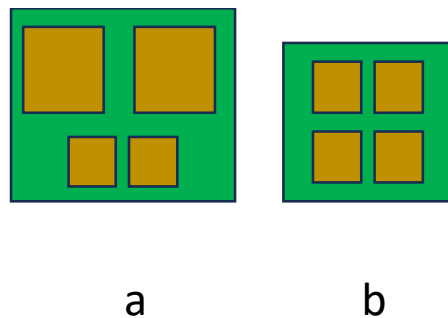


Figura 7 Schemi rappresentativi di SiPM board di lettura dei cristalli (a) e dell'ACS (b)

I cristalli prevedono 3 canali di lettura più un canale di ridondanza, mentre ciascuna tile dell'ACS prevede 2 canali di lettura più uno ridondato. Per ciascun pixel i canali sono:

- LE-c, il canale Low Energy di ciascun cristallo composto da due SiPM 6x6 letti separatamente
- ME-c, il canale Medium Energy di ciascun cristallo composto da una coppia di SiPM 3x3 in or-analogico
- Red-c, il canale di ridondanza dei cristalli composto da una coppia di SiPM 3x3 in or-analogico
- ACS-1, il primo canale di lettura di ciascuna tile ACS-TOP dato da una coppia di SiPM 3x3 in or-analogico
- ACS-2, il secondo canale di lettura di ciascuna tile ACS-TOP dato da una coppia di SiPM 3x3 in or-analogico
- Red-ACS, il canale di ridondanza ACS dato da una coppia di SiPM 3x3 in or-analogico
- ACS-bottom, i SiPM utilizzati saranno i 6x6, il numero effettivo di canali di lettura sarà stabilito in corso del progetto

Ogni pixel completo (composto da ACS-TOP, UP e DOWN Pixel) avrà quindi in totale 8 canali di lettura e due di ridondanza.

Le quantità indicate in sezione 6 sono da intendersi per la realizzazione di ciascun modello di P/L (EM e FM), le quantità necessarie al prototipo saranno indicate con la flag “-p”.

Sarà richiesto l'approvvigionamento di una contingenza del 10% per garantire la sostituzione in caso di malfunzionamenti o fuori specifica.



5.5. Electronics Unit (EU)

L' EU sarà composta da:

- A. Un numero adeguato di schede di DAQ, basato su chip CITIROC o RADIOROC, per il readout di dei canali di lettura delle SiPM board. La scheda DAQ, indirizzabile da una scheda concentratore, deve gestire il chip CITIROC/RADIOROC, effettuare la sequenza di lettura, generare i trigger di colonna, secondo una serie di maschere di trigger programmabili in modo da ridurre gli 8 segnali di trigger a 1 solo segnale di trigger per pixel. La DAQ deve essere inoltre in grado di ricevere un trigger globale di satellite che causa la lettura di tutti i canali, inclusi quelli che non hanno triggerato. La scheda deve fornire per ogni canale l'informazione di trigger (HIT), carica HG, carica LG, timing e i dati di housekeeping (timestamp, temperatura, posizione, orientamento)
- B. Una variante della precedente scheda, ma con le medesime caratteristiche tecniche, per la lettura della bottom ACS
- C. Una scheda trigger globale, in grado di generare un trigger di satellite a fronte dei trigger di colonna (trigger generati dai pixel)
- D. Una scheda concentratore in grado di leggere i segnali digitalizzati da (A) e (B) a fronte di un trigger globale generato da (C). Il concentratore deve essere in grado di comunicare con la onboard CPU tramite bus seriale ad alta velocità (SERDES) e per lo slow control tramite CAN BUS
- E. Sistema di ridondanza
- F. Backplane
- G. Alimentatori di HV per i SiPM e relativa scheda di gestione
- H. Alimentatori in grado di fornire le low-voltage necessarie a tutte le schede dell'EU

5.5.1. DAQ board (A)

Ogni scheda DAQ di read-out dei SiPM, deve leggere 8 pixel, quindi, queste schede dovranno essere dei sistemi digitali con a bordo 2 CITIROC o 1 RADIOROC in modo che sia possibile leggere un totale di 64 canali per ciascuna. Ogni DAQ R/O Board deve interfacciarsi con le SiPM board tramite uno o più connettori micro-coassiali.

Si richiede di non incrementare il numero di pixel per scheda per motivi di ridondanza. Sui 64 canali, i chip CITIROC o RADIOROC, forniscono 64 segnali di trigger indipendenti e due uscite multiplexate di energia (HG e LG). La scheda deve essere equipaggiata con un dispositivo FPGA riprogrammabile in grado di fornire in uscita 8 segnali di trigger a partire dai 64 segnali di ingresso. I segnali di trigger saranno uno per pixel e seguiranno uno schema di trigger codificato in molteplici maschere di trigger programmabili nel dispositivo. Oltre alle uscite di trigger l'FPGA deve essere in grado di convertire le uscite HG e LG di tutti gli ASIC, tramite ADC con una risoluzione di almeno 14 bit.

Il firmware nell'FPGA deve essere tale da gestire il sequencing dell'ASIC per effettuare l'operazione di lettura, e deve avere sufficiente memoria da immagazzinare un evento letto su tutti i 64 canali fino a che la scheda concentratore, non provvederà, tramite interfaccia seriale veloce ($>50\text{MHz}$), a rileggere l'intero evento e riarmare il sistema.

Il circuito di questa scheda deve essere progettato affinché l'alimentazione sia gestita solo tramite alimentatori lineari. Devono essere inoltre previsti sistemi per proteggere il dispositivo in caso di SEL. Il firmware deve essere aggiornabile dalla scheda concentratore.

Ciascuna DAQ deve anche ospitare un convertitore ADC a 24 canali, in grado di convertire le tensioni prodotte dai sensori di temperature. E' richiesta un'accuratezza di 0.1°C

E' necessario che i banchi di trigger degli ASIC CITIROC/RADIOROC siano alimentati a 1.8 V per ridurre il cross-talk tra i canali.

Le schede necessarie nel sistema saranno da 14 a 23 a seconda del numero di pixel presenti nel modello finale (min 112, max 181) dopo la fase di ottimizzazione iniziale del design.

5.5.2. Trigger board (C)

La scheda di trigger deve raggruppare i segnali di trigger provenienti da tutti i pixel, e tramite un algoritmo topologico con maschera NxN decide se generare un trigger di satellite o no. Il dispositivo deve generare il trigger nel minor tempo possibile ($<50\text{ns}$). Questo tempo è dettato dal peaking time interno al chip Citiroc.

L'FPGS alla base di questa scheda è critica per il timing del satellite. Deve essere scelto un dispositivo di ultima generazione e di grande area in modo da minimizzare il tempo di elaborazione del trigger. La scheda può utilizzare alimentatori switching in quanto non opera su segnali analogici.

5.5.3. Concentratore (D)

La scheda, a fronte di un segnale di trigger da parte della trigger board (C) inizia la procedura di lettura dei dati convertiti dalle schede DAQ (A e B). La scheda concentratore deve essere equipaggiata con una interfaccia SPI lenta per la configurazione delle schede di front-end e di trigger e di un'interfaccia SPI veloce (LVDS) per la lettura dei dati scientifici dalle schede di front-end.

Una volta acquisiti dalla scheda concentratore, i segnali digitalizzati dalle schede di front-end devono essere organizzati in eventi, etichettati con timestamp tramite il tempo assoluto GPS (con risoluzione di 10ns) e processati.

Si chiede di utilizzare una struttura mista FPGA+CPU o SoC (Zynq Ultrascale+). I dati verranno acquisiti dall'FPGA e organizzati in pacchetti. La CPU si occuperà di pre-processare a bordo gli eventi, formattarli in modo che siano comprensibili dalla DPCU del satellite e inviati a terra tramite link seriale veloce (GTH/P). Gli algoritmi di processamento da eseguire sulla CPU saranno definiti in itinere.

Il concentratore deve avere almeno 2 Gbyte di memoria DDR4 con ECC, e deve essere progettato in modo da leggere in parallelo tutte le schede (A e B).

Sia il firmware FPGA sia quello della CPU (o in alternativa il firmware del SoC) devono essere riprogrammabili da terra, quantomeno la parte di firmware che si occupa del datapath e dell'elaborazione anche durante la missione.

Devono essere presenti sempre due copie di firmware in modo da poter gestire in modo sicuro la procedura di firmware upgrade

Il concentratore, oltre alla lettura dei dati scientifici, il loro processamento e l'invio a terra deve:

- Gestire la comunicazione (slow-control/telemetria) verso il satellite tramite can bus
- Gestire la configurazione delle DAQ e della trigger board
- Gestire il firmware upgrade di se stesso
- Gestire il firmware upgrade di front-end board e trigger board o in alternativa distribuire il firmware in modo dinamico dal concentratore
- Gestire e monitorare le HV del sistema
- Provvedere a un adeguato algoritmo di compensazione del guadagno dei SiPM variando sia le tensioni di HV che i DAC di correzione di tutti i CITIROC/RADIOROC



- Monitora l'alimentatore del sistema e tutti i rami derivati dall'alimentazione primaria

Il concentratore deve essere equipaggiato con un sistema operativo UNIX-like.

Oltre al bus CAN e al bus SERDES, utilizzati in volo, il concentratore deve prevedere la possibilità di eseguire tutte le operazioni tramite interfaccia Ethernet, su protocollo TCP/IP, per tutte le operazioni di testing e sviluppo a terra.

Deve essere fornita una libreria C++ per la configurazione e il readout (compatibile con LINUX e WINDOWS) e un client grafico (solo WINDOWS) per l'operabilità a terra. Il client e la libreria devono permettere la configurazione, a partire da un file di configurazione testuale, di tutte le impostazioni delle schede di front-end, trigger, e concentratore. Inoltre devono prevedere la lettura di tutti i canali simultaneamente del satellite. Il solo client WINDOWS deve poter mostrare immagini in tempo reale, utilizzando le distribuzioni spaziali dell'energia e gli spettri di energia di tutti i canali. Il client deve anche permettere di controllare l'alimentazione e monitorare lo slow control (temperature).

Infine il concentratore deve fornire un segnale di ALERT rapido verso terra, entro massimo 2 secondi dall'evento, a fronte di una particolare condizione (TRIGGER+analisi dell'evento in tempo reale), tramite un segnale di telecomando al satellite.

5.5.4. Sistema di ridondanza (E)

La missione non richiede l'uso di componenti space grade. In ogni caso, nella scelta dei componenti, in ragione anche della fattibilità economica è opportuno scegliere nell'ordine

- Componenti Automotive
- Componenti Industriali

Non sono ammessi componenti commercial. Il range di temperatura di funzionamento deve essere almeno -40 +80 °C.

Tutti i componenti passivi devono essere almeno Automotive.

Tali componenti, non essendo qualificati spazio, non possono garantire un livello alto di affidabilità pertanto è necessario rimuovere tutti i single point failure.

Di seguito la minima strategia di ridondanza proposta al fine di mitigare la rottura di eventuali parti del sistema durante la missione:

1. Ogni SiPM board ha un canale di ridondanza (Red-c e Red-ACS).
2. I canali ridondati delle SiPM board vanno su DAQ di ridondanza (DAQ-red)
3. Oltre alla trigger board primaria ce ne sarà una di ridondanza(trigger board-red)
4. Oltre al concentratore primario ce ne sarà uno di ridondanza (concentratore-red)

Le schede ridondate (DAQ-red), per quanto detto nel punto 1, saranno quindi $3 \times N/64$ (dove N è il numero di pixel della configurazione finale del detector).

Per quanto detto nel punto 3, ogni DAQ (A e B) dovrà provvedere alla duplicazione dei dati. Dovrà quindi avere:

- 2 interfacce trigger in uscita (ciascuna con 8 trigger) a una per ciascuna trigger board
- 2 spi di configurazione a una per ciascun concentratore
- 2 spi di lettura a una per ciascun concentratore
- 2 interfacce di riconfigurazione a una per ciascun concentratore
- 2 ingressi di trigger di satellite a una per ciascuna trigger board



Infine la DAQ bottom ACS (B) deve essere duplicata mettendo 16 canali sulla trigger board primaria e 16 su quella ridondata.

Le trigger board (primaria e red) ricevono ciascuna una copia degli 8 trigger dalla scheda DAQ e generano indipendentemente un segnale di trigger di satellite.

Per ragioni di sicurezza, il trigger di satellite deve avere una connessione a stella, con un pin di uscita dedicato per ogni scheda DAQ in modo che la rottura di una di queste non possa portare al blocco totale del trigger.

Le seguenti interfacce di ciascuna trigger board devono essere duplicate:

- 2 spi di configurazione a ogni interfaccia è connessa a un differente concentratore

Ogni scheda concentratore (primaria e red) è connessa a tutte le 24 DAQ tramite:

- 1 interfaccia SPI di configurazione
- 1 interfaccia SPI di lettura dati veloce (LVDS)
- 1 porta di riconfigurazione firmware

Inoltre viene connessa a ciascuna delle due trigger board (primaria e red) tramite:

- 1 interfaccia SPI di configurazione
- 1 trigger di satellite
- 1 porta di riconfigurazione firmware

Verso il satellite, ciascun concentratore (primario e red) sarà fornito di un'interfaccia CAN BUS e SERDES indipendente.

In caso di faliure di qualunque dei sistemi deve essere possibile disattivare l'alimentazione della parte compromessa e il sistema deve proseguire con le parti rimaste o di backup.

In particolare, in caso di:

- Guasto di un SiPM a deve essere possibile spegnere tutto il gruppo di HV a cui il SiPM è connesso
- Guasto a uno o più canali della scheda front-end a a livello di scheda front-end tali canali devono essere esclusi dal trigger
- Guasto a una scheda di front-endà La scheda deve essere spenta dal power supply, il trigger deve mascherare i trigger di quella board, lo schema di trigger riprogrammato per escludere la scheda e il concentratore deve ignorare dati casuali provenienti da tale scheda. Il sistema perde 1/23 della calotta sferica a ogni rottura di front-end
- Guasto di una trigger boardà la scheda viene spenta e si accende la trigger board-red. Le DAQ vengono informate dal concentratore di utilizzare la trigger board-red
- Guasto al concentratore a il concentratore primario viene spento e si accende il concentratore-red. Le schede vengono informate tramite telecomando che il concentratore primario è spento e tutto il controllo passa al concentratore-red
- La DAQ bottom ACS si guasta a la DAQ bottom ACS primaria viene spenta e si passa a quella ridondata

5.5.5. Payload Power Supply o (PS)

Gli alimentatori regolano la tensione fornita dalla piattaforma per generare le tensioni (HV) necessarie al funzionamento dei SiPM e quelle (LV) per il funzionamento delle schede di elettronica. Tutte le HV necessarie al corretto funzionamento del P/L devono essere generate linearmente a partire dalla linea 60 V - 67.2 V servita dalla potenziale piattaforma. Ciascun sottosistema (UP e DOWN pixel e ACS) viene servito da un sistema di alimentazione dedicato. Tutte le tensioni generate e messe al servizio dell'operatività del P/L dovranno essere fornite in modo indipendente (ogni scheda deve poter essere alimentata in modo esclusivo) e dovranno essere ridondate.

Il sistema di alimentazione dovrà necessariamente generare una tensione (HV) variabile limitata a 65 V e dovrà essere in grado di generare i seguenti livelli di tensione (LV) che fisseranno la configurazione delle schede di funzionamento del P/L Crystal Eye:

- Linea A, Output 5 V, Corrente max 10 A
- Linea B, Output 3.7 V, Corrente max 5 A
- Linea C, Output 2.2 V, Corrente max 1 A
- Linea D, Output 1.0 V, Corrente max 2 A, picco 10 A

Il livello di tensione HV deve essere consistente con le caratteristiche del fotosensore utilizzato per la lettura di luce di scintillazione di ciascun sottosistema. L'efficienza di conversione delle tensioni deve essere uguale o superiore a 85 %.

È necessario l'utilizzo di un survoltore per operare uno o più sottosistemi del P/L.

Tutte le tensioni dovranno essere monitorate con una risoluzione migliore o uguale a 10 mV, mentre si richiede una risoluzione migliore o uguale a 1 mA per la misura della corrente. Il sistema dovrà essere in grado di reagire in tempi brevi (entro 10 ms) ad eventuali latchup e cortocircuiti e tagliare immediatamente le alimentazioni in modo da mitigare il rischio di evento di failure globale in cui le operazioni del P/L vengono irrimediabilmente compromesse.

Misura e controllo dei parametri devono essere trasmessi indipendentemente verso la piattaforma (CanBus) e verso la scheda di raccolta dati scientifici (concentratore) al fine di avere un riferimento ai parametri di funzionamento durante la fase di analisi dati.

Il ripple di tutti i convertitori non deve eccedere i 10 mV, ad esclusione del generatore di tensione per i SiPM in cui la richiesta è più stringente (< 2 mV).

I SiPM potranno essere alimentati a gruppi con una tensione regolabile e limitata a 65 V. Ogni SiPM sarà provvisto di limitatore in corrente a 100 μ A. Dovrà essere previsto un sistema di retroazione fra le tensioni di alimentazione dei SiPM in funzione della temperatura misurata al fine di provvedere alla compensazione e stabilizzazione del guadagno in tempo reale.

5.5.6. Backplane

Il backplane sarà una scheda passiva per la distribuzione dei segnali e delle alimentazioni. Forma e dimensioni verranno fornite dal committente al soggetto aggiudicatario della gara. In fase di progettazione, viene richiesta la migliore soluzione ottenibile in termini di resistenza e affidabilità meccanica (con speciale riguardo alle fasi di lancio) e di connessione con le schede DAQ e concentratore.



6. Part list

Di seguito l'elenco dettagliato di tutti i componenti o parti necessari per la realizzazione della DU di ciascun modello di P/L Crystal Eye e EU-TEL. Le parti in tabella sono da intendersi a carico dell'aggiudicatario della gara. Il numero è da intendersi per ciascun modello da realizzare. L'approvvigionamento di una contingenza del 10 % è richiesto per garantire la sostituzione in caso di malfunzionamenti o fuori specifica.

6.1. FM Crystal Eye

Per lo SM saranno utilizzati parti dummy rappresentative della massa, delle dimensioni e del CoG del payload. Un sottoinsieme di cristalli (presi dal prototipo) saranno utilizzati sullo SM per la risposta del materiale agli stress meccanici.

Di seguito la lista degli elementi necessari alla realizzazione di FM.

ID part	Part Number	Descrizione	Quantità
UP	GAGG-F	Cristalli di GAGG di tipologia F conformi alle dimensioni degli UP-pixel del detector ottimizzato	N_tot pixel del detector ottimizzato
DOWN	LYSO	Cristalli di LYSO conformi alle dimensioni dei DOWN-pixel del detector ottimizzato	N_tot pixel del detector ottimizzato
ACS	Ej-204 o BC-404	Scintillatore plastico di forma esagonale con spessore 5mm conforme alle dimensioni del detector ottimizzato	N_tot pixel del detector ottimizzato + lastra ACS bottom
SiPM-06	HAMAMATSU S14160-6050HS	SiPM Hamamatsu Photonics, area sensibile: 6.0 mm × 6.0 mm	2 per ogni SiPM board di lettura dei cristalli. 4xN_tot+10% di spare
SiPM-03	HAMAMATSU S14160-3050HS	SiPM Hamamatsu Photonics, area sensibile: 3.0 mm × 3.0 mm	2 per ogni SiPM board di lettura dei cristalli, 6 per ogni SiPM board di lettura dell'ACS. 10xN_tot+10% di spare
SiPMboard		realizzazione custom in base al disegno ottimizzato	3xN_tot + 5% spare per tipo
DAQboard		realizzazione custom in base al disegno ottimizzato (inclusi asic e FPGA)	Numero necessario a fornire il readout completo del detector
Triggerboard		realizzazione custom in base al disegno ottimizzato	Numero necessario a fornire il readout completo del detector



Concentratore		realizzazione custom in base al disegno ottimizzato	Numero necessario a fornire il readout completo del detector
Backplane		realizzazione custom in base al disegno ottimizzato	Numero necessario a fornire il readout completo del detector
Cavi		cavi segnale dalla DU alla EU e cavi comunicazione EU-pc	Numero necessario a fornire il readout completo del detector

7. Requisiti di Progetto

In questo capitolo vengono specificati i requisiti generali di progetto, che vanno intesi come obiettivi realizzativi della fornitura. I requisiti possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- **Requisiti di performance:** fissano le caratteristiche degli elementi attivi del P/L Zirè per garantire le capacità di rivelazione del detector desiderate;
- **Requisiti ambientali:** fissano le condizioni di lavoro ambientali di Crystal Eye ed EU-TEL;
- **Requisiti fisici:** fissano le caratteristiche fisiche generali di Crystal Eye, dell'interfaccia con il potenziale S/C e le caratteristiche orbitali di una potenziale missione.

7.1. Requisiti di Performance

ID requisito	TITOLO	Descrizione	Commenti
REQ-P-001A	SiPM-ACS-TOP	S14160-3050HS	SiPM Hamamatsu Photonics, area sensibile: 3.0 mm x 3.0 mm
REQ-P-001B	SIPM-ACS-BOTTOM	S14160-6050HS	SiPM Hamamatsu Photonics, area sensibile: 6.0 mm x 6.0 mm
REQ-P-002A	SiPM-CRYSTAL-MEDIUM	S14160-3050HS	SiPM Hamamatsu Photonics, area sensibile: 3.0 mm x 3.0 mm
REQ-P-002B	SiPM-CRYSTAL-LARGE	S14160-6050HS	SiPM Hamamatsu Photonics, area sensibile: 6.0 mm x 6.0 mm
REQ-P-003	ACS	EJ-204/BC-404	Scintillatore plastico Eljen EJ-204 o equivalente Saint-Gobain BC-404
REQ-P-004	UP pixel	GAGG(Ce)-F, ESR coated, polished surfaces	Produttore: Epic Crystals
REQ-P-005	DOWN pixel	LYSO:Ce, ESR-coated, polished surfaces	Produttore: Epic Crystals
REQ-P-006A	EU-ASIC	Citiroc 1A/Radoroc	Acquisizione dati basata su ASIC CITIROC prodotto da Weeroc
REQ-P-006B	EU-ASIC	Compatibilità con Asic Radoroc	Le schede devono prevedere la compatibilità con RADIOROC da utilizzare qualora fosse disponibile nei tempi opportuni sul mercato



REQ-P-007	EU-DAQ	Uso di Zynq Ultrascale+	
REQ-P-008	EU-Concentratore	La scheda deve essere progettata per leggere almeno 10 DAQ board	
REQ-P-009	EU-Concentratore-INTERFACCIA	Le interfacce del concentratore dovranno essere: ethernet, SPI CanBus, seriale, jtag, SerDes, bus verso le schede DAQ	
REQ-P-010	EU-concentratore-OS	Xilinx Petalinux	Sistema operativo Linux
REQ-P-011	EU-concentratore-exe	Esecuzione in RAMFS	Sistema operativo Linux/Windows
REQ-P-012	EU-ridondanze	ridondanze	Il firmware deve essere ridondato e deve essere prevista una procedura di aggiornamento da terra via ethernet e via protocollo basato su utilizzo di SerDes. In ogni caso, deve essere possibile attraverso un riavvio il recupero di emergenza della configurazione di funzionamento anche in caso di corruzione del firmware primario.
REQ-P-013	EU-HV	Gli alimentatori devono essere lineari	Non sono ammessi alimentatori di switching sui SiPM
REQ-P-014	EU-HV-ripple	Il ripple di tutti i convertitori non deve eccedere i 10 mV, il massimo ripple sulla tensione deve essere < 2 mV	
REQ-P-015	EU-HV-temp	Ogni SiPM deve essere alimentato con una tensione regolabile tra 0 e 55 V, corrente max 10 mA. Deve essere possibile retroazionare ogni singola tensione di SiPM in funzione della temperatura.	
REQ-P-016	EU-HV-efficienza	L'efficienza di conversione deve essere >85%	
REQ-P-017	EU-HV-protezione	Ogni linea di alimentazione a servizio di un gruppo di SiPM deve includere un sistema attivo di protezione in caso di malfunzionamento	Caso a) basso rischio: il SiPM si apre, il canale dedicato smette di funzionare, il sistema HV rimane operativo; Caso b) alto rischio: il SiPM va in corto, il canale dedicato smette di funzionare, il canale inizia a drenare corrente e potenza. Potenziale impatto su sistema di readout.
REQ-P-018	EU-HV-ridondanze	Tutte le tensioni che servono i SiPM devono essere fornite in modo indipendente e ridondate opportunamente	In caso di failure di un canale di distribuzione il sistema accende un canale di backup per mantenere l'operatività dei SiPM



REQ-P-019	EU-LV	Il sistema di generazione delle tensioni deve provvedere all'alimentazione delle schede di DAQ e processamento.	Tutte le tensioni per le schede DAQ devono essere fornite in modo indipendente e ridondato
REQ-P-020	EU-LV-ripple	Il ripple di tutti i convertitori non deve eccedere i 10 mV, il massimo ripple sulla tensione deve essere <2 mV	
REQ-P-021	EU-LV-efficienza	L'efficienza di conversione deve essere >85%	
REQ-P-022	EU-LV-monitor	LV monitorate con 10 mV di tolleranza e 1 mA di risoluzione sulla corrente	
REQ-P-023	EU-alimentazioni	Monitor e controllo devono avvenire su due CanBus separati (uno verso il satellite, l'altro verso la scheda di raccolta dati).	
REQ-P-024	EU-alimentazioni-failure		Il sistema deve accorgersi di eventuali latchup e tagliare immediatamente le alimentazioni in modo da prevenire gravi eventi di danneggiamento seguendo una procedura di spegnimento prestabilita (il taglio dell'alimentazione dei SiPM deve precedere il taglio di alimentazione delle schede elettroniche).
REQ-P-025	EU-alimentazioni-SiPMboard	Le alimentazioni devono essere post-regolate tramite LDO sulla scheda front end.	
REQ-P-026	Software	Si richiede lo sviluppo di una libreria in C++ che funzioni sia in Windows che Linux e permetta l'interfacciamento con la scheda di raccolta dati	
REQ-P-027	Software-config-asic	La libreria deve consentire la configurazione indipendente di tutti i parametri degli ASIC	Il bitstream deve essere generato nel firmware e non nella libreria
REQ-P-028	Software-config-asic	La libreria deve consentire la configurazione di tutti i parametri di processamento	
REQ-P-029	Software-readout	La libreria deve consentire il readout dei dati scientifici, dei dati di slow control e la gestione delle alimentazioni	
REQ-P-030	GUI	L'elettronica deve essere accompagnata da una GUI che permetta di impostare settaggi e readout per la fase di test in laboratorio e sotto fascio	La GUI deve essere: organizzata per sub detector; deve mostrare tutti i parametri di monitor e slow control; deve permettere di monitorare le tensioni e agire sulle HV.



REQ-P-031	Firmware	Le schede di DAQ e il concentratore dovranno prevedere un firmware che implementi gli algoritmi di trigger forniti dal personale GSSI	
REQ-P-032	Firmware-dead-time	I CITIROC devono essere letti con un dead time massimo di 50 μ s	
REQ-P-033	Firmware-hold	Il firmware deve attivare i segnali di hold dei CITIROC entro un tempo massimo di 50 ns	
REQ-P-034	Firmware-ridondanza	Il firmware deve essere memorizzato su una flash ridondata.	
REQ-P-035	Firmware-recupero	Dev'essere presente un meccanismo di firmware-upgrade anch'esso ridonato	
REQ-P-036	Firmware-timestamp	All'evento deve essere applicato un timestamp con una risoluzione di 1 ns. Questa informazione deve essere poi sincronizzata al GPS a bordo del potenziale satellite	
REQ-P-037	ADC	Tutti i canali HG e LG devono essere convertiti con un ADC ad almeno 14 bit, con una frequenza di campionamento di 4 MSPS per canale	
REQ-P-038	Trasmissione dati	Il concentratore si occuperà della costruzione del pacchetto dati scientifici nonché dati di housekeeping e della comunicazione con il satellite per il download dei dati	Il pacchetto dati scientifici è composto dalle informazioni di HG e LG per i canali sopra soglia e timestamp. Il pacchetto dati di housekeeping è formato da temperatura dei sensori, rate medi misurati, temperatura e tensioni della scheda.
REQ-P-039	Protezione dati	Tutte le comunicazioni devono essere protette con CRC16	
REQ-P-040	Scrubbing firmware	L'elettronica di front end deve avere un sistema per lo scrubbing del firmware in modo da poter garantire un adeguato livello di resistenza alla radiazione.	



REQ-P-041	Temperatura	Le SiPM board devono leggere i sensori di temperatura analogici con almeno 0.2°C di risoluzione in modo da effettuare una compensazione attiva dell'HV, attraverso una opportuna calibrazione preliminare e attuata attraverso un software ridondato	
REQ-P-042	Routing	Ciascuna scheda avrà un routing verso i connettori per i sensori differente dall'altra. La scelta del routing è a insindacabile giudizio di GSSI in quanto la disposizione dei canali sugli ASIC garantisce un livello di tolleranza ai guasti per i vari sub-detector	
REQ-P-043	Routing backplane	Il bus di comunicazione verso il backplane deve prevedere connessioni orizzontali per distribuire il trigger tra le schede e la scheda di raccolta dati, due bus indipendenti per interfacciarsi con due schede di raccolta dati indipendenti e ridondate, un CanBus verso il potenziale satellite e verso le tensioni di alimentazione HV.	
REQ-P-044	Routing-concentratore	Il bus di comunicazione verso la scheda di raccolta dati deve essere LVDS. Al suo interno devono esistere due canali separati, uno per lo slow control e l'altro per la lettura dei dati. Il bus di lettura dati deve garantire una comunicazione ad almeno 100 Mbps per ogni scheda	
REQ-P-045	Componenti	Tutti i componenti passivi dovranno essere di tipologia automotive. I componenti attivi dovranno essere automotive (laddove disponibile) altrimenti dovranno comunque rispettare il range di sopravvivenza di temperatura -20°C, +120°C	Componenti fuori specifica dovranno essere sottoposti all'attenzione del personale GSSI e laddove non sostituibili dovranno sottostare a dei test di radiation hardness.
REQ-P-046	Wrapping	Gli scintillatori plastici dell'ACS dovranno essere wrappati con vernice bianca EJ-510 fornita da scionix e nastro nero EJ-554 fornito da Scionix	Il personale GSSI fornirà all'aggiudicatario dettagli riguardo le procedure di wrapping



REQ-P-047	Subdetector case	I case che conterranno i vari rivelatori dovranno essere realizzati in windform XT 2.0 e dovranno essere light tight	
REQ-P-048	Strutture	Lo scheletro di crystal eye e il box elettronica dovranno essere realizzati in alluminio	

7.2. Requisiti Ambientali

ID requisito	TITOLO	Descrizione	Commenti
REQ-A-000	Temperatura operativa	Il sistema elettronico deve garantire operatività ottimale nel range di temperature (-10 °C ÷ +35 °C)	
REQ-A-001	Temperatura di sopravvivenza	Il sistema elettronico deve garantire la sopravvivenza nel range di temperature (-30 °C ÷ +45 °C)	Il sistema può essere in funzione, tuttavia i dati scientifici non raggiungono la qualità attesa
REQ-A-002	Vibrazioni	Il sistema formato da Crystal Eye agganciato al top panel del tray e la box di elettronica inserita nel tray deve garantire sopravvivenza ai profili di vibrazione tipiche del lanciatore.	Per i profili di lancio assumeremo un worse case basato su Vega
REQ-A-003	Risonanze	Il sistema Crystal Eye e box di elettronica non deve presentare frequenze di risonanze <100 Hz	Per i profili di lancio assumeremo un worse case basato su Vega
REQ-A-004	EMI & EMC	Il sistema Crystal Eye e box di elettronica devono presentare nella configurazione finale compatibilità elettromagnetica con il potenziale satellite	



7.3. Budget di massa e potenza

Si richiede che la massa del FM Crystal Eye, comprensivo di elettronica, harness e tray non superi i 65kg + 10% di contingency.

Il budget di potenza a disposizione del FM di Crystal Eye, comprensivo dell'inefficienza del DCDC converter, sarà 60W +10% di contingency.

Il budget di potenza a disposizione di EU-TEL sia nel piano A che nel piano B è di 30W+10% di contingency.

8. CONDIZIONI E TEMPI DELLA FORNITURA

In questo capitolo verranno specificati i documenti forniti al soggetto aggiudicatario della gara, le forniture a carico del committente e le forniture oggetto del presente capitolato tecnico con le relative tabelle recanti tempi e deliverable della fornitura. Eventuali variazioni che dovessero essere necessarie per raggiungere i requisiti richiesti, o se non espressamente specificati, saranno tempestivamente concordate con il committente al KOM.

8.1. Prodotti che il soggetto aggiudicatario fornisce al committente

Il soggetto aggiudicatario dovrà prevedere un periodo di supporto sia alle attività di integrazione e test del sistema Crystal Eye, sia alle attività di integrazione e test del sistema EU-TEL.

Sarà cura del soggetto aggiudicatario fornire i seguenti prodotti relativi a Crystal Eye:

- Dettagli esecutivi del progetto (meccanico, elettronico, software);
- File relativi a: lista componenti e piano di montaggio schede (file dxf e dwg, pdf);
- File gerber delle schede elettroniche;
- Tutte le schede attive vengono prodotte per l'allestimento di un prototipo, di un FM;
- Vengono fornite PCB rappresentative per l'allestimento di SM;
- Fornitura SM;
- Fornitura FM;
- Tutti i tool di test e debug (HW & SW);
- Documento di specifica tecnica del firmware del SoC (pdf);
- Documento dettagliato di report sui test di accettazione (test conduzione, isolamento, ispezione ottica,
- verifica raggi X) della produzione delle schede elettroniche e della qualità delle saldature (pdf);
- Documento dettagliato di report sui test di accettazione della produzione delle strutture meccaniche
- (pdf);
- Certificato di conformità della fornitura in accordo ai requisiti di progetto.

8.2. Riunioni di avanzamento (milestone e SAL)

Sono previste le seguenti riunioni di avanzamento (milestone) a cui parteciperanno i responsabili scientifici dei P/L, il direttore esecutivo del contratto (DEC) ed il responsabile unico del procedimento (RUP). Il T0 corrisponde al KOM del Lotto1.:

- (Crystal Eye) Kick-off meeting (KOM): stabilisce un piano di lavoro preliminare secondo le necessità del progetto.
- Structural Model Test Review Board (SM-TRB): si valutano in maniera critica i risultati dei test effettuati sullo Structural Model (SM) di Crystal Eye.
- (Crystal Eye) Critical Design Review (CDR): il risultato di questa revisione è per giudicare lo stato di approntamento del progetto al fine di passare alla fase di produzione. I principali obiettivi di questa fase sono:
 - (Crystal Eye) consegna modello CAD;
 - (Crystal Eye) consegna dei disegni esecutivi della progettazione di tutti i sistemi elettronici oggetti del presente capitolato tecnico;
 - (Crystal Eye) consegna dei report con sintesi dell'analisi pesi, analisi delle potenze dissipate e scelte tecniche effettuate, analisi strutturali ed analisi termiche a livello sia di unità che di ciascun sottosistema;
 - (Crystal Eye) consegna documentazione costruttiva parti meccaniche effettive comprensiva di disegni e liste parti;
- (Crystal Eye) Acceptance Review (AR): il risultato di questa revisione dovrà essere usato per accettare tutti i prodotti relativi alla scheda FM.
- Riunioni di Avanzamento (RA): riunioni intermedie tra le milestone principali sopra elencate.

Il lavoro del soggetto aggiudicatario sarà scandito da SAL (stato avanzamento lavori) a valle dei quali verranno eseguiti i pagamenti da parte del GSSI; i SAL previsti sono:

- SM delivery, entro T0+50 wks, 32% dell'ammontare del contratto;
- CDR, entro T0+52 wks, 46% dell'ammontare del contratto;
- FM delivery, entro T0+53 wks, 22% dell'ammontare del contratto.

8.3. Attività di qualifica spaziale dell'EM e progettazione, realizzazione e test dell'FM di Crystal Eye

NODO	WP	Titolo	Descrizione	Deliverable	Input/Azioni committente	inizio attività	Fine attività
9	Realizzazione Structural Model Crystal Eye completo						
9	1	-	Procurement	procurement dei materiali necessari alla realizzazione di un engineering model di Crystal Eye secondo il capitolato tecnico		T0 + 48 wk	
	1	1	dummy cristalli up e down				
	1	5	dummy acs top e bottom				



	1	7	Parti meccaniche					
	1	9	dummy sipm board					
	1	10	dummy schede					
	2	-	Assemblaggio prototipo					T0 + 50 wk
10	Debugging & test							
10	1	-	Test meccanici	Test statici e dinamici	Supporto ai test e documentazione report risultato dei test		T0 + 50 wk	
			Identificazione, progettazione e supporto di test di qualifica spaziale di COTS		Lista componenti e valutazione rischio per radiation damage, progettazione di test bench per test di radiation hardness e ciclatura termica per componenti a rischio			
	3		Supporto, sviluppo e test bench per qualifica EMI&EMC	Progettazione e realizzazione parti e interfacce per test di qualifica elettronica	test bench, report	Supporto ai test		T0 + 52 wk
11	Realizzazione Flight Model Crystal Eye completo							
11	1	-	Procurement	procurement dei materiali necessari alla realizzazione di un engineering model di Crystal Eye secondo il capitolato tecnico			T0 + 48 wk	
	1	1	Cristalli UP GAGG-F					
	1	2	Cristalli DOWN LYSO					
	1	3	SiPM 3x3					
	1	4	SiPM 6x6					
	1	5	Scintillatore plastico					
	1	6	Accessori per wrapping					
	1	7	Parti meccaniche					
	1	8	Cavi					
	1	9	SiPM board					
	1	10	Scheda Trigger					
	1	11	backplane					
	1	12	DAQ					
	1	13	concentratore					



1	14	Power supply					
2	-	Assemblaggio FM					T0 + 53 wk

Roberto Aloisi