

	 MAGHIS/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 1 of 18
---	--	--

CAPITOLATO TECNICO

“Progettazione, Fornitura e Integrazione di due Sistemi Digitali distinti per gli Strumenti: MAGHIS e LISAR_DES”

PREPARED by : A. Cicchetti¹

CHECKED by : M. Cartacci¹

APPROVED by : A. Cicchetti¹

¹Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Rome, Italy

Indice

1	OGGETTO DELLA FORNITURA	3
2	DEFINIZIONI ED ACRONIMI.	3
2.1	DEFINIZIONI	3
2.2	ACRONIMI	4
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
3.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
4	DESCRIZIONE DEI PROGETTI: MAGHIS E LISAR_DES	5
4.1	MARS ADVANCED GPR FOR HELICOPTER ICE SOUNDING (MAGHIS).....	5
4.2	LUNAR ADVANCED RADAR FOR SUBSURFACE INVESTIGATION, DIGITAL ELECTRONIC SYSTEM (LISAR_DES).....	7
5	REQUISITI TECNICI CHE SI INTENDONO RAGGIUNGERE CON LA PRESENTE RICHIESTA.	8
6	SERVIZI RICHIESTI	15
7	REQUISITI DEL FORNITORE	16
8	MODALITA' DI ESECUZIONE	16
8.1	DESCRIZIONE DELLE CONSEGNE	18

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 3 of 18
---	---	--

1 OGGETTO DELLA FORNITURA

Il presente documento costituisce il Capitolato Tecnico (CT) allegato alla Richiesta di Offerta emessa dall'Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS) dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) relativa alla:

- **Progettazione, Fornitura e Integrazione di due Sistemi Digitali distinti per gli Strumenti: MAGHIS e LISAR_DES.**

L'oggetto della fornitura comprende le seguenti attività:

Per entrambi gli strumenti MAGHIS e LISAR_DES, si richiede la progettazione, la realizzazione, la configurazione e il collaudo di due sistemi digitali indipendenti, destinati (due per ciascuno strumento) rispettivamente alla generazione dei segnali radar, alla digitalizzazione degli echi ricevuti, alla sincronizzazione dell'elettronica di bordo e al post-processing dei dati acquisiti. La fornitura prevede inoltre attività di formazione per il personale INAF coinvolto nei due progetti, nonché i servizi di supporto e assistenza post-vendita.

2 DEFINIZIONI ED ACRONIMI.

2.1 DEFINIZIONI

Si riportano qui di seguito le definizioni di uso frequente:

Fornitura:	Si intende la fornitura contrattuale.
Contratto:	Si intende il contratto che sarà stipulato tra lo IAPS e il Fornitore, per l'erogazione della Fornitura.
Attività:	Si intendono le attività previste e da svolgere per l'espletamento della Fornitura.

2.2 *ACRONIMI*

ADC	Analog to Digital Converter
CT	Capitolato Tecnico
FFT	Fast Fourier Transform
FPGA	Field Programmable Gate Array
GPR	Ground Penetrating Radar
GPS	Global Positioning System
IAPS	Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
INAF	Istituto Nazionale di Astrofisica
LISAR-DES	Lunar Advanced Radar for Subsurface Investigation- Digital Electronic System
LISAR-RFS	Lunar Advanced Radar for Subsurface Investigation- Radio Frequency System
LPR	Lunar Penetrating Radar
MAGHIS	Mars Advanced GPR for Helicopter Ice Sounding
OCXO	Oven-Controlled Crystal Oscillator
SA	Stazione Appaltante
SAR	Synthetic Aperture Radar
SF-CW	Stepped Frequency- Continuous Wave
SSD	Solid State Drive
SW	Software
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I documenti di riferimento di seguito elencati, forniscono informazioni relative al contesto nel quale si colloca l'iniziativa oggetto dell'appalto, linee guida, dati di confronto ed informazioni supplementari,.

Doc. Ref.	Name	Version
RA1	MAGHIS SISTEM DESIGN DEFINITION	ISSUE 04
RA2	LISAR-DES SISTEM DESIGN DEFINITION	ISSUE 10

4 DESCRIZIONE DEI PROGETTI: MAGHIS E LISAR_DES

4.1 MARS ADVANCED GPR FOR HELICOPTER ICE SOUNDING (MAGHIS)

Il presente progetto ha l'obiettivo di sviluppare e proporre un innovativo radar a penetrazione del suolo (GPR – Ground Penetrating Radar) denominato MAGHIS (Mars Advanced GPR for Helicopter Ice Sounding), operante in banda UHF (300 MHz – 3 GHz). Il sistema è progettato per la rilevazione di depositi di ghiaccio d'acqua sepolti a pochi metri di profondità nel sottosuolo marziano, una risorsa strategica sia per l'esplorazione del pianeta rosso, sia per la ricerca di possibili forme di vita passate o attuali.

Oltre all'ambito spaziale, questa tecnologia si presta anche ad applicazioni terrestri di grande rilevanza scientifica e ambientale. In particolare, potrà essere impiegata nello studio della struttura interna dei ghiacciai terrestri, che rappresentano indicatori fondamentali delle dinamiche climatiche globali. Monitorando le variazioni del volume e della morfologia del ghiaccio nel tempo, sarà possibile valutare con maggiore accuratezza gli effetti dei cambiamenti climatici in corso e prevedere eventuali impatti sulle risorse idriche locali.

L'elemento distintivo del progetto MAGHIS risiede nella miniaturizzazione avanzata del sistema radar, che ne consente l'integrazione come carico utile su piattaforme aeree leggere, in particolare su droni a pilotaggio remoto (UAV). Questa caratteristica apre la strada a nuove modalità operative per future missioni su Marte, sia robotiche sia con equipaggio umano. Il successo del mini-elicottero Ingenuity, trasportato dalla missione NASA Mars 2020, ha già dimostrato la fattibilità dell'impiego di UAV nell'atmosfera rarefatta di Marte, ponendo le basi per l'utilizzo estensivo di strumenti leggeri e mobili per l'esplorazione scientifica.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 6 of 18
---	---	--

Il sistema GPR si compone di una coppia di antenne che emettono impulsi radar secondo modalità SF-CW (Stepped Frequency- Continuous Wave), operando nella banda di frequenza compresa tra 300 e 700MHz. L'intero sistema è gestito da un circuito ad alta velocità per l'elaborazione delle onde radio e da una scheda digitale basata su tecnologia FPGA, che consente un'elaborazione dati in tempo reale ad alta efficienza.

Rispetto ai GPR miniaturizzati attualmente disponibili in commercio, MAGHIS si distingue per una gestione avanzata della qualità del segnale. Questo consente non solo di ricostruire con precisione la geometria e la profondità degli oggetti o degli strati individuati nel sottosuolo, ma anche di ottenere informazioni sulla loro composizione, grazie all'analisi delle caratteristiche elettromagnetiche dei segnali riflessi.

In sintesi, MAGHIS rappresenta una soluzione tecnologica all'avanguardia, capace di coniugare compattezza, efficienza e capacità di indagine avanzata, con importanti ricadute sia in ambito spaziale che terrestre.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 7 of 18
---	---	--

4.2 *LUNAR ADVANCED RADAR FOR SUBSURFACE INVESTIGATION, DIGITAL ELECTRONIC SYSTEM (LISAR_DES)*

Le recenti missioni Chang'e sulla Luna hanno evidenziato come il nostro satellite offra un ambiente particolarmente favorevole alla propagazione profonda delle onde radio e alla raccolta di immagini radar ad alta risoluzione. In questo contesto, il GPR (Ground Penetrating Radar) si è rivelato uno strumento di straordinaria utilità, capace di fornire informazioni dettagliate e uniche sulla struttura geologica, litologica e stratigrafica del sottosuolo lunare più superficiale.

Questa tecnologia rappresenta un supporto fondamentale per qualsiasi attività che implichi l'installazione di strumenti o sensori nel sottosuolo, oppure operazioni di perforazione e campionamento. Il GPR consente infatti di identificare in anticipo la presenza di ostacoli come rocce sepolte o strati compatti di terreno, riducendo significativamente i rischi operativi e aumentando l'efficienza e la sicurezza delle attività scientifiche e ingegneristiche. Tra i principali vantaggi di questa tecnica vi sono la leggerezza, la natura non distruttiva, il basso consumo energetico e l'assenza di necessità di contatto diretto e permanente con la superficie, rendendola ideale per missioni spaziali robotiche o autonome.

I risultati ottenuti dal Lunar Penetrating Radar (LPR) della missione Chang'e 4, operante nell'area del Polo Sud lunare, hanno confermato la validità dell'approccio GPR ad alta frequenza, evidenziando la capacità del sistema di rilevare il contrasto dielettrico tra regolite secca e materiali contenenti ghiaccio d'acqua, sia sotto forma di ghiaccio massivo che di regolite ghiacciata. Tali dati suggeriscono che è possibile raggiungere e identificare strati profondi di ghiaccio situati a diversi metri sotto la superficie, in linea con le attuali stime sulla profondità dei depositi ghiacciati nelle regioni polari lunari.

Il sistema GPR proposto è progettato per essere integrato a bordo di un rover (Lunar Ant) e si compone di una coppia di antenne simili alle Bow-tie, posizionate in prossimità della superficie e orientate parallelamente ad essa. Le antenne emettono impulsi radar secondo modalità SF-CW (Stepped Frequency- Continuous Wave) o onda continua a gradini, operando nella banda di frequenza compresa tra 500 e 1500 MHz. L'intero sistema è gestito da un circuito ad alta velocità per l'elaborazione delle onde radio e da una scheda digitale basata su tecnologia FPGA, che consente un'elaborazione dati in tempo reale ad alta efficienza.

Per garantire il corretto funzionamento del sistema, le antenne saranno montate sotto la struttura del rover, in configurazione parallela al suolo lunare, mentre l'elettronica di controllo sarà alloggiata internamente al veicolo. L'intero sistema è concepito per massimizzare la qualità e l'affidabilità dei dati acquisiti, minimizzando al contempo l'impatto sulla mobilità e sulle risorse del rover.

5 REQUISITI TECNICI CHE SI INTENDONO RAGGIUNGERE CON LA PRESENTE RICHIESTA.

In questo Capitolo vengono riportati i requisiti tecnici di alto livello per entrambi gli strumenti, MAGHIS e LISAR_DES. Tali requisiti definiscono le caratteristiche funzionali e prestazionali essenziali che i due sistemi devono soddisfare nell'ambito delle rispettive missioni. Per una descrizione dettagliata e completa di ciascun requisito, si rimanda agli allegati RA1 e RA2, dove sono riportate le specifiche tecniche approfondite e i relativi criteri di verifica.

REQUISITI GENERALI DEL SISTEMA DIGITALE DI BORDO

L'unità digitale, per entrambi gli strumenti dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

REQUISITI ELETTRICI

- **Alimentazione:** I Sistemi Digitali dovranno essere alimentati da un'apposita unità di alimentazione dedicata, in grado di fornire energia ai diversi dispositivi elettronici che lo compongono. Tale alimentatore dovrà essere opportunamente schermato per evitare interferenze con gli altri componenti del GPR (come amplificatori RF, mixer, ecc.). L'alimentazione disponibile, sia a bordo del rover sia del drone, sarà a 12 V in corrente continua, con una potenza presumibilmente pari a 100 W. Gli alimentatori dovranno garantire un ripple ≤ 30 mV p-p.
- **Interfacce di comunicazione:** L'unità dovrà supportare protocolli di comunicazione standard come UART, CAN bus o Ethernet per interagire con il sistema di controllo del drone o del rover e con altri sensori a bordo.

REQUISITI MECCANICI E AMBIENTALI

- **Compattezza e peso:** L'unità elettronica dovrà avere dimensioni compatte e un peso ridotto, non superiore a 800gr, compatibile con i requisiti di carico utile del drone o del rover.
- **Protezione da polvere e umidità:** L'unità dovrà possedere un livello di protezione IP67 o superiore.

REQUISITI SOFTWARE E MEMORIZZAZIONE DATI

- Il **firmware** dell'unità dovrà supportare la gestione avanzata dei dati di volo, garantendo l'integrazione continua tra il sistema di acquisizione scientifica e la Navigation Control Unit.
- **Memoria on-board:** Capacità di memorizzazione minima di 50GB, con supporto per memorie SSD o equivalenti ad alta velocità.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 9 of 18
---	---	--

- **Interfaccia di download dati:** I dati memorizzati dovranno essere facilmente scaricabili via interfacce standard (es. USB, Ethernet), con possibilità di esportazione in formati comuni come CSV, HDF5, o JSON.

REQUISITI SINCRONIZZAZIONE E PRECISIONE

Sebbene i due strumenti siano stati progettati e sviluppati per operare su corpi celesti diversi dalla Terra, le fasi di qualificazione e collaudo verranno condotte in ambiente terrestre. Per questo motivo, sarà necessario dotarli di sistemi GPS al fine di georeferenziare i dati acquisiti. In particolare:

- **Sincronizzazione GPS:** Necessaria a sincronizzare i parametri di volo con il sistema GPS/IMU per garantire la precisione temporale nei dati acquisiti, permettendo la corretta georeferenziazione.
- **Precisione:** La posizione GPS deve essere precisa almeno a 2/5 metri, con un tasso di aggiornamento adeguato, ovvero almeno di 1Hz, mentre l'orientamento dovrà essere preciso entro 1° di angolo.

GENERAZIONE DEL SEGNALE RADAR

Il segnale impiegato per entrambi gli strumenti è di tipo Stepped Chirp, costituito da un numero finito di toni puri N_A , distribuiti uniformemente nella banda complessiva del segnale. Il segnale così definito, costituisce una Sweep del segnale trasmesso, che verrà ripetuta per tutta la durata della timeline di osservazione, definita dall'utente.

La potenza del segnale generato, deve poter essere selezionata dall'utilizzatore, mediante opportuni telecomandi, da un minimo di -18dBm ad un massimo di 6dBm.

Le schede digitali dovranno inoltre essere dotate di filtri adeguati all'eliminazione delle armoniche in banda, tipicamente generate dai convertitori digitale-analogico (DAC – Digital to Analog Converter).

Il sistema digitale dovrà anche essere in grado di generare un secondo segnale su un'uscita aggiuntiva, rappresentante una replica del segnale trasmesso, perfettamente in fase con l'originale, ma con la possibilità di essere traslato in frequenza di un fattore K, variabile da 0 MHz fino a un massimo di 50 MHz. Questo secondo segnale sarà impiegato per la demodulazione supereterodina nel mixer presente nella catena di ricezione a media frequenza. La potenza di questo segnale ausiliario dovrà essere regolabile dall'utente, con le stesse modalità previste per il segnale principale.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 10 of 18
---	---	---

ACQUISIZIONE DEL SEGNALE RADAR

Per entrambi gli strumenti, il sistema digitale dovrà essere in grado di acquisire il segnale in ingresso con una frequenza di campionamento massima pari a 2GHz, garantendo una dinamica utile non inferiore a 50dB per lo strumento LISAR_DES e 55dB per lo strumento MAGHIS. La risoluzione del convertitore analogico-digitale (ADC) dovrà essere di almeno 14 bit per campione.

È inoltre essenziale che l'intero sistema di acquisizione assicuri un'elevata linearità e un basso livello di rumore. I requisiti specifici relativi a tali parametri saranno definiti in collaborazione con il personale INAF durante la fase di sviluppo, al fine di garantire la massima fedeltà nella ricostruzione del segnale originale, anche in presenza di segnali complessi o a larga banda

UNITA' DI CALIBRAZIONE

Per entrambi gli strumenti è prevista l'integrazione di un'apposita unità di calibrazione, progettata per compensare eventuali non linearità e derive sistematiche introdotte dai dispositivi elettronici, che compongono la catena di acquisizione del segnale.

Tale unità sarà attivata prima dell'inizio di ogni ciclo di acquisizione scientifica, mediante commutatori a radiofrequenza (RF switches), che disconnetteranno temporaneamente il sistema d'antenna e l'ambiente esterno, sostituendoli con un carico fittizio ad impedenza controllata.

Durante la modalità di calibrazione, il sistema digitale sarà incaricato di generare una curva di calibrazione rappresentativa della risposta strumentale. Le specifiche tecniche e i criteri di validazione della curva verranno definiti in collaborazione con il personale dell'INAF nella fase di sviluppo e qualifica.

La curva di calibrazione dovrà essere applicata in modo coerente ai dati scientifici acquisiti a bordo per garantire accuratezza e affidabilità nella misura finale. Inoltre, essa dovrà essere inclusa nei dati scaricati a terra, al fine di permettere la verifica indipendente e la correzione post-processing da parte degli utenti scientifici

UNITA' DI CANCELLAZIONE DELL'ACCOPPIAMENTO TRA ANTENNE

Questo blocco avrà la funzione di ridurre il contributo di accoppiamento elettromagnetico generato dalla prossimità tra l'antenna trasmittente e quella ricevente.

Il dispositivo verrà attivato prima dell'inizio di ciascun ciclo di acquisizione scientifica, con l'obiettivo di ottimizzare la qualità del segnale ricevuto riducendo le interferenze interne dovute al sistema stesso.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 11 of 18
---	---	---

Il sistema digitale, mediante la modulazione di un attenuatore programmabile, dovrà eseguire una procedura di ricerca dell'attenuazione ottimale, corrispondente al minimo contributo residuo da accoppiamento. Tale procedura dovrà avvalersi di algoritmi di ottimizzazione iterativa o adattativa, da definire durante la fase di sviluppo con il personale INAF.

Il valore ottimale di attenuazione individuato dovrà essere:

- applicato al sistema per l'intera durata della sessione di acquisizione scientifica
- registrato e incluso nei dati telemetrici scaricati a terra, al fine di consentire la ricostruzione accurata delle condizioni operative e, se necessario, la verifica e compensazione in post-processing.

L'integrazione di tale blocco potrebbe rappresentare un elemento chiave per garantire l'affidabilità e la precisione delle misure effettuate, soprattutto in scenari in cui l'accoppiamento tra antenne può introdurre distorsioni significative nel segnale utile. Qualora le prestazioni del blocco di cancellazione risultassero eccellenti, esso verrà integrato all'interno dello strumento.

DEFINIZIONE DEI REQUISITI PER LA NAVIGATION CONTROL UNIT

Il dispositivo *Navigation Control Unit* deve essere progettato per monitorare e registrare i principali parametri di movimento (Rover LISAR_DES) o di volo (Drone MAGHIS) durante le operazioni di acquisizione dei dati scientifici, garantendo al contempo l'integrazione fluida con il sistema di acquisizione GPR, utili a supportare le osservazioni terrestri durante le operazioni di test e qualifica.

REQUISITI FUNZIONALI

L'unità elettronica di volo dovrà acquisire e registrare i seguenti parametri in tempo reale:

- **Velocità:** Velocità lineare e angolare lungo i tre assi cartesiani (XYZ). I dati di velocità devono essere forniti sia come velocità relativa rispetto al terreno che come velocità assoluta, in relazione al sistema di riferimento globale GPS.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 12 of 18
---	---	---

- **Accelerazione:** Misurazioni di accelerazione nei tre assi (X, Y, Z), da utilizzare per il calcolo del comportamento dinamico del drone/rover.
- **Inclinazione:** Angoli di rollio, beccheggio e imbardata, determinati tramite sensori IMU (Inertial Measurement Unit).
- **Posizione GPS:** Coordinate geografiche (latitudine, longitudine, altitudine) con precisione adeguata per garantire l'affidabilità del georeferencing dei dati acquisiti.
- **Orientamento (Attitude):** Angoli di orientamento e rotazione, calcolati in tempo reale tramite il sistema IMU, al fine di garantire il corretto allineamento delle antenne GPR.
- **Temperatura e altri parametri ambientali,** necessari per la calibrazione del sensore: Temperature interne ed esterne, umidità, pressione atmosferica.

Tutti questi parametri dovranno essere memorizzati localmente nel sistema di memorizzazione on-board, associati ai dati scientifici in modo da garantire una corretta interpretazione dei risultati. La sincronizzazione temporale tra i dati di posizione e quelli scientifici deve essere garantita tramite un sistema di orologio di bordo ad alta precisione.

DEFINIZIONE DEI REQUISITI DELL'OSCILLATORE DI BORDO

Entrambi gli strumenti dovranno essere equipaggiati con un oscillatore a cristallo controllato in temperatura, ad esempio un (OCXO, Oven-Controlled Crystal Oscillator), le cui caratteristiche vengono di seguito elencate:

- **Stabilità della frequenza:** L'OCXO deve mantenere la frequenza costante nel tempo, minimizzando le variazioni causate da cambiamenti di temperatura, umidità o altre interferenze ambientali, con un sistema di controllo termico avanzato.
- **Controllo termico:** L'elemento di riscaldamento (forno) deve mantenere una temperatura stabile e controllata attorno al cristallo, riducendo al minimo gli effetti termici esterni.
- **Bassa rumorosità di fase:** L'OCXO deve avere un basso livello di jitter e rumore di fase, particolarmente importante per le misurazioni scientifiche.
- **L'oscillatore deve operare in modo stabile per periodi lunghi,** con una bassa degradazione delle prestazioni nel tempo.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 13 of 18
---	---	---

POST PROCESSING DEI DATI ACQUISITI

RICOSTRUZIONE DEL SEGNALE

Dopo il campionamento del segnale da parte dell'ADC, che dovrà essere sincronizzato con il segnale trasmesso si procederà alla conversione in banda base mediante la tecnica della demodulazione supereterodina. I campioni utili dell'eco radar verranno prelevati al centro di ciascun tono. Successivamente, tramite l'operazione di IFFT, il segnale sarà trasformato dal dominio della frequenza a quello del tempo. Per migliorare la risoluzione e rendere distinguibili anche gli echi più deboli, spesso mascherati dai lobi laterali, si applicherà una finestra di Hanning, che consente di ridurre efficacemente tali lobi.

PRESUMMING

Per diminuire la mole dei dati generati, deve poter essere selezionata una modalità di riduzione dei dati, facendo una somma coerente dei dati acquisiti, di un fattore variabile da definire con il personale INAF.

FINESTRATURA

Per ridurre ulteriormente la quantità di dati acquisiti e trasmessi a terra, sarà necessario sviluppare algoritmi avanzati in grado di stimare con precisione la posizione degli echi scientifici all'interno del segnale radar. Tali algoritmi dovranno identificare e isolare i picchi di interesse, distinguendoli dal resto della scena che non contiene informazioni rilevanti. A tal fine, verrà implementata una finestratura dinamica sul segnale ricevuto, che consentirà di selezionare in modo adattivo solo le porzioni temporali in cui è effettivamente presente l'eco utile. In questo modo, sarà possibile trasmettere esclusivamente i dati significativi, ottimizzando l'utilizzo della banda di comunicazione e riducendo al minimo il carico computazionale e di memoria a bordo.

SINCORNIZZAZIONE

Le schede digitali dovranno essere in grado di sincronizzare tutti i dispositivi dei due GPR

FORMATTAZIONE DEI DATI

Le schede digitali dovranno essere in grado di formattare i dati elaborati a bordo secondo specifiche tecniche che saranno concordate con il personale INAF. Tali dati, una volta processati, verranno memorizzati su dispositivi di archiviazione allo stato solido (SSD), scelti per garantire affidabilità, velocità di scrittura e resistenza alle condizioni operative del sistema.

Oltre ai dati scientifici primari, sarà fondamentale archiviare anche i cosiddetti dati ancillari, ovvero tutte quelle informazioni di supporto necessarie per una corretta interpretazione scientifica del segnale. Questi dati potranno includere, ad esempio, parametri di acquisizione, posizione e assetto del veicolo (rover o drone), marcatori temporali precisi, configurazioni strumentali, stato operativo dei sottosistemi e qualsiasi altra informazione utile a contestualizzare il dato nel momento e nell'ambiente in cui è stato raccolto.

La corretta associazione tra dato scientifico e dati ancillari è essenziale per garantire la tracciabilità, la qualità e il valore scientifico del prodotto finale, sia per l'analisi immediata sia per l'archiviazione a lungo termine.

Il generico Sistema Digitale, che si intende far realizzare all'Operatore Economico, è illustrato nella seguente Figura 5.1

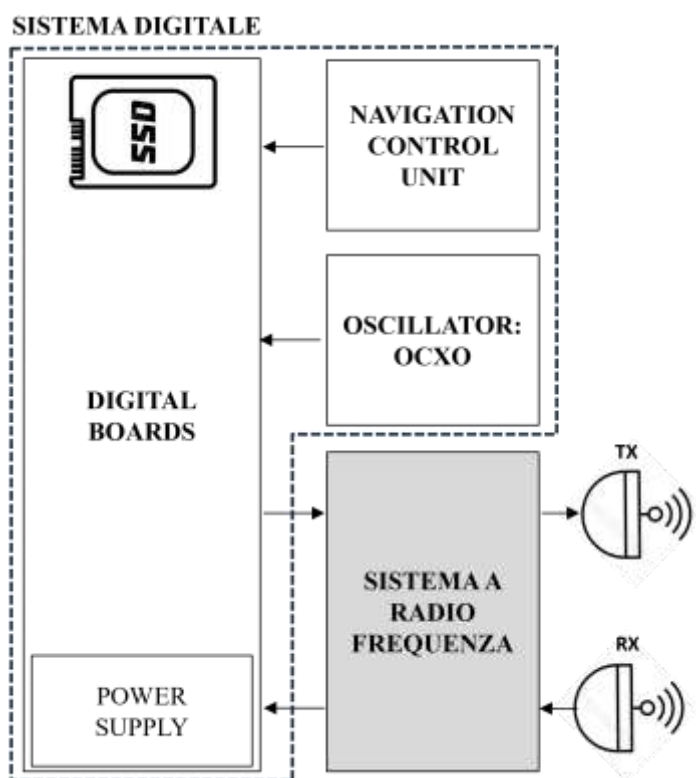


Figura 5.1 Schema a blocchi degli strumenti MAGHIS e LISAR_DES. Il blocco evidenziato in grigio non rientra nell'ambito della presente richiesta.

	 SPACE IT UP/LISAR-DES	ISSUE: 03 Data: 27/11/2025 Page 15 of 18
---	---	---

6 SERVIZI RICHIESTI

- **Installazione e collaudo presso la sede del committente**

Si richiede che le schede digitali vengano sottoposte a collaudo funzionale direttamente presso la sede INAF/IAPS, al fine di verificarne l'integrazione con il sistema RF e garantirne il corretto funzionamento.

- **Formazione tecnica specializzata**

Si richiede una sessione di formazione tecnica della durata minima di 3 giorni, rivolta a due operatori designati da INAF/IAPS. La formazione dovrà includere l'utilizzo delle schede digitali, la gestione del software di controllo, la lettura e interpretazione dei dati acquisiti, oltre alle procedure di diagnostica e manutenzione ordinaria.

- **Fornitura di manualistica in lingua inglese**

Si richiede la fornitura di manuali utente dettagliati, redatti in lingua inglese, comprendenti descrizioni tecniche, istruzioni operative, procedure di installazione, manutenzione e risoluzione dei problemi.

- **Assistenza tecnica continua**

Successivamente alla consegna dei dispositivi digitali finali (uno per ciascuno strumento), completi di firmware installato e documentazione tecnica definitiva, entro 6 mesi dalla stipula del Contratto, si richiede assistenza per altri 12 mesi, senza ulteriori aggravii di costo, per assistenza tecnica e supporto sul funzionamento dei sistemi digitali commissionati.

- **Aggiornamenti software**

Si richiede l'installazione degli aggiornamenti software, comprensivi di miglioramenti funzionali, correzioni di bug ed eventuali ottimizzazioni degli algoritmi, al fine di mantenere il sistema costantemente allineato agli standard richiesti dal progetto.

7 REQUISITI DEL FORNITORE

Il fornitore dovrà dimostrare un'esperienza comprovata e documentabile nel settore spaziale, con particolare riferimento alla progettazione, sviluppo e integrazione di sistemi radar avanzati. Sarà considerato requisito essenziale il possesso di competenze tecniche di alto livello nell'ambito dei radar ad apertura sintetica (SAR), radar a modulazione di frequenza (FMCW/SFCW) e in particolare, nella realizzazione di Ground Penetrating Radar (GPR) destinati ad applicazioni in ambienti estremi o a bordo di piattaforme mobili, quali rover o droni.

Il fornitore dovrà essere in grado di dimostrare la propria esperienza mediante casi applicativi concreti, progetti già realizzati o in corso di realizzazione, referenze tecniche e pubblicazioni scientifiche o tecniche, ove disponibili. Tali competenze dovranno includere, oltre agli aspetti hardware (schede digitali, alimentatori schermati, ecc.), anche lo sviluppo software per l'elaborazione del segnale radar, la demodulazione, la riduzione dei dati e l'estrazione di echi scientifici.

La padronanza delle problematiche specifiche legate all'ambiente spaziale, come vincoli di massa, consumo energetico, compatibilità elettromagnetica, robustezza e affidabilità del sistema, costituirà un ulteriore elemento distintivo nella valutazione del fornitore.

Certificazione secondo la norma UNI EN 91-100:2018, Settori: 19,33. Progettazione e sviluppo di SW applicativi e di sistema per apparati e sistemi elettronici, per il settore aerospaziale.

8 MODALITA' DI ESECUZIONE

Poiché i progetti **MAGHIS** e **LISAR_DES** sono finanziati attraverso due distinti capitoli di spesa, la rendicontazione da parte del fornitore dovrà essere effettuata in modo separato e dettagliato, per ciascun progetto. Il finanziamento complessivo dei due progetti, relativo ai task descritti nei capitoli precedenti, ammonta a **60.000 €** (IVA inclusa), così ripartiti:

- **Progetto MAGHIS:** 30.000 € (IVA inclusa)
- **Progetto LISAR_DES:** 30.000 € (IVA inclusa)

PROGETTO MAGHIS

Per il progetto MAGHIS è prevista la fornitura di due sistemi digitali completi, come descritto nei capitoli precedenti ed in particolare in [RA1]: uno destinato alla fase di sviluppo e test, l'altro come versione finale da integrare con il resto dell'elettronica dello strumento.

Per il conseguimento degli obiettivi scientifici previsti, è necessario impiegare moderne schede RFSoc (Radio Frequency System-on-Chip), appartenenti alla nuova generazione di circuiti integrati. Queste soluzioni integrano in un unico dispositivo convertitori analogico/digitali (ADC) e digitale/analogici (DAC) ad alta velocità, un potente sistema di elaborazione ARM multicore e un'ampia FPGA programmabile. In particolare, per le attività previste, si richiede all'Operatore Economico comprovata esperienza nella programmazione delle schede RFSoc 4×2, poiché la Stazione Appaltante (SA) ha preliminarmente individuato tali schede come soluzione compatibile con le esigenze dei progetti sopra descritti. Tuttavia, la SA si riserva di valutare, insieme all'Operatore Economico, l'eventuale disponibilità di prodotti alternativi che possano meglio soddisfare i requisiti progettuali.

Il fornitore sarà responsabile della programmazione di entrambe le schede e della fornitura dei relativi sottosistemi: **Navigation Control Unit, Oscillatore OCXO, Alimentatore e Scheda di memorizzazione dati (SSD).**

L'importo a disposizione della SA per l'intervento sopra descritto è: 24.590,00,00 Euro oltre di iva di legge

PROGETTO LISAR DES

Per il progetto LISAR_DES è prevista la fornitura di due sistemi digitali completi, come descritto nei capitoli precedenti ed in particolare in [RA2]: uno destinato alla fase di sviluppo e test, l'altro come versione finale da integrare con il resto dell'elettronica dello strumento.

Per il conseguimento degli obiettivi scientifici previsti, è necessario impiegare moderne schede RFSoc (Radio Frequency System-on-Chip), appartenenti alla nuova generazione di circuiti integrati. Queste soluzioni integrano in un unico dispositivo convertitori analogico/digitali (ADC) e digitale/analogici (DAC) ad alta velocità, un potente sistema di elaborazione ARM multicore e un'ampia FPGA programmabile. In particolare, per le attività previste, si richiede all'Operatore Economico comprovata esperienza nella programmazione delle schede RFSoc 4×2, poiché la Stazione Appaltante (SA) ha preliminarmente individuato tali schede come soluzione compatibile con le esigenze dei progetti sopra descritti. Tuttavia, la SA si riserva di valutare, insieme all'Operatore Economico, l'eventuale disponibilità di prodotti alternativi che possano meglio soddisfare i requisiti progettuali.

Il fornitore sarà responsabile della programmazione di entrambe le schede e della fornitura dei relativi sottosistemi: **Navigation Control Unit, Oscillatore OCXO, Alimentatore e Scheda di memorizzazione dati (SSD).**

L'importo a disposizione della SA per l'intervento sopra descritto è: 24.590,00,00 Euro oltre di iva di legge

Nella tabella sottostante, sono riportate le diverse tranches, a partire dalla firma del contratto al tempo (T0), oltre iva di legge

<i>Strumento/Tranche</i>	<i>T0+1MESE Consegna 1(*)</i>	<i>T0+3MESI Consegna 2(*)</i>	<i>T0+6MESI Consegna 3(*)</i>	<i>T0+12MESI Assistenza</i>
MAGHIS	6.000,00 €	9.500,00 €	9.090,00 €	0 €
LISAR_DES	6.000,00 €	9.500,00 €	9.090,00 €	0 €
Totale per Consegna	12.000,00 €	19.000,00 K€	18.180,00 €	0 €

--	--

Tabella 8.1 Struttura economica dei progetti MAGHIS , LISAR_DES

(*) Il dettaglio delle consegne è descritto nel Paragrafo 8.1

8.1 DESCRIZIONE DELLE CONSEGNE

Consegna 1:

Per entrambi i progetti è richiesto lo sviluppo delle specifiche tecniche preliminari del sistema digitale con la relativa documentazione.

Consegna 2:

Per entrambi i progetti viene richiesto un primo prototipo completo del sistema digitale (uno per ciascuno strumento), ciò al fine di consentire al personale INAF e agli ASSOCIATI-INAF coinvolti nei progetti, di eseguire i test di qualifica e verifica del funzionamento dei dispositivi a radiofrequenza che saranno connessi ai sistemi digitali. Sulla base dei risultati ottenuti dai test di qualifica e verifica delle prestazioni eseguiti sui prototipi, potrebbe essere necessario uno o più aggiornamenti dei due prototipi digitali.

Consegna 3:

Per entrambi i progetti si richiede la fornitura degli altri due dispositivi digitali finali (uno per ciascuno strumento), completi di firmware installato e documentazione tecnica definitiva. Alla chiusura del contratto si richiede assistenza per altri 12 mesi, a costo zero, per assistenza tecnica e supporto sul funzionamento dei sistemi digitali commissionati.

-