

Allegato tecnico per la fornitura di un Sistema elettromeccanico per il polarimetro LUNAPOL

P. de Bernardis, S. Masi
Dipartimento di Fisica, Sapienza, Roma
INAF – IAPS - Roma
1 luglio 2024

Indice

Allegato tecnico per la fornitura di un Sistema elettromeccanico per il polarimetro LUNAPOL	1
Introduzione.....	2
Necessità dell'acquisto.....	2
Specifiche di sistema.....	2
Sottosistema modulatore di polarizzazione.....	3
Sottosistema supporto sensori CCD e obbiettivi.....	5
Sottosistema schermo esterno.....	5
Sottosistema controller board.....	6
Elenco delle parti della fornitura.....	8
Parti del rotore:.....	8
Parti dello statore:.....	8
Parti per la movimentazione:.....	8
Parti del supporto CCD e obbiettivi.....	8
Parti dello schermo.....	9
Controllore di posizione.....	9
Fornitura.....	9
Tempi di fornitura.....	9
Contatti per questioni tecniche.....	9
Allegato:.....	9

Introduzione

LUNAPOL è un polarimetro per la luce stellare. E' sviluppato in ambito PNRR per missioni pionieristiche sulla Luna, e produrrà sia dati di validazione che prodotti scientifici. Il LUNAr optical POLarimetry surveyor (LUNAPOL) si basa su due obiettivi fotografici, un modulatore di polarizzazione, due CCD operanti in banda V. Il puntamento viene tenuto stabile rispetto alla superficie lunare, scansionando così lentamente il cielo durante la rotazione mensile. Ciascuna immagine stellare rimane nel campo di vista dello strumento per ore, e nello stesso pixel per decine di secondi, permettendo un gran numero di cicli di modulazione e calibrazione in condizioni stabili, impossibili da realizzare su satelliti in orbita terrestre.

Necessità dell'acquisto

In LUNAPOL l'analisi polarimetrica della radiazione viene effettuata grazie ad un sistema lamina a mezza onda rotate – polarizzatore fisso (polarimetria di Stokes). Le richieste di accuratezza e precisione sono molto spinte, in quanto il grado di polarizzazione stellare causato dalla polvere interstellare è dell'ordine dell'1%, e si vuole essere in grado di misurarlo con una accuratezza 100 volte migliore, quindi il sistema deve essere sensibile a gradi di polarizzazione dell'ordine dello 0.01%. Inoltre il polarimetro deve lavorare in banda V di Johnson, in modo da poter massimizzare il numero di stelle osservabili. Infine. Il campo di vista e la sensibilità richiedono due sistemi ottici con diversi gradi di campo, in modo da osservare un numero sufficiente di stelle anche in campi ad alte latitudini galattiche. Polarizzatore e lamina a mezza onda devono trovarsi all'ingresso del sistema ottico, per evitare la polarizzazione spuria prodotta dai successivi componenti del sistema.

E' quindi necessario acquisire un sistema elettro-meccanico che realizzi le seguenti funzioni:

- a) Montaggio di precisione dei componenti ottici: i due obiettivi fotografici e le due CCD, il polarizzatore, la lamina a mezza onda, il sistema che la fa ruotare in modo controllato.
- b) Schermo termico esterno che funge da schermo per la radiazione solare, a cui interfacciare in modo robusto ma con bassa conducibilità termica il telaio di cui al punto a.
- c) Rotazione controllata e precisa della lamina a mezza onda rispetto al suo asse. La rotazione viene indotta da un motore interfacciato ad un controllore, che va connesso al computer di bordo.

Specifiche di sistema

Il sistema completo va realizzato a partire dai disegni 3D visibili nelle figure seguenti. I disegni sono disponibili in formato step su richiesta. In **Figura 1** riportiamo una vista generale dello strumento.

Lo strumento è disegnato per lavorare in ambiente di alto vuoto, sia in condizioni di intensa illuminazione solare che di totale ombra, a temperature comprese tra -55C e 125C.

La rotazione della lamina a mezza onda avverrà ogni dieci secondi, per un anno, quindi il cuscinetto, il motore, gli ingranaggi e tutti i componenti coinvolti nella rotazione dovranno essere scelti e dimensionati per più di 3 milioni di cicli.

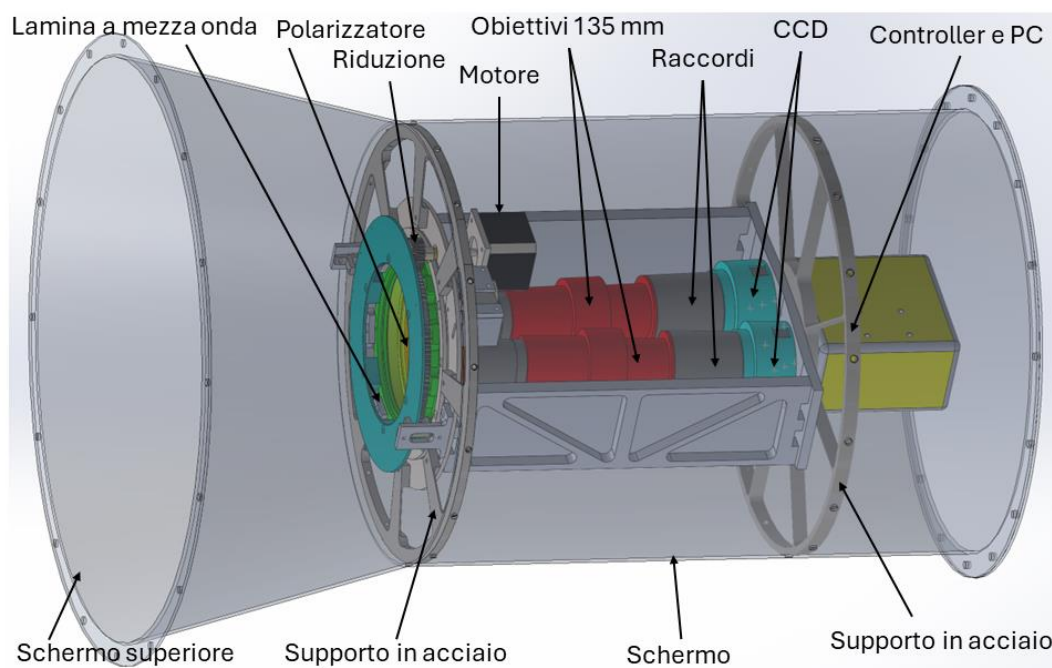


Figura 1: Vista generale del sistema. Non fanno parte della fornitura la lamina a mezza onda, il polarizzatore, gli obiettivi 135 mm, i raccordi, le CCD e il PC. Per scala, il diametro dello schermo cilindrico è di 304 mm. La sua altezza è di circa 405 mm. L'altezza complessiva dello strumento, compreso lo schermo superiore conico, è di circa 610 mm.

Nel seguito descriviamo i diversi sottosistemi.

Sottosistema modulatore di polarizzazione

Il sottosistema modulatore di polarizzazione è formato dal supporto rotante della lamina a mezza onda, dal supporto fisso del polarizzatore, dal motore, dal sistema di trasmissione del moto e dai sensori di rotazione. La sua funzione è ruotare intorno al suo asse la lamina a mezza onda portandola in posizioni angolari predefinite di 0° , 12.25° , 22.5° , 33.75° , 45° , 56.25° , 67.5° , 78.75° e 90° rispetto alla direzione dell'asse principale del polarizzatore, che invece è montato in modo solidale allo strumento. La lamina a mezza onda e il polarizzatore sono componenti ottici di precisione esclusi dalla presente fornitura.

Il sottosistema è visualizzato in **Figura 2**. Il disco encoder, l'ingranaggio, il supporto HWP e la lamina a mezza onda costituiscono il **rotore**, che è supportato tramite un cuscinetto sottile SKF modello KDN.S14003XS0. La lamina a mezza onda è schiacciata tra le due parti del supporto HWP (in verde scuro e chiaro) grazie a due guarnizioni OR in silicone tipo OR-244. Nella parte statica le due parti del supporto polarizzatore (in arancio e in rosso) schiacciano in posizione il polarizzatore tramite altri due OR-244. Il rotore viene fatto ruotare tramite un motore passo-passo montato sullo statore, con pignone sull'asse ingaggiato sull'ingranaggio del rotore. Ingranaggio e pignone sono rispettivamente i modelli IGUS P360GM_ST_100_140_04_120_R_1_reco (modificato) e P360GM_ST_100_020_00_040_R_2 eventualmente replicati in metallo. Il motore passo-passo è di tipo RS1805279. Per eliminare il gioco, il pignone viene pressato elasticamente contro l'ingranaggio grazie al montaggio del motore descritto in

Figura 3. La rotazione viene controllata usando i segnali di due sensori ottici a interruzione modello OPB815, che sfruttano i fori calibrati presenti sul disco encoder.

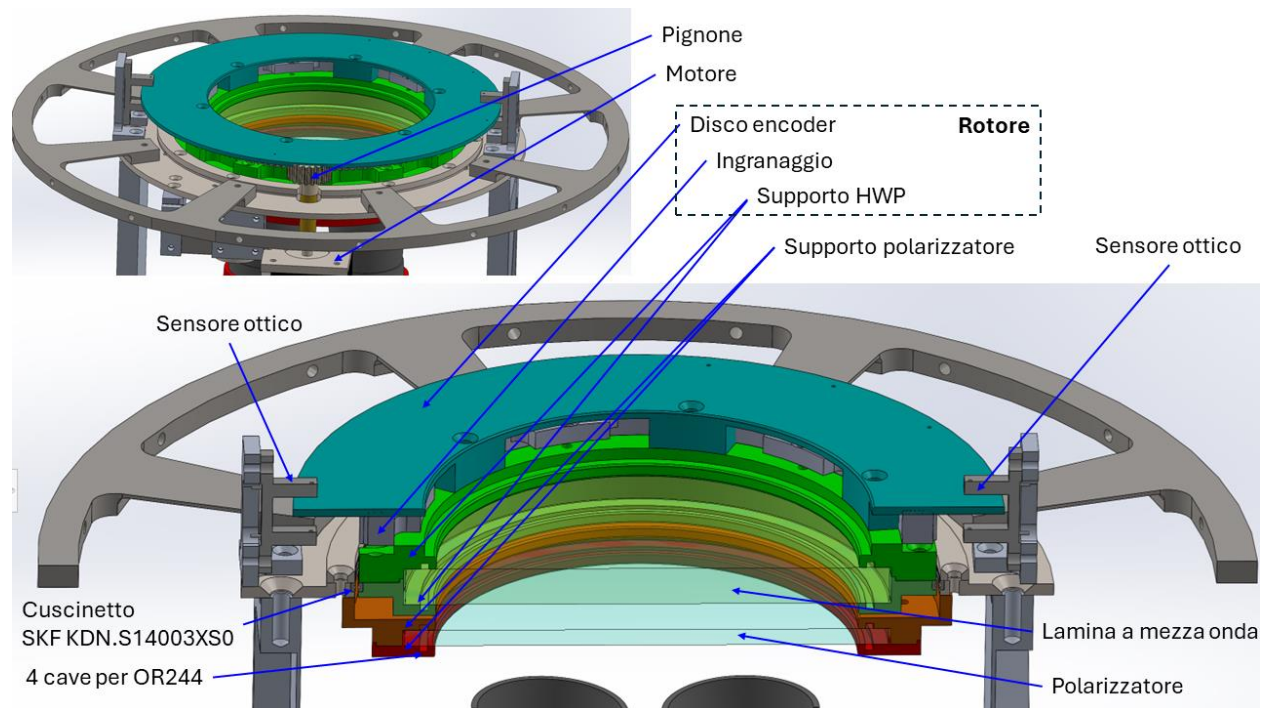


Figura 2: parti del modulatore di polarizzazione.

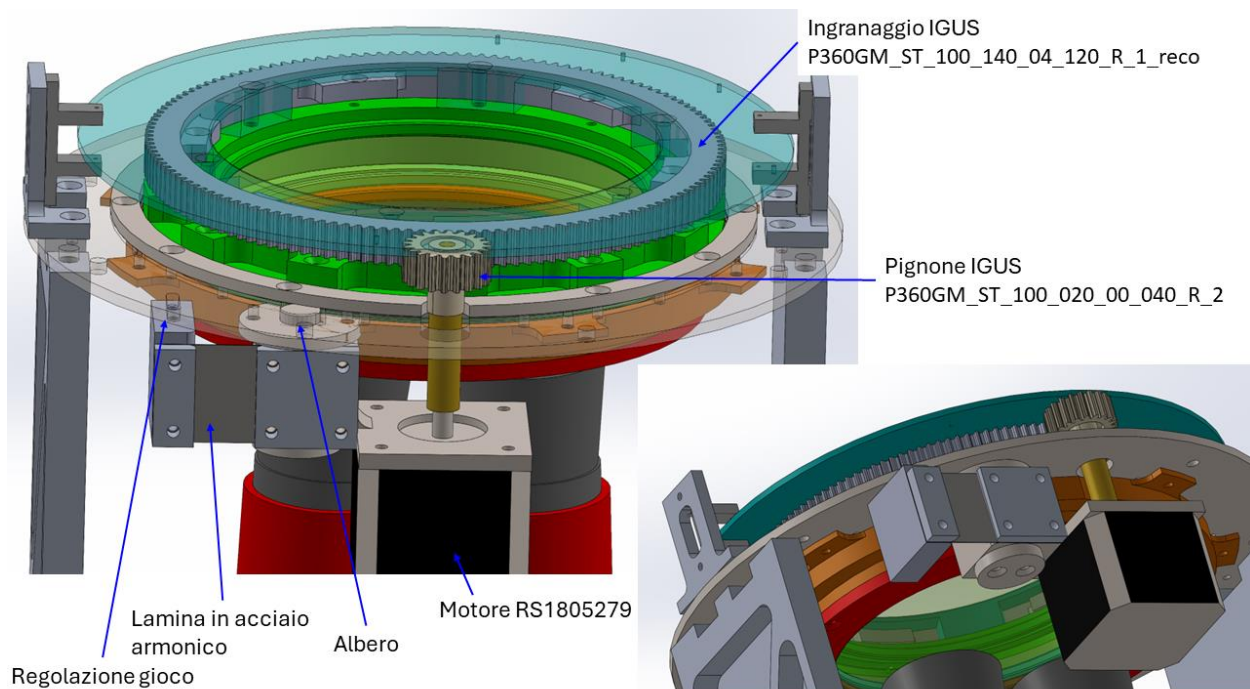


Figura 3: montaggio del motore e meccanismo di riduzione del gioco tra pignone e ingranaggio.

Sottosistema supporto sensori CCD e obiettivi

I due sensori CCD, completi di raccordo, obiettivo 135 mm e baffle, sono connessi al sistema di modulazione della polarizzazione tramite una struttura costituita da 4 pezzi: una flangia principale in acciaio inox, due montanti e una flangia inferiore in anticorodal, come visibile in **Figura 4** di sinistra

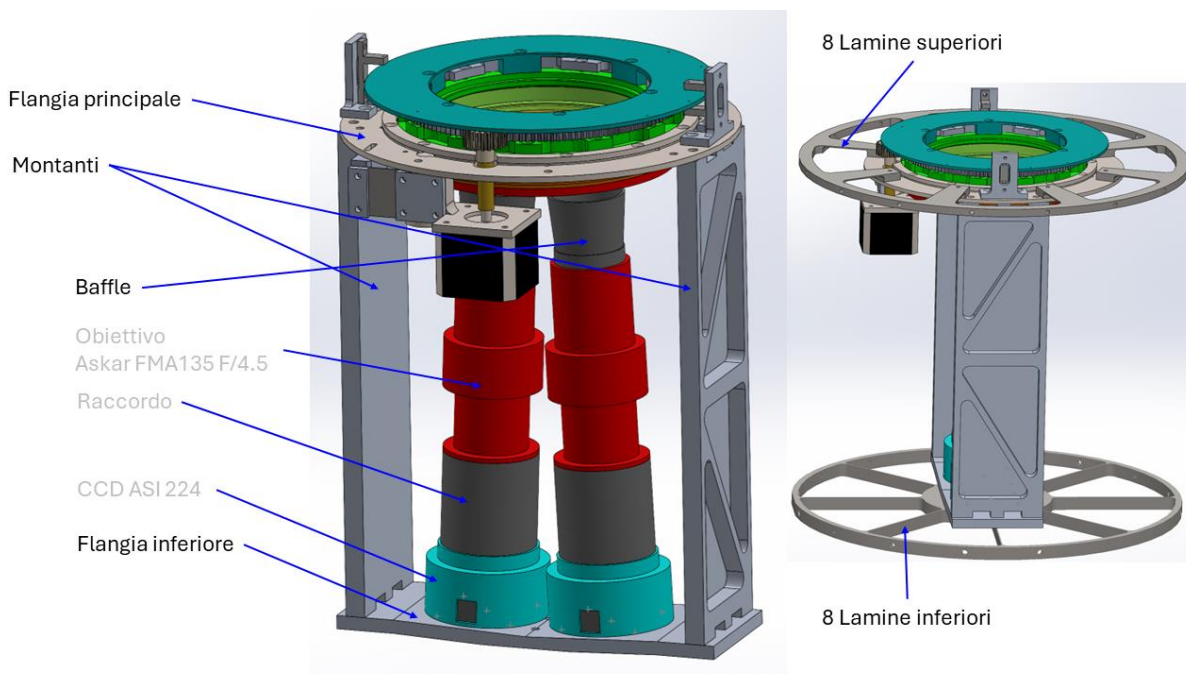


Figura 4: **A sinistra:** Struttura di collegamento tra CCD e modulatore di polarizzazione. **A destra:** lamine di connessione tra la struttura e lo schermo.

La struttura descritta sopra è connessa allo schermo esterno tramite 16 lamine in acciaio (8 alte e 8 basse) ricavate dal pieno, come visibile nella Figura 4 di destra.

I sensori CCD, i raccordi e gli obiettivi non fanno parte di questa fornitura.

Sottosistema schermo esterno

Lo schermo antisoletto è costituito da quattro sezioni (flangia superiore, schermo superiore conico, schermo inferiore cilindrico, anello inferiore) in alluminio calandrato, saldate tra loro, e una flangia di fondo in alluminio avvitata all'anello inferiore, come visibile in **figura 5**.

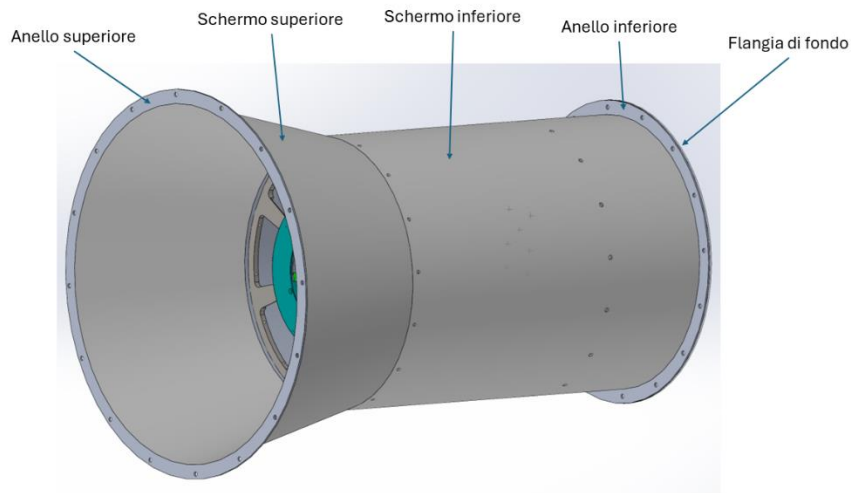


Figura 5. Schermo esterno.

Sottosistema controller board

La rotazione ed il posizionamento della lamina a mezza onda sono gestite da una scheda di controllo, compresa in questa fornitura, che si occupa di ricevere comandi dal PC di bordo e inviare dati allo stesso PC su linea seriale RS232 isolata. Di conseguenza dovrà inviare gli impulsi agli avvolgimenti del motore passo-passo, alimentare in modo modulato e demodulare i segnali dai sensori a interruzione, fermando la rotazione nella posizione desiderata, scelta tra gli angoli 0° , 12.25° , 22.5° , 33.75° , 45° , 56.25° , 67.5° , 78.75° e 90° . La precisione di posizionamento dell'angolo della lamina a mezza onda deve essere migliore di 6 minuti d'arco. Lo spostamento da una posizione alla successiva deve essere possibile in tempi inferiori a 2 secondi. La linea RS232 deve essere isolata (in ambedue le direzioni di comunicazione) dal PC di bordo che invierà i comandi e leggerà le risposte. Riportiamo in **figura 6** un diagramma a blocchi del controller, e le specifiche delle interfacce.

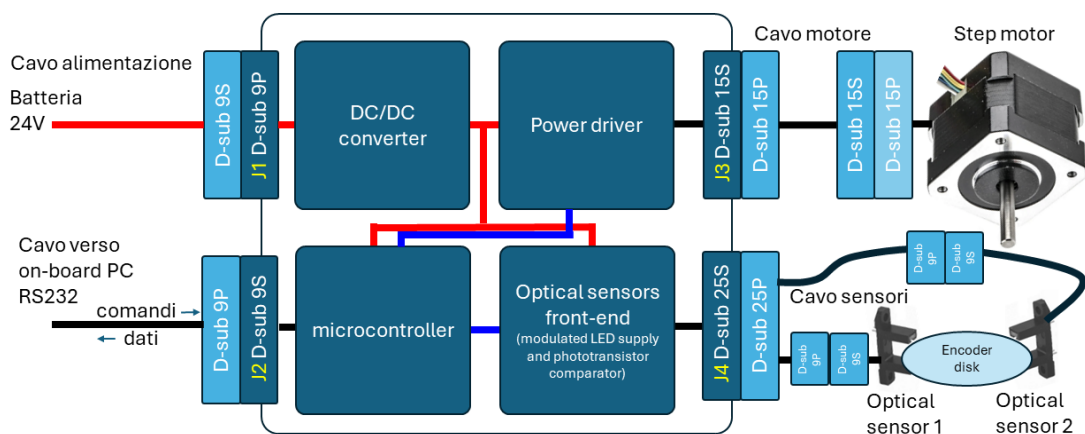


Figura 6: diagramma a blocchi della controller board.

Pin function connettore D-sub 9P **J1: Power supply**

Pin	Function
1,2,5	+V battery
4,5,9	-V battery
3,6,7	Shield

Pin function connettore D-sub 9S **J2: RS232 Communications**

Pin	Function
2	TX
3	RX
5	Shield / return

Pin function connettore D-sub 15S **J3: Step Motor**

Pin	Function
1,2,9	Phase A
3,10,11	Phase A-
4,5,12	Phase B
6,13,14	Phase B-
7,8,15	Shield

Pin function connettore D-sub 25S **J4: Optical Sensors**

Pin	Function
1,2	Anode 1
14,15	Cathode 1
3,4	Collector 1
16,17	Emitter 1
6,7	Anode 2
19,20	Cathode 2
8,9	Collector 2
21,22	Emitter 2
11,12,24	Shield

La scheda dovrà essere alloggiata in un contenitore metallico, completo di connettori, di dimensioni tali da poter essere alloggiato nello spazio indicato schematicamente in **Figura 1**. Il contenitore dovrà essere avvitato alla *flangia inferiore* del supporto CCD e obbiettivi.

L'intervallo di temperatura operativa del controller, dei connettori e dei cavi dovrà essere da -55C a +105C. Il controller dovrà poter operare in condizioni di totale assenza di aria (alto vuoto). Per questo va particolarmente curata la dissipazione passiva radiativa dei driver per il motore passo passo e del DC/DC converter.

Elenco delle parti della fornitura

Riportiamo di seguito gli elenchi delle parti della fornitura e i nomi dei files step corrispondenti. Le quantità includono i ricambi, dove necessario.

Parti del rotore:

Parte	Materiale	File step	Quantità
Disco encoder	AL6061T6	Encoder.step	1
Ingranaggio	Ottone	P360GM_ST_100_140_04_120_R_1_reco.step	2
Supporto HWP – 1	AISI 304	HWP-cover-V2.step	1
Supporto HWP – 2	AISI 304	rotor2.step	1

Parti dello statore:

Parte	Materiale	File step	Quantità
Flangia Principale (Alloggio cuscinetto 1)	AISI 304	main-plate.step	1
Alloggio cuscinetto 2	AISI 304	bearing-cover.step	1
Supporto polarizzatore 1	AISI 304	polarizer-cover-V2.step	1
Supporto polarizzatore 2	AISI 304	polarizer-holder-V2.step	1
Cuscinetto	acciaio	Parte commerciale SKF KDN.S14003XS0	2
O-ring	silicone	Parte commerciale OR-244	8

Parti per la movimentazione:

Parte	Materiale	File step	Quantità
Pignone	AISI 304	P360GM_ST_100_020_00_040_R_2.step	2
Asse	Ottone	stepper-to-pinion-shaft.step	1
Supporto motore	AL6061T6	stepper-support.step	1
Asse per supporto	Ottone	stepper-support-shaft.step	1
Coperchietto	Ottone	stepper-support-shaft-cover.step	1
Lamina flessibile	Acciaio Armonico	flat-spring.step	2
Coperchio lamina 1	AL6061T6	flat-spring-cover1.step	1
Coperchio lamina 2	AL6061T6	flat-spring-cover2.step	1
Regolazione lamina	AL6061T6	flat-spring-reference.step	1
Step motor	-	Parte commerciale RS 1805279	2
Supporto sensore	AL6061T6	support-opb815.step	2
Sensore ottico	-	Parte commerciale OPB815	4

Parti del supporto CCD e obiettivi

Parte	Materiale	File step	Quantità
Montante verticale	AL6061T6	spacer-2.step	2
Flangia inferiore	AL6061T6	plate_wedge.step	1
Lamine inferiori	AISI 304	instrument_to_shelter_low_119.step	1
Lamine superiori	AISI 304	instrument_to_shelter_119.step	1

Parti dello schermo

Parte	Materiale	File step	Quantità
Schermo esterno	Alluminio	shelter-outside.step	1
Piastra fondo	AL6061T6	bottom-cover.step	1

Controllore di posizione

Parte	Materiale	File step	Quantità
Controller	-	-	1
Cavo per motore	-	-	1
Cavo per sensori	-	-	1
Cavo per main PC	-	-	1
Cavo alimentazione	-	-	1

Fornitura

La fornitura dovrà comprendere tutte le parti dettagliate negli elenchi riportati sopra, gli schemi elettrici ed il sorgente del firmware del controller, nonché la viteria in acciaio inox necessaria per l'assemblaggio. Dovrà inoltre essere corredata dai disegni costruttivi (blue-prints) per tutte le parti meccaniche, e dai report di collaudo delle stesse e del controller, dai quali si deve evidenziare il funzionamento a specifiche del rotatore.

Tempi di fornitura

Si richiede una consegna entro 4 mesi dall'ordine.

Contatti per questioni tecniche

Prof. Paolo de Bernardis, prof. Silvia Masi

Dipartimento di Fisica

Sapienza Università di Roma

paolo.debernardis@roma1.infn.it

silvia.masi@roma1.infn.it

+39 06 49914271

Allegato:

step-files.zip