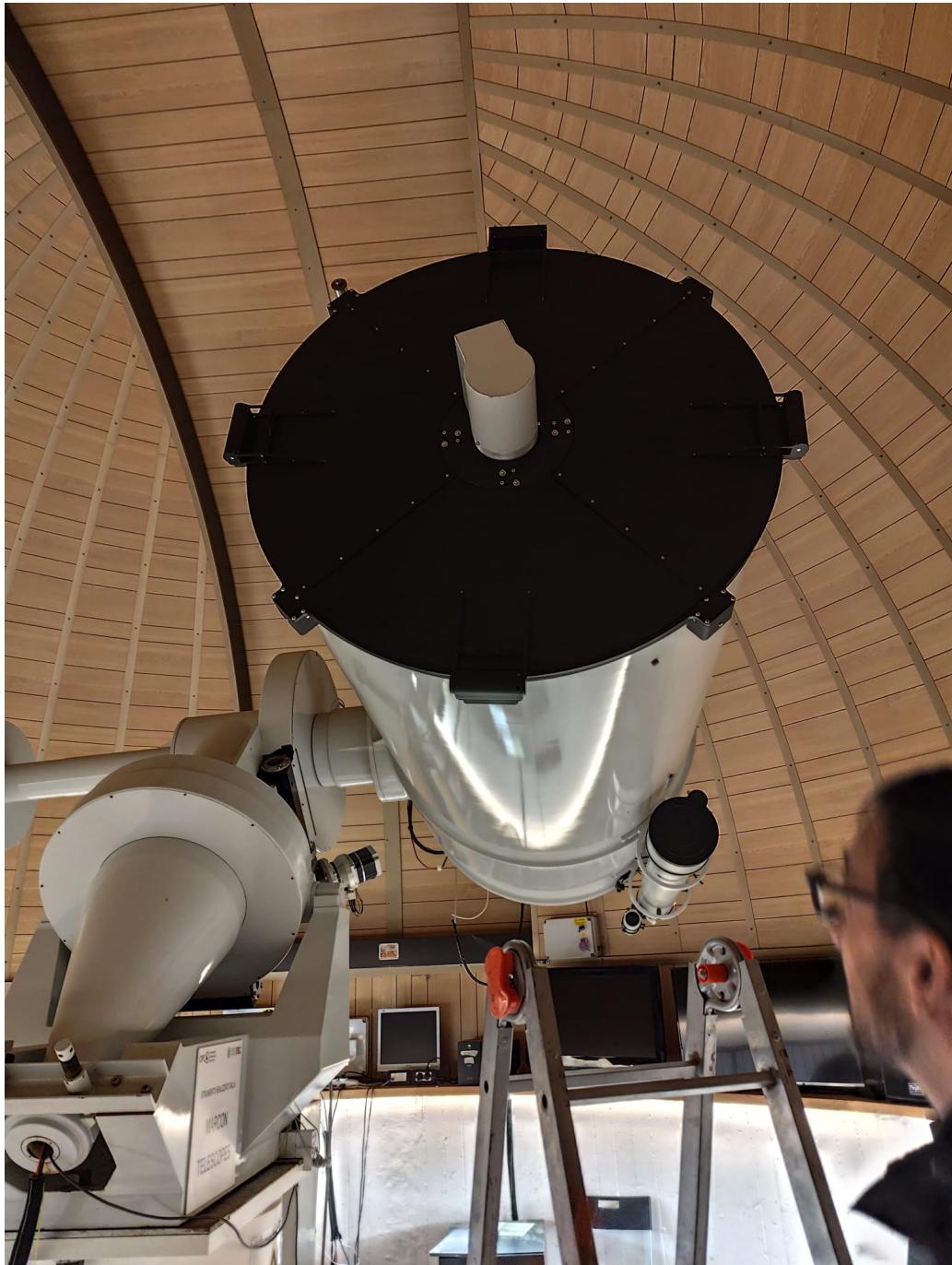


Il sistema di controllo della chiusura motorizzata del telescopio ad OPC

Gennaio 2026



1 Descrizione generale

La chiusura motorizzata è costituita da quattro petali a forma di settore circolare montati su un anello che viene montato all'estremità del tubo del telescopio e fissato mediante morsetti.

I petali sono incernierati sul bordo dell'anello e vengono azionati mediante un sistema motore passo-passo + riduttore. I petali sono anche dotati di miscroswitch di fine corsa normalmente aperti che vengono chiusi quando il petalo si trova in posizione di chiusura.

Per maggiori dettagli si rimanda al documento fornito da Telescopi Italiani e riportato in appendice.

2 Il controllore

Il controllore per la movimentazione dei motori dei petali è costituito da un microcontrollore AT Mega 2560 della famiglia Arduino con una scheda aggiuntiva CNC-Shield (vedere figura 1).

La scheda Shield è in grado di controllare fino a quattro motori passo-passo.

2.1 Configurazione della scheda Shield

Per il corretto funzionamento del controllore la scheda deve essere configurata mediante appositi jumper.

In figura 1 viene mostrato l'insieme del controllore da cui sono stati rimossi i 4 driver dei motori per poter evidenziare la posizione di alcuni dei jumper richiesti.

Le frecce di colore azzurro indicano i jumper necessari come specificato nella seguente tabella:

1	Abilitazione scheda	1 jumper
2	Abilitazione canale A	2 jumper
3	Configurazione microstepping 1/4	4 jumper

Nota: i quattro jumper per la configurazione del microstep ad 1/4 sono inseriti nella posizione centrale.

2.2 Collegamento dei motori

Nella stessa figura 1 sono indicati con frecce di colore giallo le connessioni dei motori. I driver dei motori sono identificati nella documentazione dello Shield dalle lettere X, Y, Z, A. A queste corrispondono i motori dei petali, nell'ordine, 1, 2, 3, 4. In altre parole la connessione del driver X dovrà essere collegata al motore del petalo 1, la Y al motore del petalo 2, ecc.

In figura 2 viene mostrato una delle connessioni dei motori evidenziando la funzione di ciascuno dei quattro elettrodi. Per il funzionamento corretto del motore e la giusta direzione di movimento, occorre rispettare l'ordine di collegamento.

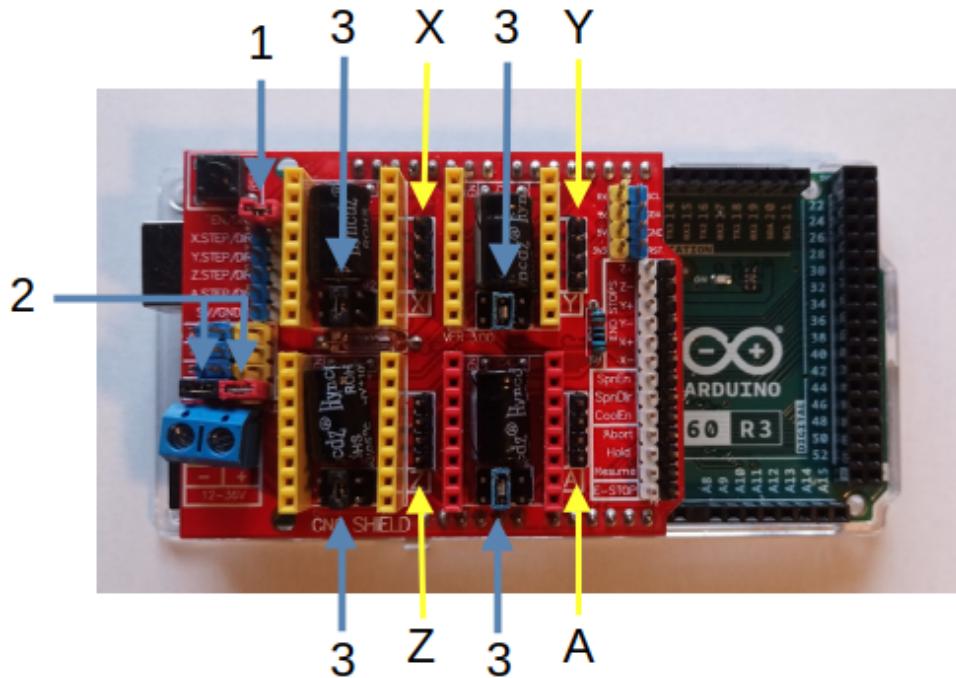


Figura 1: Il controllore

Con riferimento alla documentazione della ditta Telescopi italiani in appendice, nella tabella seguente viene specificata la corrispondenza fra i connettori sulla scheda Shield ed il connettore DSub 25 di cui è dotata la chiusura.

	X/petalo 1				Y/petalo 2				Z/petalo 3				A/petalo 4			
Shield	B2	A2	A1	B1												
Dsub25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17

2.3 Altri collegamenti

Il controllore richiede ulteriori collegamenti

- I quattro finecorsa dei petali
- Le quattro posizioni del commutatore per il controllo manuale
- I due pulsanti per il controllo manuale
- Il led di segnalazione del modo manuale
- Alimentazione dei motori

Nota: tutti i collegamenti utilizzano uscite digitali del microcontrollore che sono configurate come INPUT_PULLUP, cioè sono normalmente in stato HIGH e quindi vengono attivate portandole a livello 0 (LOW).

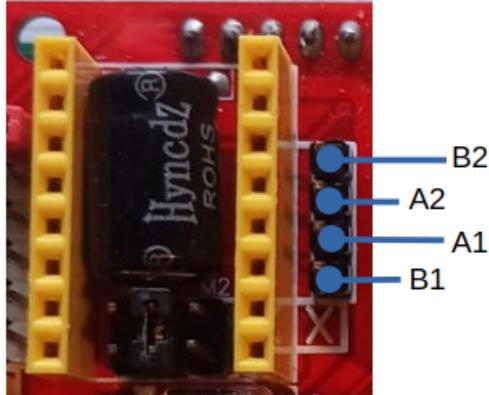


Figura 2: Dettaglio collegamenti motore, driver X

2.3.1 Collegamenti ai finecorsa

Con riferimento alla figura 3 i PIN utilizzati per i limit switch sono dal 14 al 17, nell'ordine, per i petali da 1 a 4.

2.3.2 Collegamenti per il controllo manuale

Il controllo manuale viene realizzato mediante un commutatore a 5 vie per selezionare il petalo da movimentare e due pulsanti per muovere il petalo selezionato in direzione di chiusura o di apertura. Il circuito include anche un LED che evidenzia il modo di funzionamento manuale (vedi anche schema di figura 4).

Nella figura 3 sono evidenziati i PIN utilizzati a tale scopo.

2.3.3 Alimentazione dei motori

L'alimentazione dei motori da 12-24 v CC viene fornita tramite morsetti predisposti sulla scheda Shield, indicati nella figura 3 dalla freccia di colore arancio.

2.4 I Driver

Fra le varie alternative sono stati utilizzati driver di tipo A4988 che vengono installati negli appositi zoccoli.

Nota 1: i driver devono essere maneggiati con cura perché si danneggiano facilmente (per elettricità statica?) e soprattutto devono essere installati nel verso giusto. Il piccolo potenziometro di regolazione della corrente massima deve stare dal lato dei morsetti per l'alimentazione del motore. Vedere figura 5.

Nota 2: è opportuno installare su ciascun drive l'apposito dissipatore.

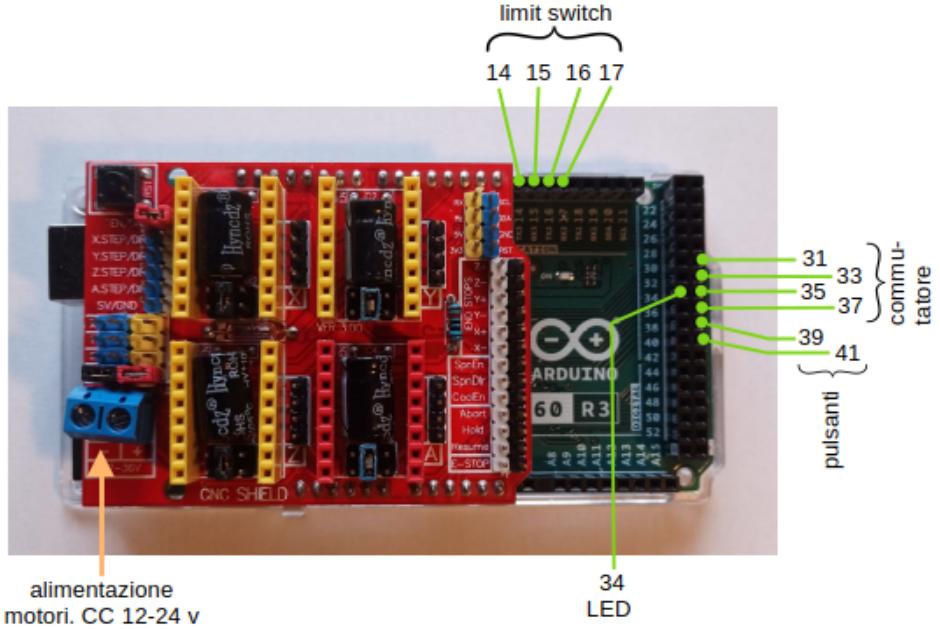


Figura 3: Collegamenti ai finecorsa e per il controllo manuale

2.4.1 Regolazione della corrente massima dei motori

Durante le prove è stato verificato che occorre regolare la corrente massima di alimentazione dei motori. Se regolata troppo bassa i motori non riescono a muovere o a mantenere la posizione dei petali contro la gravità.

La regolazione si effettua tramite i piccoli potenziometri installati su ciascun driver (vedi figura 5), procedendo per tentativi e tenendo presente che una rotazione in senso orario aumenta il valore di corrente.

3 Il software

3.1 Firmware

Il microcontrollore richiede un firmware appositamente realizzato per il corretto funzionamento dei motori. Il codice è scritto nel dialetto C++ specifico per i dispositivi della famiglia Arduino e viene gestito ed installato sul microcontrollore mediante il relativo sistema di sviluppo¹

Il firmware utilizza la libreria `AccelStepper` per il controllo dei motori.

¹Il codice è conservato insieme al restante software sviluppato per OPC nel repository GitHub: <https://github.com/lfini/SW-OPC-2.git>

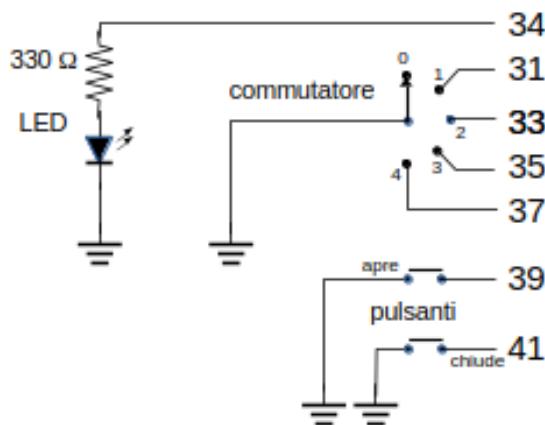


Figura 4: Schema dei dispositivi per il controllo manuale

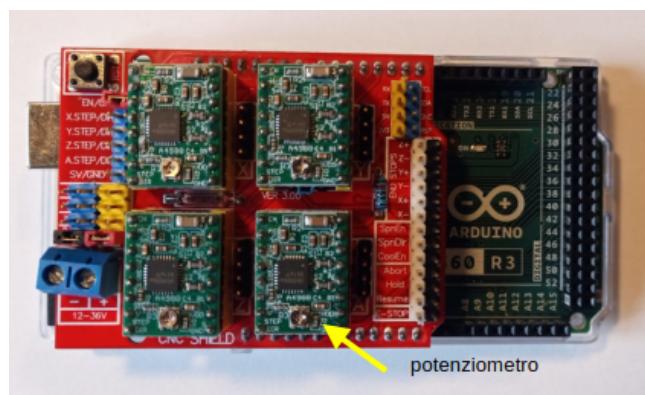


Figura 5: Controllore completo di driver

3.1.1 Comunicazione seriale

Oltre al controllo dei motori il software è predisposto per ricevere un semplice set di comandi dalla linea seriale collegata ad un PC tramite linea USB.

Nota: La configurazione standard di Arduino prevede che il microcontrollore effettui un completo *reset* ad ogni riconnessione della comunicazione via USB seriale. Questo significa che se il PC di controllo dovesse disconnettersi con il sistema funzionante sarà necessario utilizzare la procedura di *homming* per riportare la copertura in stato di riposo, prima di riprendere le operazioni.

3.1.2 Comandi operativi

Il set di comandi implementa funzioni di basso livello come: comando di movimenti assoluti e relativi, richiesta di posizione e di velocità, ecc². Le funzioni di più alto livello quali il

²Per un elenco completo dei comandi di basso livello si rimanda al codice sorgente del firmware, in particolare al file: `tappo_arduino.ino`.

coordinamento del moto dei petali sono implementate da un modulo e da una GUI in python.

3.2 Procedure di alto livello

Le procedure di alto livello sono costituite da due moduli:

- **tappo.py.** Modulo che implementa operazioni di alto livello (inizializzazione, homing, apertura e chiusura coordinata dei quattro petali) e consente inoltre di controllare l'apparecchiatura direttamente con comandi manuali per tutte le operazioni di test.

Il modulo include anche una procedura per lo *stress-test* del dispositivo, che applica ripetuti cicli di movimento ai quattro petali

- **tappo_gui.py.** È un'interfaccia grafica per le operazioni elementari di apertura a chiusura destinata al normale uso della chiusura del telescopio. Utilizza le funzioni di alto livello implementate in `tappo.py`.

A Documentazione tecnica da Telescopi Italiani

*Prof. Emanuele Pace
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Università degli Studi di Firenze
via G. Sansone 1, 50018 Sesto Fiorentino (FI)*

OGGETTO: Dati tecnici del sistema di chiusura del tubo del telescopio dell'Osservatorio Polifunzionale del Chianti.

- Nome del progetto: Detection of Earth-like ExoPlanets
- Codice del progetto: 2022J4H55R
- CUP: B53D23004830006

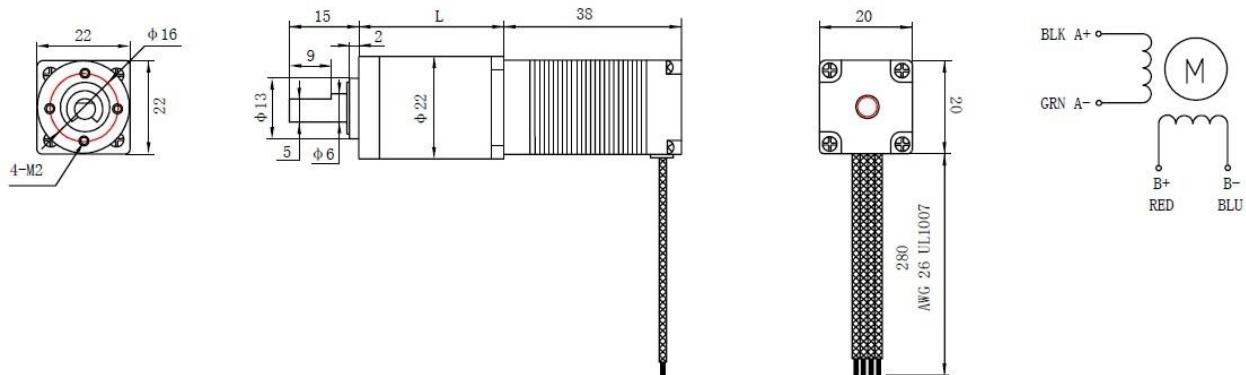
Il Sistema custom di chiusura motorizzato del tubo del telescopio principale dell’Osservatorio Polifunzionale del Chianti è costituito da un anello in alluminio monoblocco dello spessore di 8 mm che funge da struttura portante ai quattro meccanismi di chiusura.

Le quattro scatole di movimentazione ospitano gli stepper motor Nema 8 da 38 mm con riduzione 90:1 e relativi switch di finecorsa. I petali in alluminio sono movimentati grazie ad un sistema di staffe e cuscinetti direttamente calettate all’asse di uscita delle gearbox. Il sistema di finecorsa è uno switch collegato normalmente chiuso e va quindi ad aprire il circuito al momento dell’apertura dello switch che si verifica in chiusura dei petali. La movimentazione è possibile fino ad un massimo di 270° dalla chiusura.

Le gearbox del motore sono di tipo planetario a 3 stadi ed ha naturalmente un backlash di circa 2,5°/3°. La gearbox, nonostante la sua alta riduzione, consente un eventuale movimento di aperture e chiusura manuale in caso di non alimentazione del motore. Data la grandezza di ogni petalo è possibile che vi possano essere condizioni geometriche in cui la coppia generata dalla massa del petalo stesso possa vincere gli attriti interni portando ad un movimento del petalo non richiesto. Per evitare questo possiamo

consigliare di mantenere una modesta corrente di alimentazione (<0,1 A) in fase di apertura per far in modo che i petali mantengano la posizione di apertura in qualsiasi situazione.

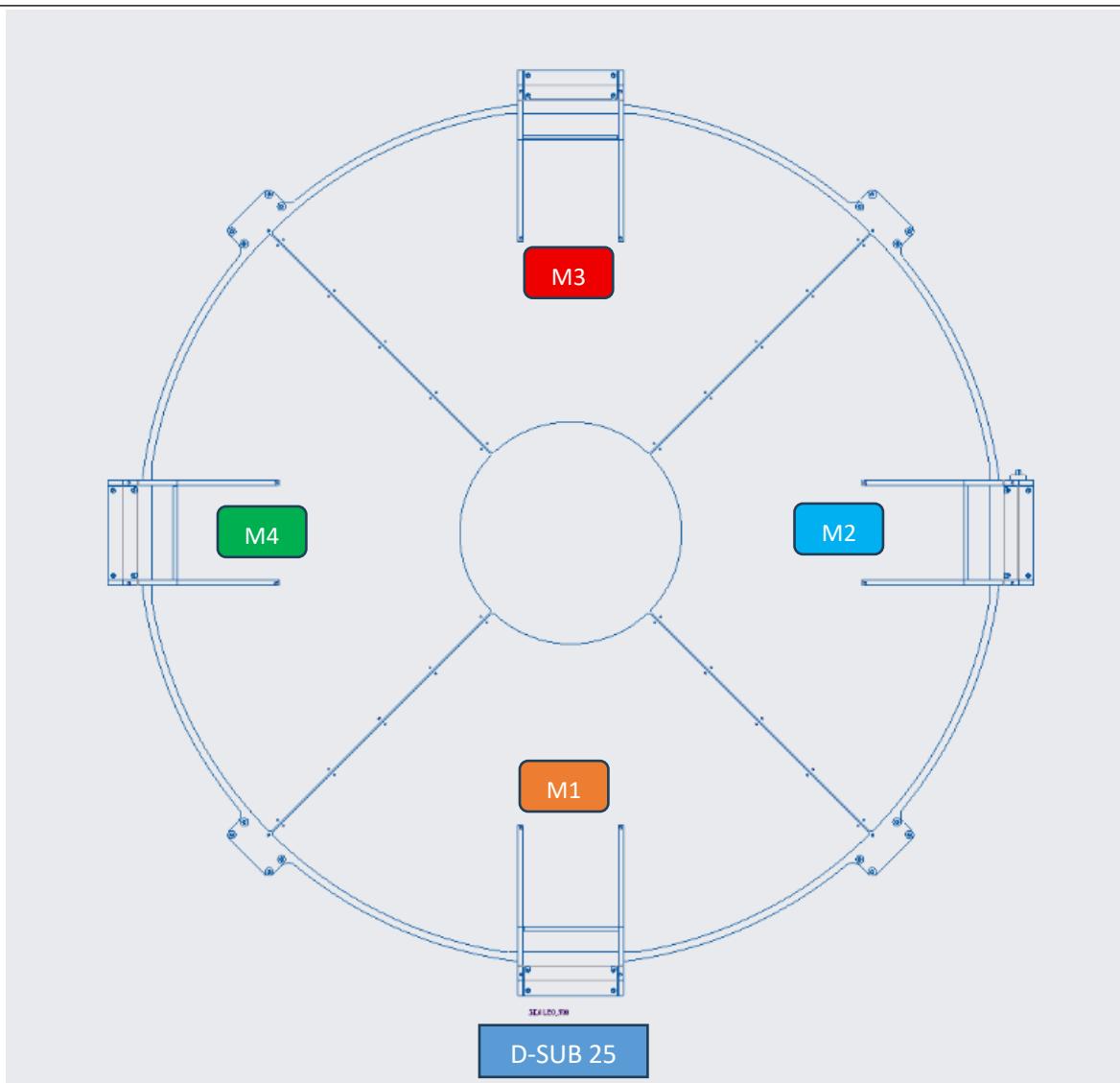
I petali, per garantire una buona tenuta, sono muniti di una battuta. La battuta è presente sui due petali contrapposti M2 e M4. Saranno quindi questi due motori a dover mettersi in moto per primi in fase di apertura e per ultimi in fase di chiusura. Viceversa la coppia di motori M1 e M3.



Queste le caratteristiche del motore:

<i>Step Angle(°)</i>	1.8
<i>Bipolar/Unipolar Bipolar</i>	
<i>Holding Torque(Nm)</i>	0.04
<i>Rated Current(A)</i>	0.6
<i>Frame Size(mm)</i>	20x20
<i>Body Length(mm)</i>	38
<i>Driving Voltage(VDC)</i>	12-24

Le scatolette che contengono i motori sono collegate all'anello tramite una coppia di connettori D-SUB 9 rendendo ogni scatoletta separabile con facilità dall'anello ed eventualmente soggette a manutenzione. Tutti i cablaggi sono all'interno di carter in materiale plastico e si collegano tutti ad un connettore D-SUB 25 maschio posizionata sollo al motore M1.



Corrispondenza PIN :

D-SUB 25 PIN	Petalo	Funzione	D-SUB 9 PIN
1	M1	B+	1
2	M1	B-	2
3	M1	A-	3
4	M1	A+	4
5	M2	B+	1
6	M2	B-	2
7	M2	A-	3
8	M2	A+	4
9	M3	B+	1
10	M3	B-	2
11	M3	A-	3
12	M3	A+	4
13	-		
14	M4	B+	1
15	M4	B-	2
16	M4	A-	3
17	M4	A+	4
18	M4	NC	9
19	M4	COM	8
20	M3	NC	9
21	M3	COM	8
22	M2	NC	9
23	M2	COM	8
24	M1	NC	9
25	M1	COM	8

Pisa, 13/12/2025

Ing. Leonardo Priami
Telescopi Italiani s.r.l.