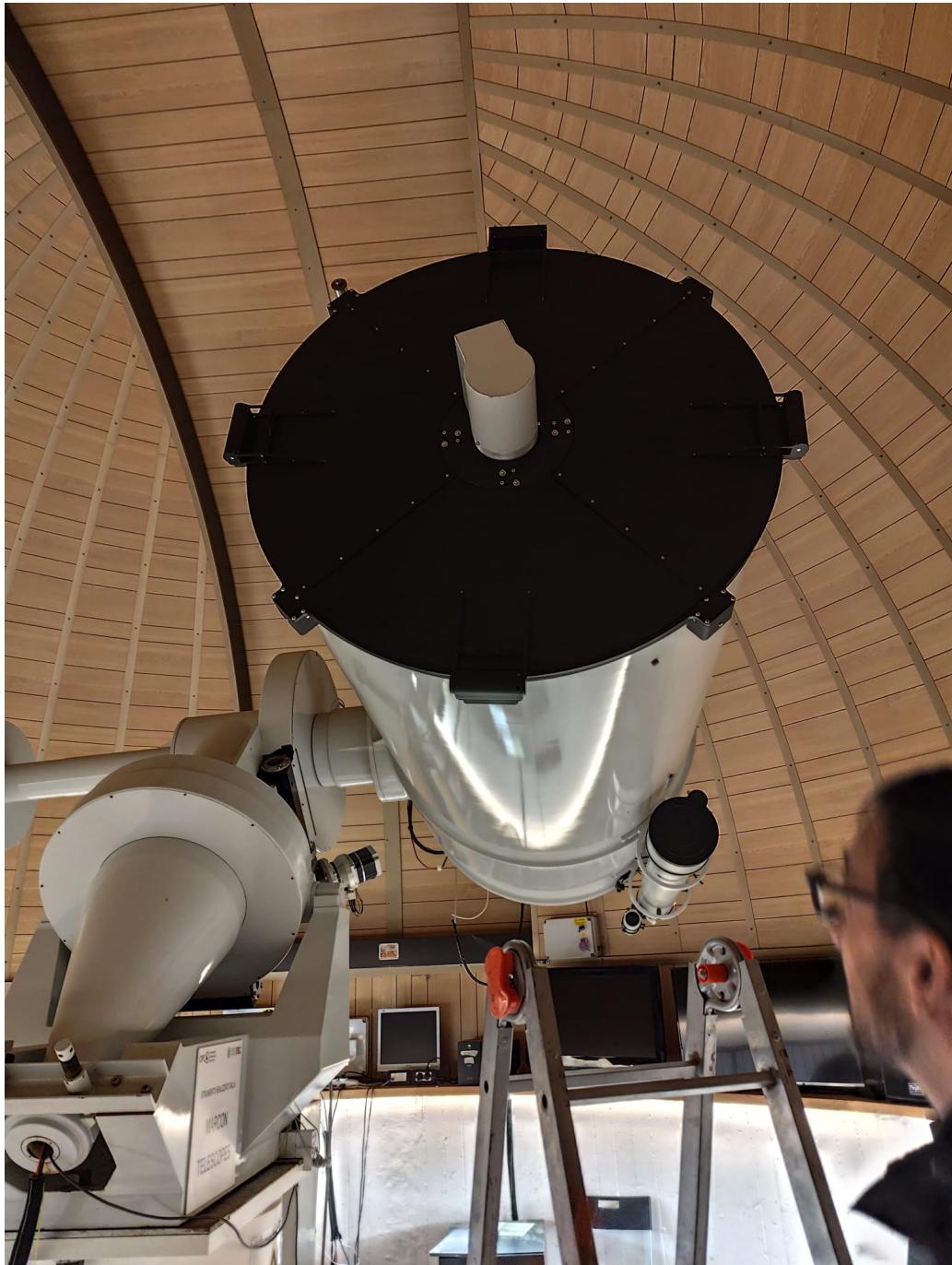


Il sistema di controllo della chiusura motorizzata del telescopio ad OPC

Febbraio 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.

Rispetto al progetto iniziale di *Telescopi Italiani* sono stati aggiunti quattro magneti permanenti con avvolgimento di rilascio che bloccano i petali in posizione completamente aperta. Ciò consente di inrerrompere l'alimentazione dei motori al termine del movimento di apertura.

Nota: Il meccanismo di movimentazione dei petali non esercita coppia quando i motori sono disalimentati. Quindi è possibile disattivare l'alimentazione dei motori solo in due condizioni:

1. Quando i petali sono in posizione completamente aperta e trattenuti dai magneti.
2. Quando petali sono in posizione di chiusura e il telescopio si trova in posizione abbastanza vicina alla verticale da garantire che i petali rimangano chiusi per gravità.

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

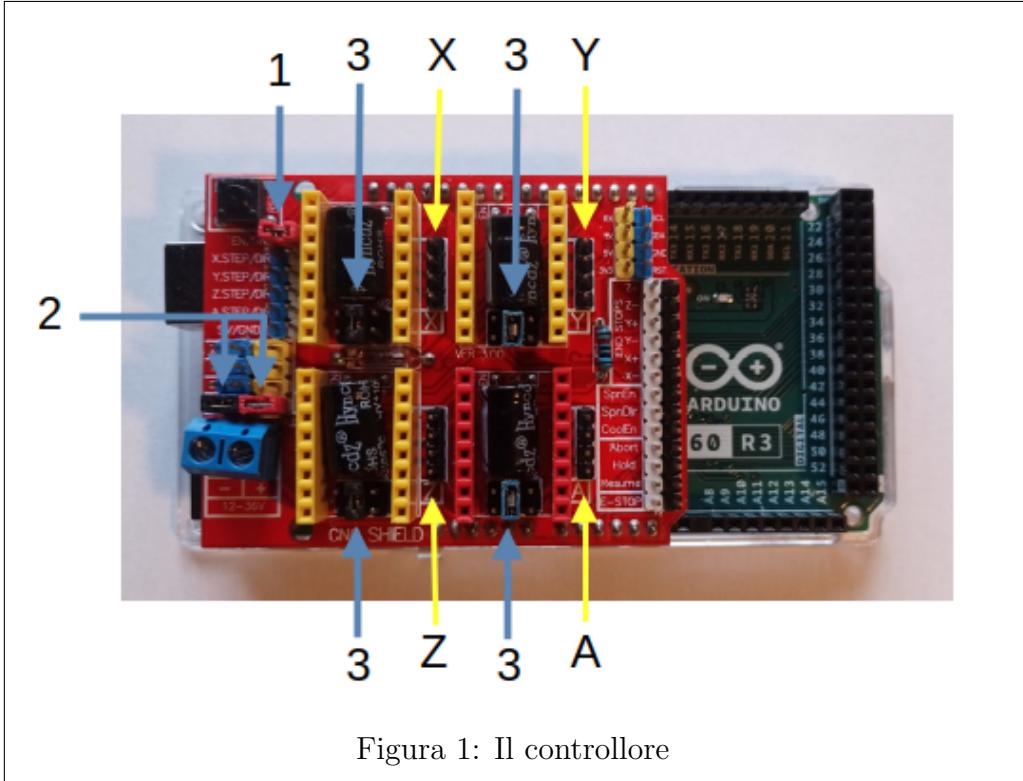
Per il corretto funzionamento del controllore la scheda deve essere configurata mediante appositi jumper.

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.

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 Componenti aggiuntivi

Il sistema di movimentazione della copertura comprende alcuni elementi aggiuntivi:

- Quattro finecorsa dei petali (*limit switch*)

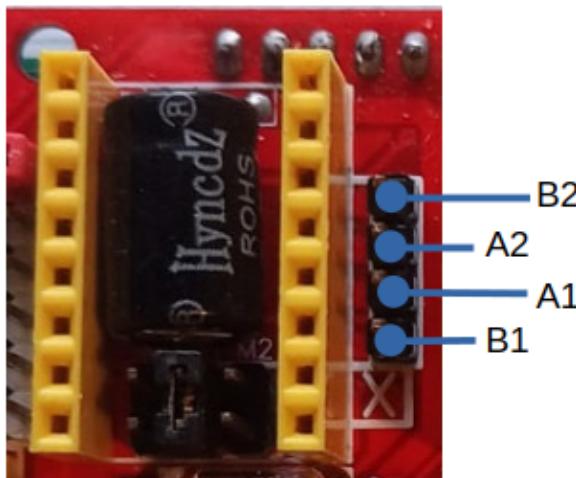


Figura 2: Dettaglio collegamenti motore, driver X

- Quattro relé per l'attivazione dei magneti di ritenzione.
- Un relé per la gestione dell'alimentazione dei motori.

E i dispositivi per il controllo manuale:

- Un commutatore a cinque vie per la selezione del petalo
- I due pulsanti per il controllo manuale:
 - Pulsante di apertura
 - Pulsante di chiusura
- Il LED di segnalazione del modo manuale

In figura 3 è mostrato lo schema elettrico relativo ai componenti aggiuntivi.

2.3.1 Controllo manuale

Il controllo manuale viene realizzato mediante un commutatore a 5 vie per selezionare il petalo da movimentare (la quinta posizione corrisponde al funzionamento controllato da computer), due pulsanti per muovere il petalo selezionato in direzione di chiusura o di apertura ed un pulsante per attivare il rilascio del magnete di ritegno. Il circuito include anche un LED che evidenzia il modo di funzionamento manuale (vedi anche schema di figura 3).

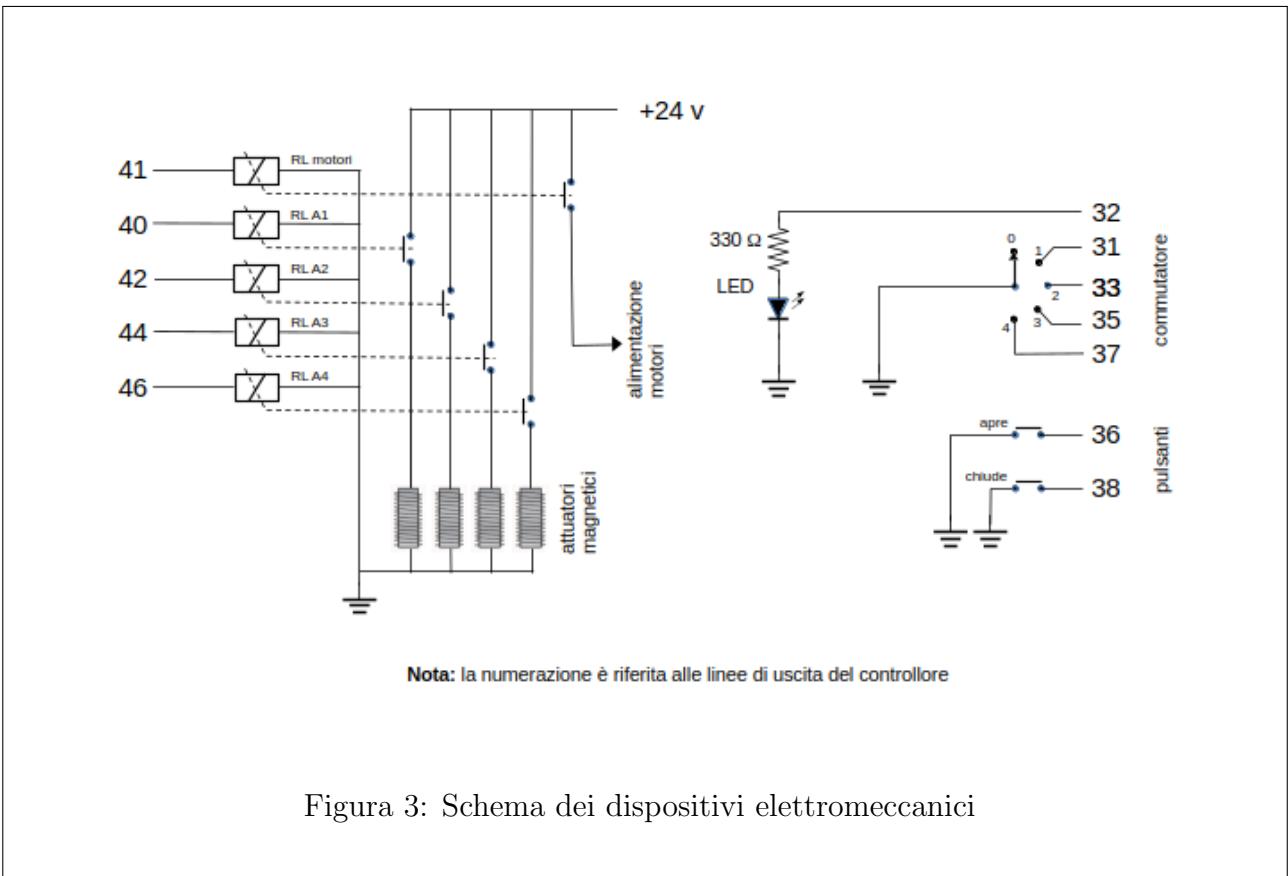


Figura 3: Schema dei dispositivi elettromeccanici

2.3.2 Alimentazione dei motori

L'alimentazione dei motori da 12-24 v CC viene fornita tramite morsetti predisposti sulla scheda Shield, indicati nella figura 4 dalla freccia di colore arancio.

L'alimentazione è controllata tramite un relé che consente di disalimentare i motori quando i petali si trovano "agganciati" ai magneti di ritegno.

2.4 configurazione dei PIN di controllo

La configurazione dei PIN utilizzati è riassunta nelle seguenti tabelle.

2.4.1 PIN per controllo dei motori

PIN	tipo	descrizione
2	OUTPUT	Impulso motore 1
3	OUTPUT	Impulso motore 2
4	OUTPUT	Impulso motore 3
5	OUTPUT	Direzione moto, motore 1
6	OUTPUT	Direzione moto, motore 2
7	OUTPUT	Direzione moto, motore 3
12	OUTPUT	Impulso motore 4
13	OUTPUT	Direzione moto, motore 4

Nota: I numeri di PIN della tabella precedente sono determinati dalle specifiche della scheda Shield-CNC.

2.4.2 PIN per controllo dei relé

PIN	tipo	descrizione
41	OUTPUT	Relé di controllo alimentazione motori
40	OUTPUT	Relé di controllo magnete petalo 1
42	OUTPUT	Relé di controllo magnete petalo 2
44	OUTPUT	Relé di controllo magnete petalo 3
46	OUTPUT	Relé di controllo magnete petalo 4

2.4.3 PIN per controllo in modo manuale

PIN	tipo	descrizione
31	INPUT	Commutatore, posizione 1
33	INPUT	Commutatore, posizione 2
35	INPUT	Commutatore, posizione 3
37	INPUT	Commutatore, posizione 4
32	OUTPUT	LED di segnalazione modo manuale
34	INPUT	Pulsante movimento di apertura
36	INPUT	Pulsante movimento di chiusura

Nota: La pressione del pulsante di chiusura attiva anche il magnete di rilascio.

In figura 4 viene mostrata la posizione dei PIN utilizzati.

2.5 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

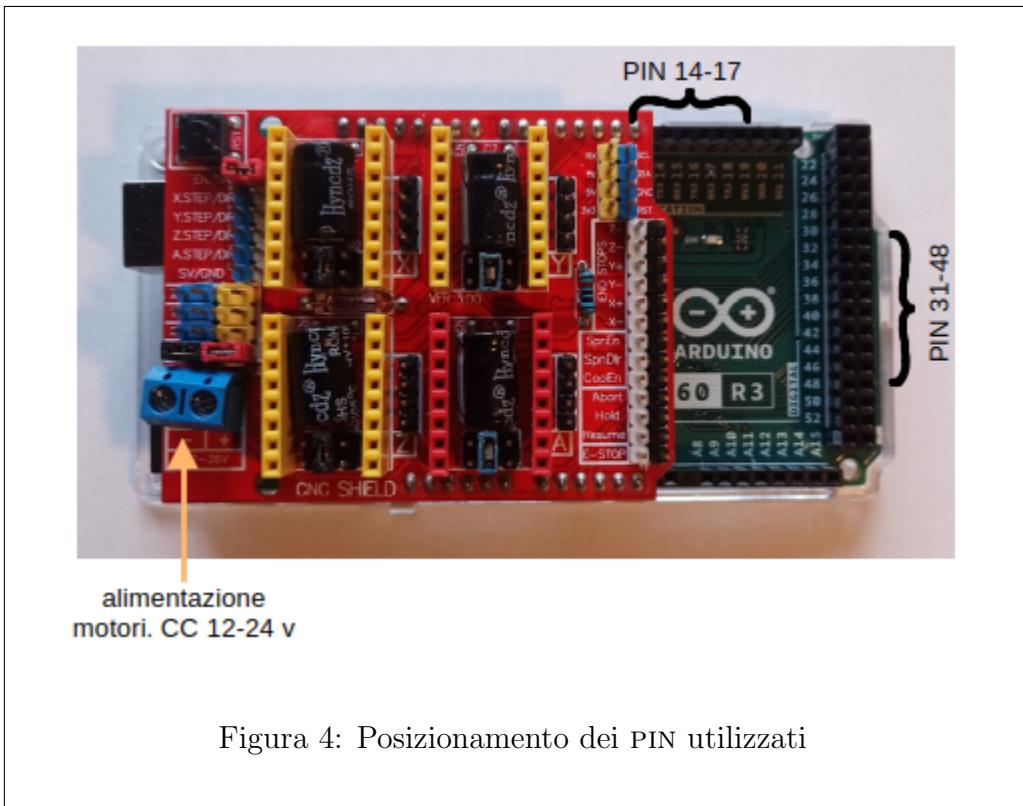


Figura 4: Posizionamento dei PIN utilizzati

di regolazione della corrente massima deve stare dal lato dei morsetti per l'alimentazione dei motori. Vedere figura 5.

Nota 2: è necessario installare su ciascun driver l'apposito dissipatore (i dissipatori non sono presenti nella figura).

2.5.1 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 istallati 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

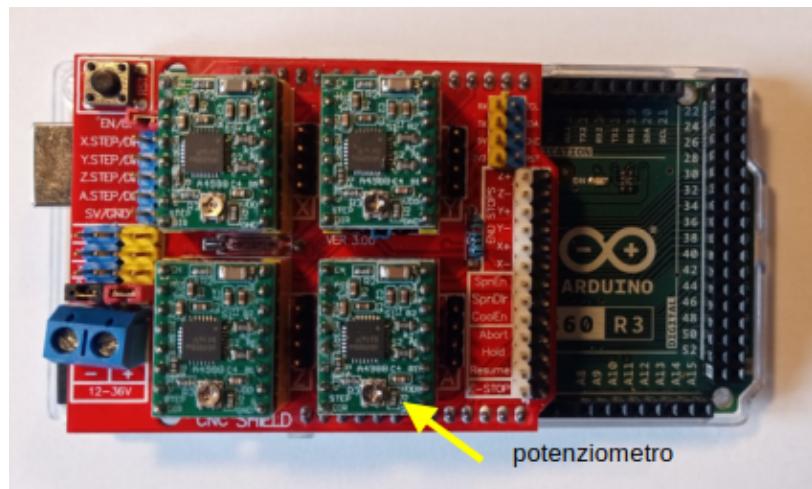


Figura 5: Controllore completo di driver

e viene gestito ed installato sul microcontrollore mediante il relativo sistema di sviluppo¹
Il firmware utilizza la libreria `AccelStepper` per il controllo dei motori.

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 al PC di supervisione 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

Per limitare la complessità del codice del firmware, il set di comandi implementato realizza solo funzioni di basso livello come: comando di movimenti assoluti e relativi, richiesta di posizione e di velocità, ecc.

I comandi sono costituiti da un codice (un carattere singolo) opzionalmente seguito dal numero di petalo a cui può seguire un valore numerico. Ogni comando così composto è preceduto dal carattere “!” e seguito dal carattere “:”.

I petali sono identificati con numeri da 1 a 4; i valori di posizione, velocità, ecc. sono espressi in *step*, *step/sec*, ecc.

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

Ogni comando riceve una risposta costituita da una stringa di caratteri teminata dal carattere `\n` (terminatore di linea):

la risposta può essere costituita dai valori richiesti, per i comandi di interrogazione, o da un codice di stato (un singolo carattere numerico fra "0" e "6") che indica il successo del comando o un errore.

I codici di stato definiti sono i seguenti:

Codici di stato	
Codice	Descrizione
0	Comando eseguito correttamente
1	Numero petalo errato
2	Comando non eseguibile con petalo in movimento
3	Comando non eseguibile per superamento limite di posizione
4	Comando non riconosciuto
5	Comando non eseguibile in modo manuale
6	Driver motori non attivo

L'elenco dei comandi definiti è dettagliato nelle seguenti tabelle:

Comandi di interrogazione		
Comando	Risposta	Descrizione
a	a1,a2,a3,a4	Accelerazione per i quattro petali ($step/sec^2$)
i	xxxxxxxx	Identificazione (numero di versione del firmware)
m	m1,m2,m3,m4	Posizione massima per i quattro petali ($step$)
f	0/1/2/3/4	Petalo attivo in modo manuale (0: modo automatico)
p	p1,p2,p3,p4	Posizione dei 4 petali ($step$)
s	v1,v2,v3,v4	Velocità corrente per i quattro petali ($step/sec$)
v	v1,v2,v3,v4	Velocità massima per i quattro petali ($step/sec$)
w	l1,l2,l3,l4	Stato limit switch: 1=aperto 0=chiuso

Comandi di impostazione valori		
Comando	Risposta	Descrizione
0N	stato	Imposta posizione corrente come 0 per petalo N
AN	stato	Imposta accelerazione massima per petalo N ($step/sec^2$)
MN	stato	Imposta posizione massima per petalo N ($step$)
VN	stato	Imposta velocità massima per petalo N ($step/sec$)

Comandi attivi		
Comando	Risposta	Descrizione
d	stato	Disabilita alimentazione motori
e	stato	Abilita alimentazione motori
o N xxx	stato	Muove petalo N di xxx passi in direzione "apertura"
c N xxx	stato	Muove petalo N di xxx passi in direzione "chiusura"
g N xxx	stato	Muove petalo N alla posizione xxx
r N	stato	Rilascia magnete del petalo N
x N	stato	Interrompe il movimento del petalo N
X	stato	Interrompe il movimento dei quattro petali

3.2 Procedure di alto livello

Le funzioni di più alto livello quali la procedura di *homing* o il coordinamento del moto dei petali sono implementate da un modulo e da una interfaccia grafica in python che vengono eseguiti sul PC di supervisione.

```
tappo.py - Funzioni di supporto e test della chiusura del telescopio OPC
```

Uso per test:

```
python tappo.py [-d]      - test comandi generici  
python tappo.py [-d] -c   - test completo  
python tappo.py -v       - Mostra versione ed esce
```

NOTA: dopo l'esecuzione del test completo viene attivata la modalità di esecuzione comandi generici

Figura 6: Uso per test del modulo `tappo.py`

Le procedure sono costituite da due moduli:

- **tappo.py**. Modulo che implementa tutte le operazioni di alto livello richieste (inizializzazione, homing, apertura e chiusura coordinata dei quattro petali). Il modulo consente inoltre di effettuare vari test di funzionalità del sistema.
- **tappo_gui.py**. È un'interfaccia grafica per le operazioni elementari di apertura e chiusura destinata al normale uso della chiusura del telescopio. Utilizza le funzioni di alto livello implementate in `tappo.py`.

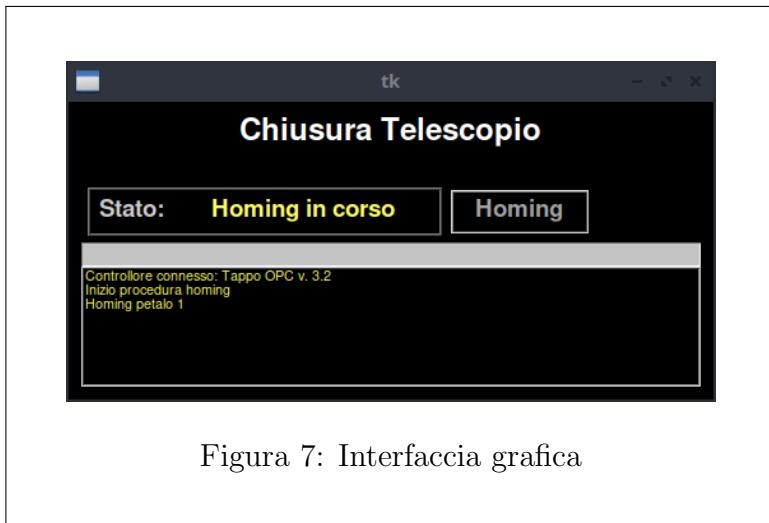


Figura 7: Interfaccia grafica

In figura 7 viene mostrato l’aspetto dell’interfaccia grafica per la movimentazione della chiusura del telescopio.

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

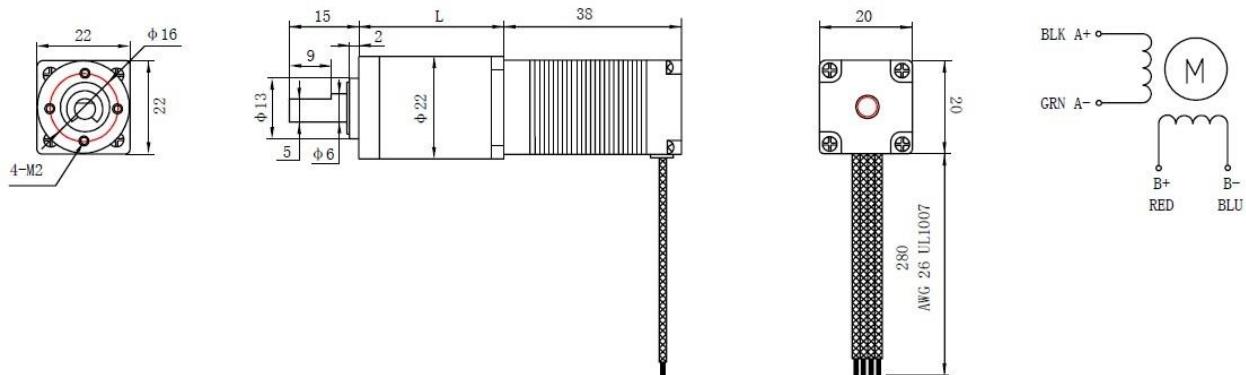
Il Sistema custom di chiusura motorizzato del tubo del telescopio principale dell’Osservatorio Polifunzionale del Chianti è costituito da un anello in alluminio monoblocco dello spessore di 8 mm che funge da struttura portante ai quattro meccanismi di chiusura.

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.

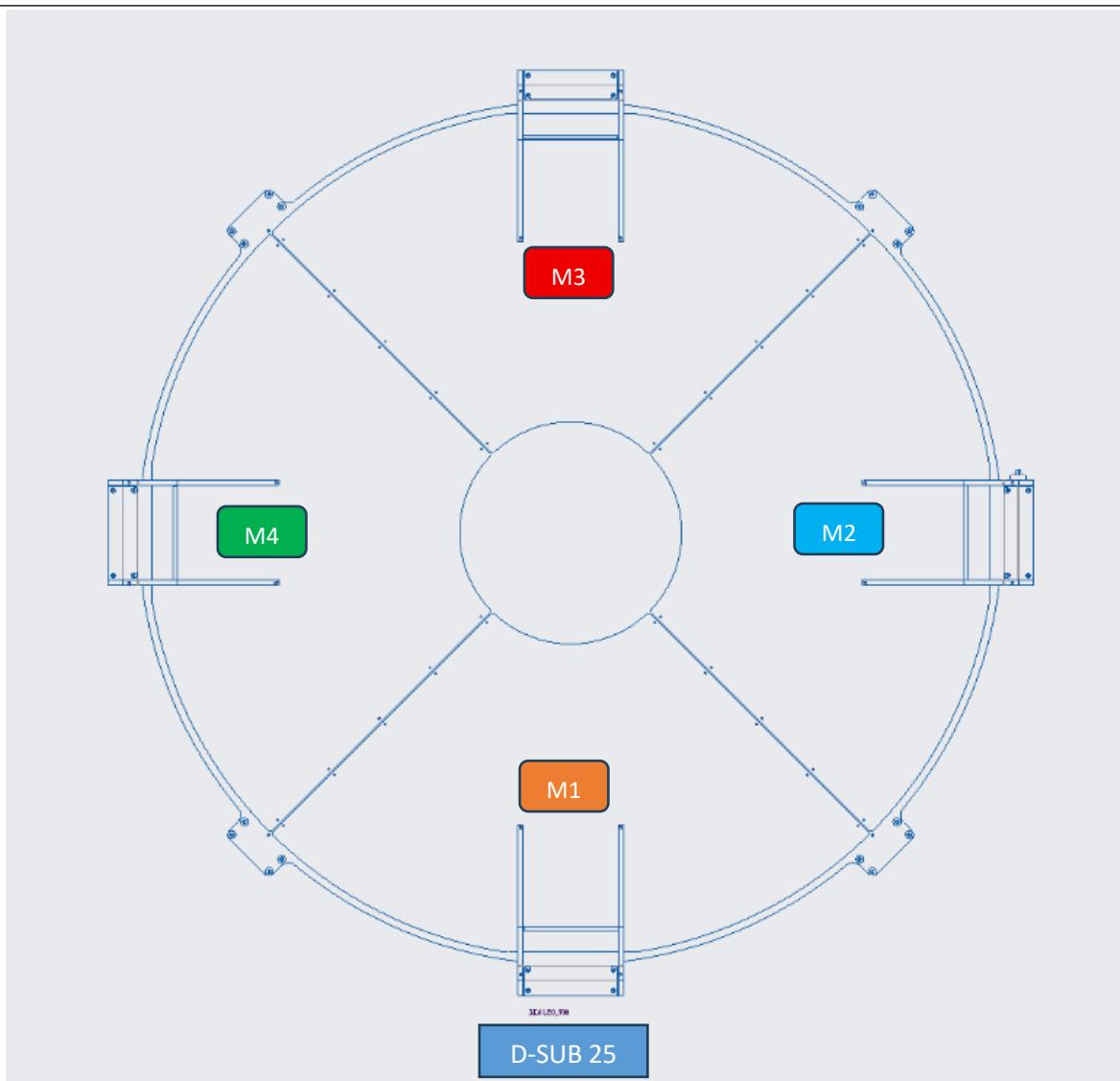
I petali, per garantire una buona tenuta, sono muniti di una battuta. La battuta è presente sui due petali contrapposti M2 e M4. Saranno quindi questi due motori a dover mettersi in moto per primi in fase di apertura e per ultimi in fase di chiusura. Viceversa la coppia di motori M1 e M3.



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.