

# Nuovo sistema di controllo assi per il telescopio di Amici

Firenze Giugno 2018

V. Biliotti, G. Falcini, L. Carbonaro, F. Tittarelli,

D. Panella, S. Di Franco, L. Cresci, S. Bianchi

Rapporto interno n.5 2018



## Sistema di controllo assi per il telescopio di Amici

Questo rapporto interno descrive l'elettronica del nuovo sistema di controllo assi per Telescopio di Amici. La documentazione inizia descrivendo l'integrazione della scatola di controllo con il resto dei dispositivi presenti nella cupola, scende nel dettaglio dello schema elettrico, e arriva fino alla programmazione degli azionamenti. La documentazione si conclude con un capitolo dedicato alla risoluzione dei problemi.

Sostituire il sistema per il controllo e la movimentazione degli assi di un telescopio di alto valore storico come quello di Amici significa trovare soluzioni tecnologiche affidabili, moderne e aperte a possibili aggiornamenti futuri, ma anche affidabili e non invasive per non alterarne le peculiarità.

La scelta si è orientata verso motori di tipo stepper perché, se dimensionati in modo da attuare i movimenti senza perdita di passi, rispetto ad altri tipi di motori elettrici permettono il controllo preciso degli assi senza richiedere l'uso di sensori tipo encoder, o dinamo tachimetriche, a tutto vantaggio dell'affidabilità complessiva. A seguito di ricerche di mercato, sono stati selezionati dei motori forniti da una ditta fiorentina, che offre un'ampia scelta di azionamenti da abbinare. Tra questi sono stati scelti degli azionamenti che permettono anche il controllo remoto da computer per mezzo di interfacce industriali standard.

Il sistema elettronico di controllo si trova dentro una scatola metallica posizionata dentro la base del telescopio, sostanzialmente in posizione centrale rispetto a tutti i dispositivi ad essa connessi. Questa disposizione a stella ha permesso di ridurre la lunghezza complessiva dei cavi e ha reso veloce l'installazione al telescopio, perché senza i vincoli di dove e come far passare i cavi sotto al pavimento, è stato possibile cablarli e collaudarli insieme a tutto il sistema di controllo in laboratorio.

## Connessioni con gli altri apparati della cupola:

La figura seguente descrive i collegamenti tra i comandi del pannello nella cupola, i servizi elettrici e il nuovo sistema elettronico di controllo.

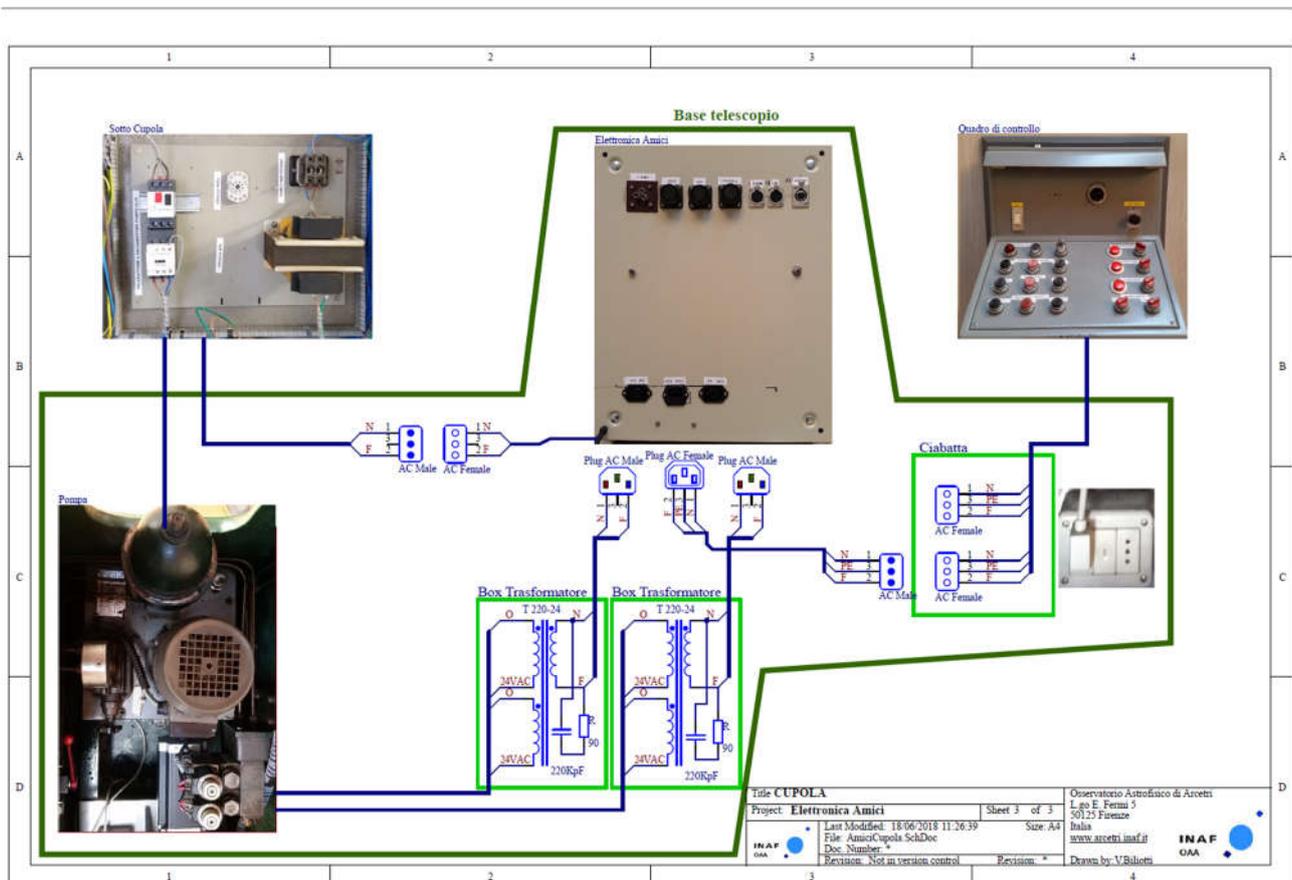


Fig.1: Schema elettrico degli apparati nella cupola

Il poligono colorato di verde scuro delimita le parti che stanno nella base del telescopio, tra questi notiamo la pompa idraulica, due box con trasformatore 220-24 Volt, la nuova elettronica di controllo assi, e una ciabatta. I collegamenti elettrici tra la base del telescopio e le altre unità passano sotto il pavimento della cupola. Il Quadro di controllo fornisce la tensione di rete ad una ciabatta posta nella base del telescopio, la tensione è presente solo se viene ruotata la chiave di accensione in senso orario, premuto il tasto nero e con il timer attivo, è esattamente la stessa procedura usata per il sistema di controllo precedente. L'elettronica di controllo non ha un interruttore per l'accensione, ma riceve l'alimentazione per mezzo di una prolunga collegata alla ciabatta. A sua volta la scatola con l'elettronica di controllo invia la 220 Volt ai trasformatori (nei Box con rettangolo verde) che comandano le elettro valvole per sbloccare i freni, e una 220 Volt che

controlla un teleruttore posto nel vano sotto la cupola. Questo comanda a sua volta una tensione trifase che mette in moto la pompa del circuito idraulico dei freni. I collegamenti tra l'elettronica di controllo, il quadro e il teleruttore posto sotto la cupola sono stati realizzati dal sig. Franco Tittarelli, che ha anche sostituito i precedenti dispositivi con un teleruttore e un salvamotore di nuova generazione. ***Da notare che il salvamotore è efficace e sensibile; far lavorare a lungo la pompa idraulica potrebbe causare l'intervento a protezione del motore, che perciò non viene più alimentato. Per ripristinare la funzionalità si deve riabilitare il salvamotore premendo il pulsante nero.***



In caso di intervento del salvamotore  
Premere il pulsante nero per riattivare



Per accendere l'elettronica di controllo:

- 1) Impostare il timer
- 2) Ruotare la chiave in senso orario
- 3) Premere il pulsante nero
- 4) La spia rossa si accende, la ciabatta nella base del telescopio riceve la tensione di rete.

## L'elettronica di controllo.

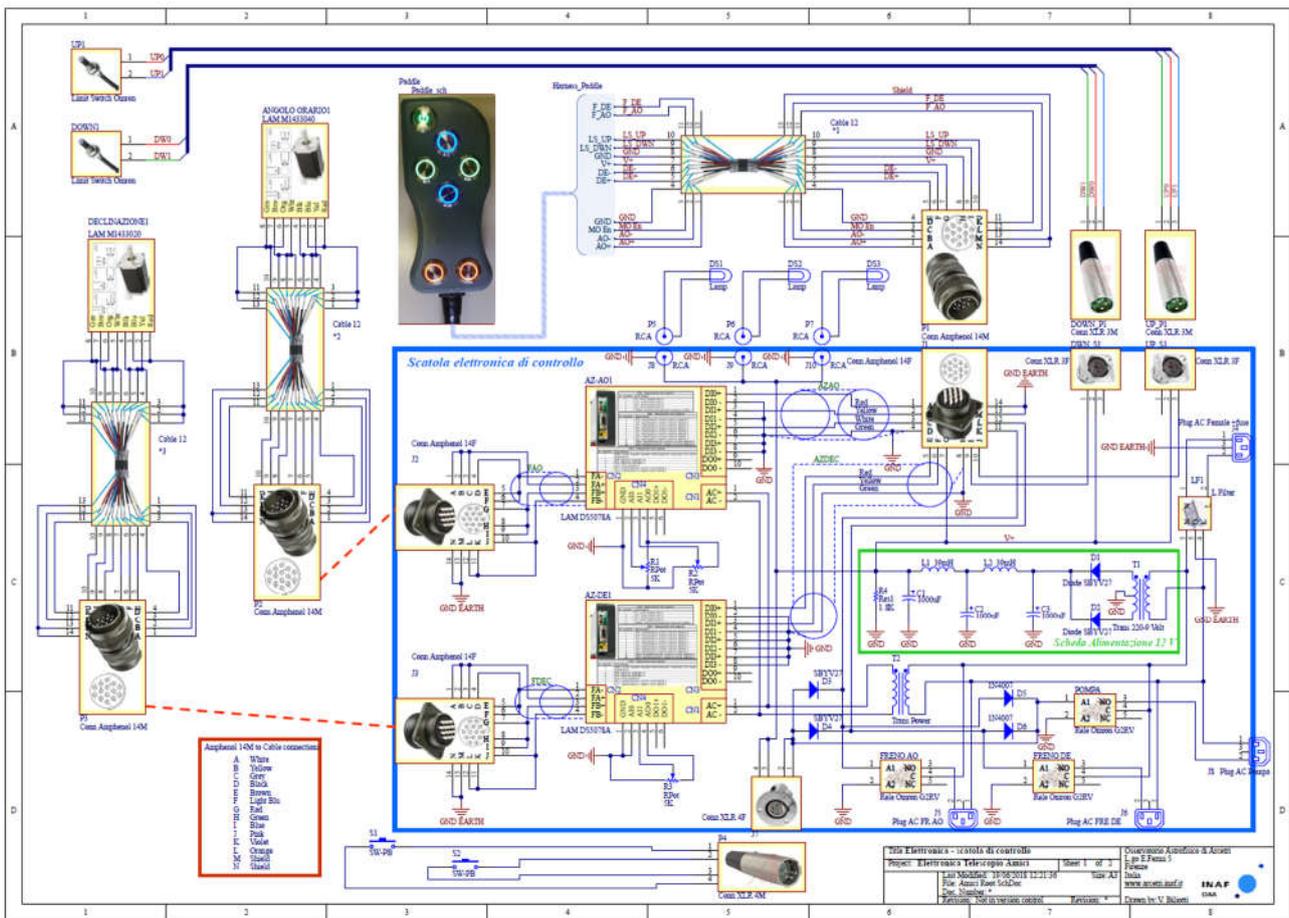


Fig.2: Schema elettrico dell'elettronica di controllo assi.

La figura rappresenta lo schema elettrico dell'elettronica di controllo al completo. In alto a sinistra (coordinate A1) si trovano gli interruttori di fine corsa (UP1 e DOWN1) che servono per limitare il movimento in declinazione del telescopio. Sono collegati a due connettori di tipo XLR (coordinata B7 e B8) denominati DOWN\_P1 e UP\_P1, che si innestano a baionetta nei connettori femmina montati sulla scatola dell'elettronica di controllo. Più a destra (coordinata A3) troviamo il PADDLE, costruito con la stampante 3D in modo da essere ergonomico e funzionale (CarboDesign), contiene 6 pulsanti e un interruttore bistabile, tutti di tipo antivandalo, con illuminazione a LED e una aspettativa di funzionamento superiore a 50000 cicli. Il PADDLE ha un cablaggio lungo circa 4 metri e arriva al connettore P1 (coordinata B6), il cavo è un 12 poli, lo stesso usato anche per i motori. Per tutti i cablaggi che si riferiscono a connettori Amphenol a 14 poli (PADDLE e Motori) è stata usata la stessa convenzione di collegamento, consultabile nella tabella circondata di rosso alla coordinata D2 dello schema. Alle coordinate B5, B6 e B7 ci sono le tre lampadine a LED DS1, DS2 e DS3, ognuna illumina un nonio per il puntamento del telescopio. Le tre lampade sono collegate ad

altrettanti connettori di tipo RCA P5, P6 e P7. Sulla parte sinistra dello schema (coordinate BC1 e BC2) sono rappresentati i nuovi motori con i relativi cavi a 12 poli, connessi ai connettori P2 e P3 in accordo con la tabella evidenziata dal riquadro rosso. I due motori sono simili e conformi allo stesso standard meccanico (NEMA42), ma quello che muove la declinazione è più corto e ha minor coppia. Infine, l'ultimo collegamento esterno alla scatola riguarda il connettore P4 (coordinata D5) al quale arrivano i collegamenti con i pulsanti di sblocco freni (S1 e S2) presenti sulle maniglie del telescopio.

Le connessioni fin qui descritte a livello schematico, vengono fisicamente realizzate nella parte posteriore della scatola che contiene l'elettronica di controllo.

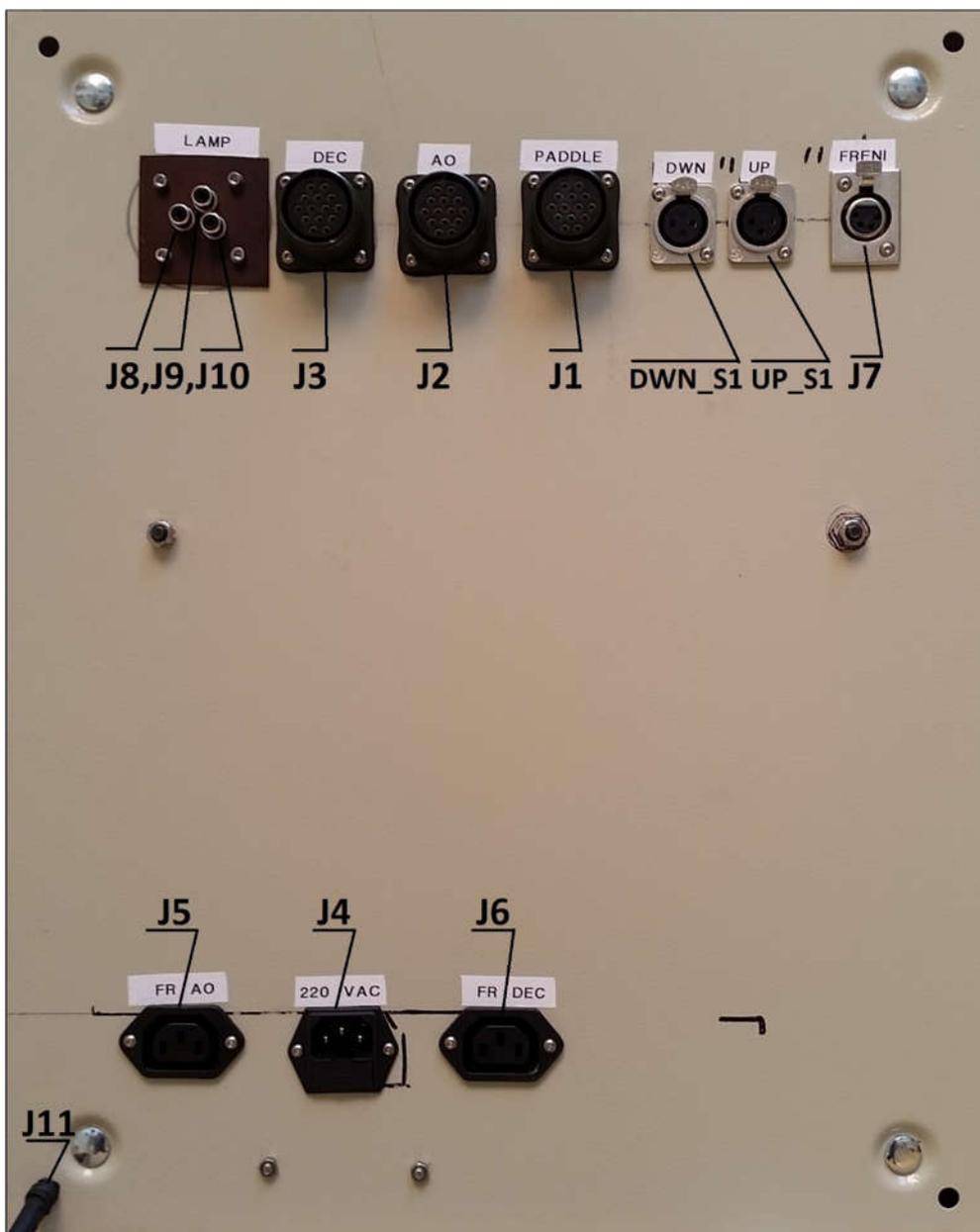


Fig.3: Vista posteriore della scatola

Tavola collegamenti:

Connettore	Connettere a:
J1	Paddle
J2	Motore Angolo Orario
J3	Motore Declinazione
J4	Tensione di Linea a 220 V connettere alla ciabatta
J5	Apertura elettrovalvola freno Angolo Orario
J6	Apertura elettrovalvola freno Declinazione
J7	Cavo pulsanti al telescopio per sblocco freni
J8	Connettere alla lampada LED per illuminare il Nonio
J9	Connettere alla lampada LED per illuminare il Nonio
J10	Connettere alla lampada LED per illuminare il Nonio
J11	Connettere alla presa del teleruttore per accensione pompa
UP_S1	Fine corsa Declinazione verso l'alto
DWN_S1	Fine corsa Declinazione verso il basso

Scendendo più in dettaglio, entrando cioè all'interno della scatola che contiene l'elettronica di controllo, troviamo i componenti racchiusi nella parte di schema elettrico circoscritta dal rettangolo blu.

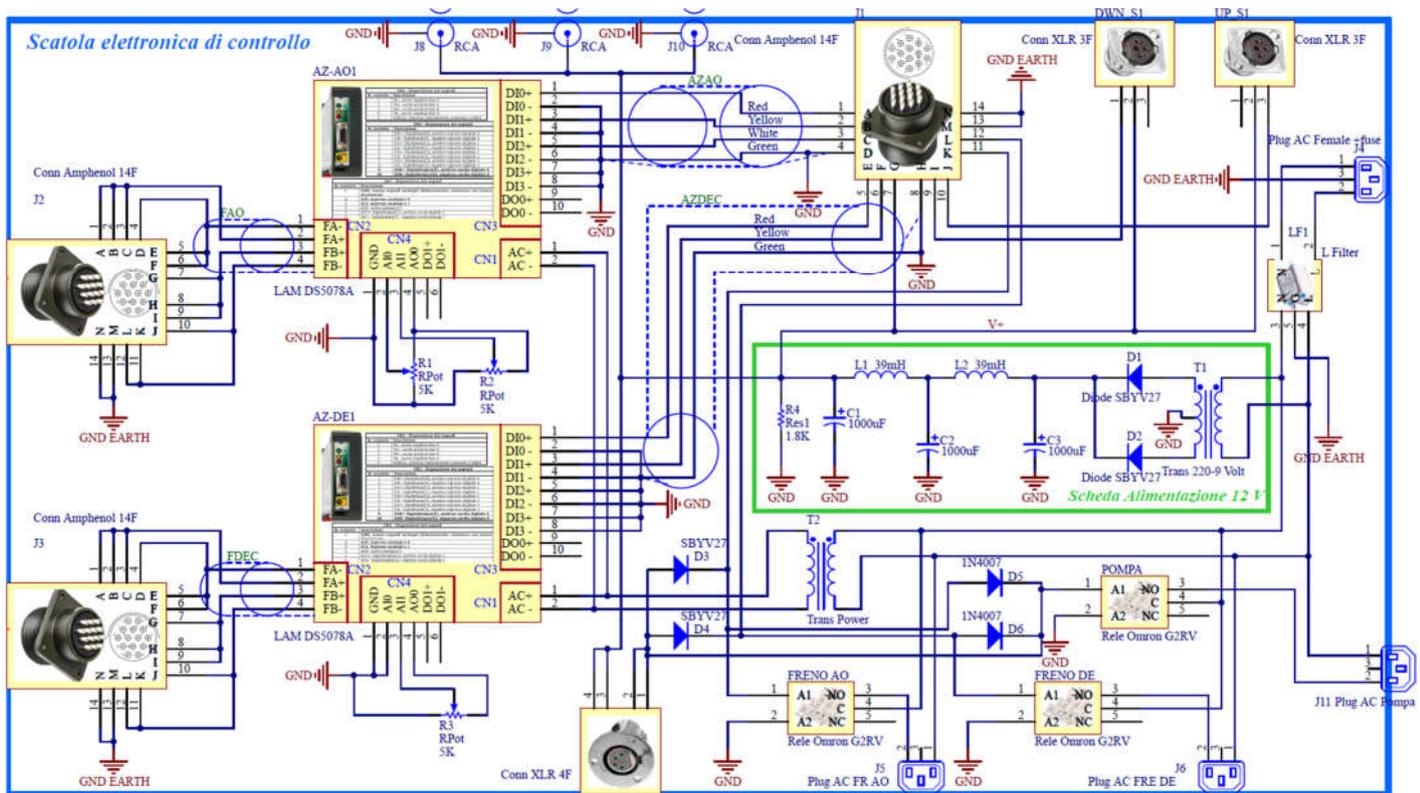


Fig.4: Schema elettrico dei dispositivi interni alla scatola.

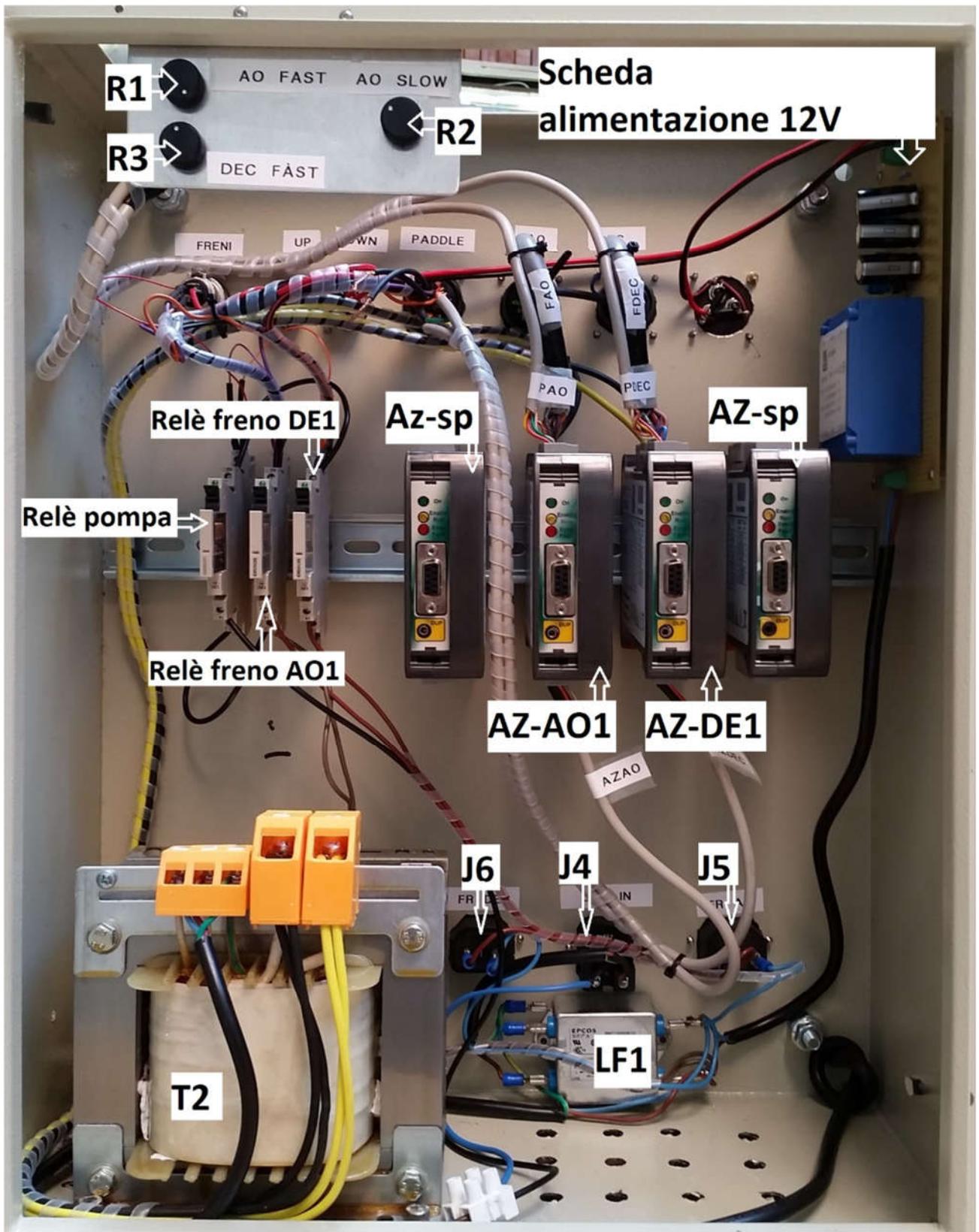


Fig.5: Immagine e posizionamento dei dispositivi interni alla scatola.

Da notare che nell'immagine ci sono due componenti, denominati **AZ-sp**, che non sono presenti nello schema elettrico. Si tratta di due azionamenti di ricambio già montati sulla barra DIN,

pronti per sostituire –in caso di guasto- i due in funzione (**AZ-AO1** e **AZ-DE1**). In alto a sinistra ci sono tre potenziometri che permettono la regolazione di tre velocità: per la declinazione (**R3**), per l'angolo orario (**R1**) e la regolazione fine del moto orario (**R2**). Quest'ultima è già regolata di default per inseguire le stelle, ma può essere cambiata per ottimizzare l'inseguimento su altre sorgenti tipo comete, pianeti o il Sole. Se necessario, la velocità ottimale per inseguire il sole si ottiene ruotando il potenziometro **R2** dalla posizione attuale in senso antiorario di circa 30°. La regolazione della velocità del moto orario è fatta in modo digitale, per passi, e può essere variata entro +/- 1% circa in 7 step pari a 0,33%. Per ottenere un passo di incremento – o decremento- si deve ruotare la manopola di circa 30°, in senso orario per aumentare, in senso antiorario per diminuire. La regolazione dei movimenti veloci consente una dinamica ben più elevata, il rapporto tra la massima e la minima velocità è circa 36, ragione per la quale si consiglia di effettuare la regolazione con il motore in movimento, verificando anche la regolarità di rotazione durante le rampe di accelerazione e decelerazione.

In alto a destra, montata sul fianco del contenitore, c'è la scheda che fornisce l'alimentazione a 12 Volt per i pulsanti del Paddle e per le tre lampade LED di illuminazione nonio.

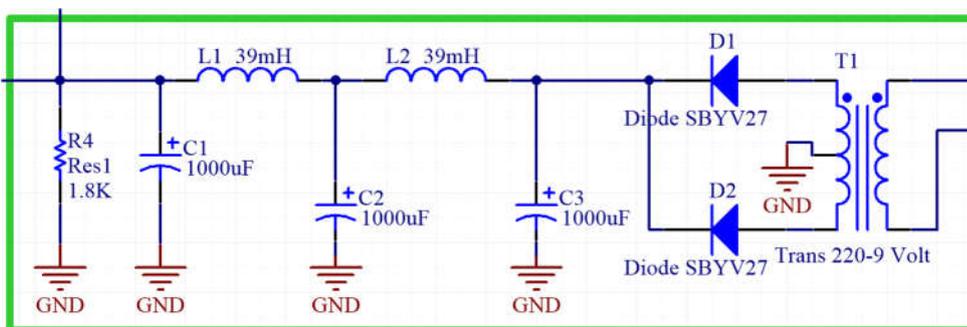


Fig.6: Schema elettrico dell'alimentatore a 12 Volt.



Fig.7: Immagine dell'alimentatore a 12 Volt

## La programmazione degli azionamenti

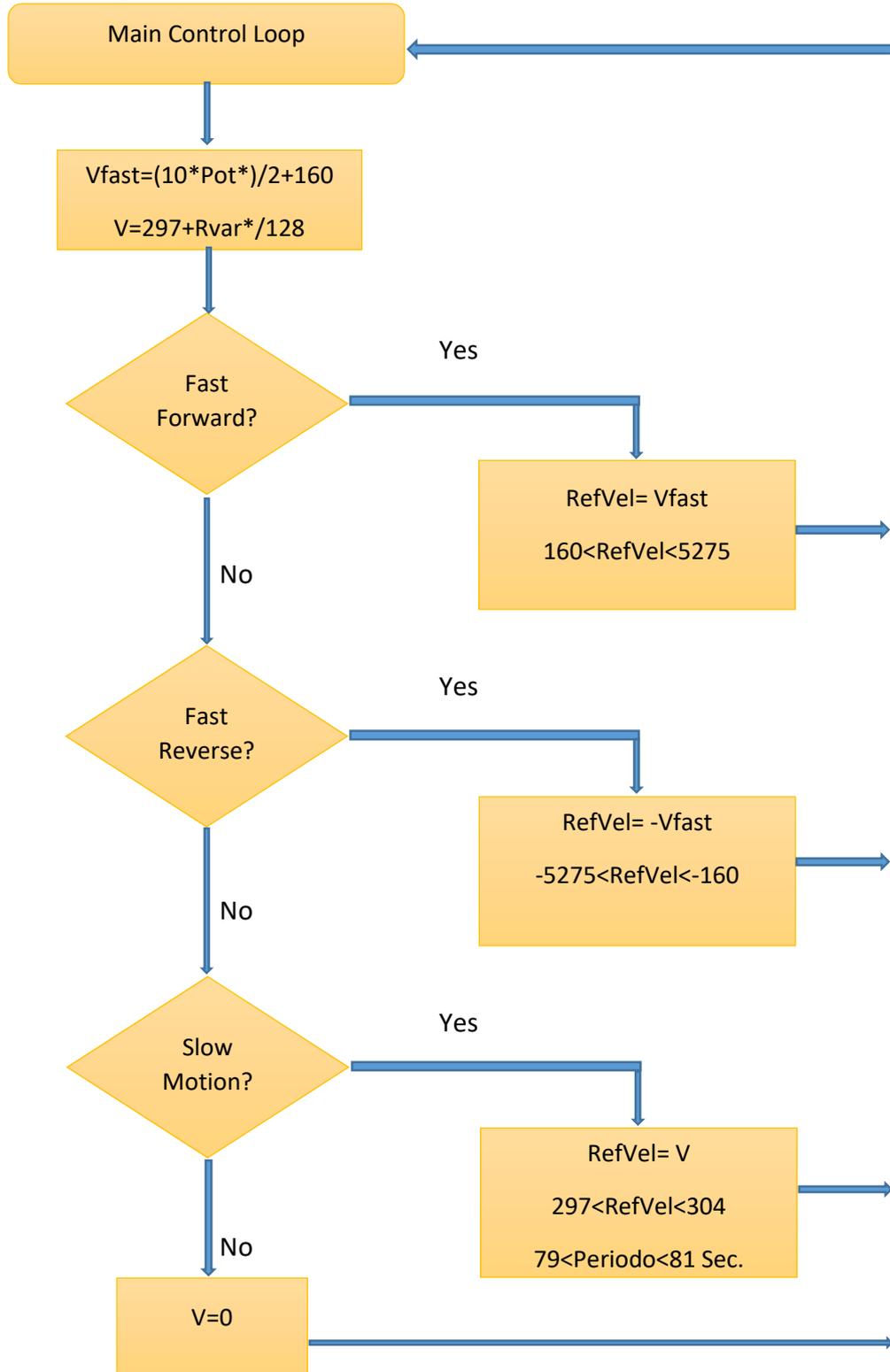
Per ottenere una flessibilità di utilizzo dei ricambi ottimale, in fase di progetto è stato scelto di programmare tutti gli azionamenti con lo stesso codice, con lo stesso algoritmo, perché così facendo tutti possono essere il ricambio di tutti. Sono i collegamenti esterni gli elementi che determinano le caratteristiche e la funzione di un certo azionamento, il quale controlla e gestisce angolo orario o declinazione in base alle periferiche che “sente” collegate. Nella programmazione vengono definite due velocità: **V** e **Vfast**, la prima è la velocità di moto orario, la quale consente una regolazione fine (+/-1%) per mezzo di una tensione variabile regolata da un potenziometro. In pratica il potenziometro **R2** fornisce una tensione variabile che viene campionata a 10 bit (**Rvar**) e divisa per 128, il valore ottenuto –variabile da 0 a 7, ruotando in senso orario- viene sommato ad un valore costante (297). L'intervallo di valori ottenibili dal potenziometro varia perciò da 297 a 304, con una rotazione complessiva di circa 250°, il valore ottimale per l'inseguimento delle stelle è stato regolato in fase di test al telescopio al valore 300. Data la caratteristica digitale della regolazione si può anche stimare l'errore di inseguimento: siccome la variazione possibile della velocità è pari a +/- 1 passo su 300, l'errore assoluto corrisponde a +/- 1 parte su 600, ovvero un secondo ogni 10 minuti di inseguimento. In altre parole, considerato che la focale del telescopio è 5,40 metri, ci si può aspettare uno scostamento della posizione di una stella sul piano focale pari a 0,4 mm ogni 10 minuti di inseguimento.

L'altro parametro (**Vfast**) determina la rapidità di spostamento ottenibile premendo i pulsanti del Paddle, ogni azionamento la calcola sommando ad una costante (160) il valore ottenuto per conversione digitale a 10 bit del segnale generato dai potenziometri (**R1** e **R3**, per ascensione retta e declinazione) e moltiplicato per 5. Il valore ottenuto, variabile da 160 a 5275, diviso per 4 indica il numero di giri al minuto del motore. Una volta regolato il valore di velocità massima, che aumenta ruotando in senso orario i potenziometri, gli azionamenti calcolano anche le rampe di accelerazione e decelerazione, stabilendole in modo tale da avere 10 secondi per raggiungere la velocità massima, partendo da fermo, e 5 secondi di tempo per fermare il motore a partire dalla velocità massima programmata.

La gestione della potenza è un parametro importante, riscaldare motori e soprattutto i loro azionamenti può accorciarne la vita lavorativa, quindi va gestita in modo tale da ottenere il massimo in termini di affidabilità. Per questa ragione sono state programmati 3 livelli di corrente erogata, corrispondenti a 3 livelli di velocità: a motore fermo la corrente è nulla, con movimento lento la

corrente sale al 30%, con movimento veloce la corrente erogata arriva al 100%. ***È importante permettere il raffreddamento delle parti interne! Motivo per il quale la parte alta del contenitore dell'elettronica deve essere libera da oggetti che impediscono il flusso d'aria attraverso la rete metallica.***

## La Flowchart degli azionamenti



\*Nota: **Pot** e **Rvar** indicano la conversione digitale a 10 bit della tensione analogica fornita dai potenziometri montati sul pannello interno alla scatola dell'elettronica di controllo. Per l'azionamento relativo al moto orario **Pot** permette di regolare lo spostamento veloce, **Rvar** permette di regolare il moto orario variando il periodo di rotazione dell'asse del riduttore da 79 a 81 Secondi. Per quanto riguarda l'azionamento della declinazione il cablaggio permette la regolazione per lo spostamento veloce, ma non consente il movimento lento, di conseguenza neanche la sua regolazione

## Il Paddle



Fig.8: Immagine del Paddle.

Si tratta di un manufatto con il corpo in materiale plastico realizzato utilizzando la stampante 3D presente in Osservatorio (by CarboDesign). I pulsanti, così come anche l'interruttore che abilita il moto orario, sono di tipo anti vandalo con un tempo di vita superiore a 50000 cicli, tutti sono dotati di illuminazione a LED che, se presente, indica che il comando corrispondente può essere attuato. Ad esempio, premendo un pulsante qualsiasi per un movimento veloce si noterà che il corrispondente opposto si spegne, proprio per indicare che non si può dare contemporaneamente il comando contrario. Se ciò dovesse succedere, i comandi si eliderebbero a vicenda e il telescopio si fermerebbe. Questo naturalmente non vale per i pulsanti per lo sblocco dei freni, ai quali è richiesto di agire anche contemporaneamente. Per i pulsanti di declinazione, oltre alla logica di spegnimento per comando contrario, c'è la logica dei fine corsa: se il telescopio si muove arrivando

al fine corsa, si spegne il LED del pulsante che ne comandava il movimento e il motore si ferma, ma rimane acceso il pulsante corrispondente al movimento contrario.

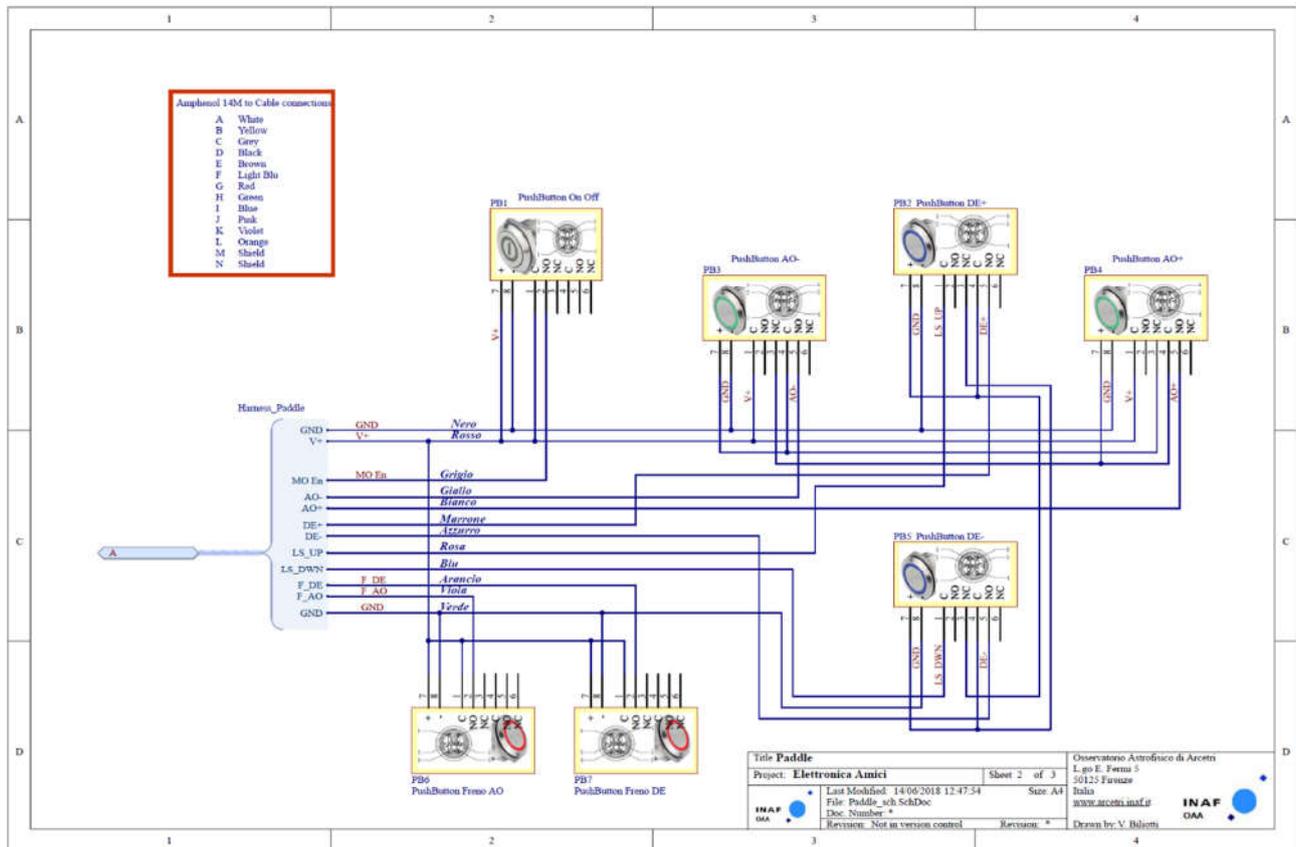


Fig.9: Schema elettrico del Paddle.

### Possibili evoluzioni future.

Il sistema di controllo assi è stato progettato pensando a possibili aggiornamenti ed evoluzioni future. La prima potrebbe essere la sostituzione del circuito idraulico, che permette lo sbocco dei freni, con un sistema elettromeccanico di nuova generazione. Il sistema già fornisce due comandi elettrici (a 220 Volt) per le elettrovalvole, riadattarlo ad altri sistemi comandabili elettricamente dovrebbe essere semplice.

La seconda evoluzione potrebbe essere l'implementazione di un sistema di auto guida, con le immagini fornite da una telecamera è possibile calcolare lo sbilanciamento rispetto ad una posizione prefissata del baricentro luminoso di una stella, e apportare le correzioni. Il calcolo dello sbilanciamento e relative correzioni può essere fatto con un sistema appositamente progettato, oppure per mezzo di un computer (ad esempio quello presente in cupola) che potrebbe interfacciarsi direttamente con la telecamera e con gli azionamenti, che sono già predisposti in tal senso

## Risoluzione dei problemi:



Il segnale indica pericolo di folgoramento. La sua presenza nel paragrafo seguente indica che le operazioni di seguito suggerite devono essere eseguite dopo aver spento e scollegato l'apparecchiatura dalla rete, da personale preparato e che abbia ben chiaro lo schema elettrico e i rischi connessi.

- **Il PADDLE non si illumina.** Nessun pulsante è illuminato. Controllare che sia acceso il quadro di controllo e il timer. Controllare che la tensione di linea arrivi all'armadietto con l'elettronica di controllo. Dopo aver scollegato l'armadietto dalla linea,  controllare i fusibili dentro la presa **J4**.  Verificare che sulla morsettiera della scheda Alimentazione ci siano 12V.
- **Un pulsante di declinazione del PADDLE non si illumina.** Verificare la posizione del telescopio: se è arrivato al punto di agire su un fine corsa, è normale che il pulsante corrispondente si spenga. Se entrambi i pulsanti sono spenti, verificare che i connettori dei fine corsa non siano stati invertiti. Vedere il punto seguente.
- **Un pulsante del PADDLE non è illuminato.** Sintomo che molto probabilmente il LED interno al pulsante non funziona,  sostituire il PADDLE.
- **I freni non si sbloccano.** Verificare che i pulsanti di comando siano illuminati, dopo aver aperto l'armadietto di controllo  verificare che premendo il pulsante di sblocco si accenda il LED sul Relè corrispondente (vedi figura interno contenitore elettronica di controllo) e che sia udibile il "click" dovuto all'apertura o chiusura dei contatti elettrici. In caso di guasto sostituire  il Relè. Se i pulsanti e i relè funzionano, verificare che le prese **J5** e **J6** siano collegate, nel caso che il problema persista è probabile che il guasto dipenda dal sistema idraulico: pertanto sarà opportuno verificare la pompa dell'olio e le elettrovalvole. Vedi pag.4 intervento sul salvamotore.
- **Il telescopio non si muove.** Verificare che i pulsanti del Paddle siano illuminati. Verificare che il pulsante ON sul PADDLE sia stato correttamente premuto. Verificare che il LED On degli azionamenti sia acceso: se spento rivela che manca la tensione di alimentazione,  controllare che la tensione di linea arrivi correttamente. Con LED verde acceso controllare il LED giallo, che dovrebbe essere acceso o lampeggiare, come da tabella.



Relazione tra il led giallo e lo stato del motore		
Rotazione	Abilitazione	Stato del LED giallo
No	No	Acceso Spento
No	Si	Acceso Spento
Si	No	Acceso Spento
Si	Si	Acceso Spento

Il LED rosso indica una condizione di allarme, quando è acceso l'azionamento non è operativo e il motore è privo di alimentazione. La sequenza dei lampi indica il tipo di errore riscontrato, secondo la tabella seguente:

Codifica degli errori visualizzati dal LED rosso	
Numero di lampi	Descrizione del problema
1	Sotto tensione, la tensione di alimentazione è inferiore al valore $V_{pl}$
2	Sovra tensione, la tensione di alimentazione è superiore al valore $V_{ph}$
3	Sovra temperatura, la temperatura del dissipatore è superiore a $T_{chh}$
4	Cortocircuito fase-fase, una o due fasi sono in cortocircuito
5	Cortocircuito fase-massa (GND), fase in cortocircuito con la massa
6	Cortocircuito fase- $V_p$ , una fase è in cortocircuito con l'alimentazione
7	Fase A interrotta, collegamento tra azionamento e motore mancante
8	Fase B interrotta, collegamento tra azionamento e motore mancante

Le condizioni di sotto e sovra tensione possono verificarsi come conseguenza di una sovra o sotto tensione della linea a 220V, l'eccesso di temperatura potrebbe dipendere dallo sporco depositato sulla rete filtro posta nella parte alta dell'armadietto dell'elettronica, in tal caso rimuovere lo sporco in modo da consentire il flusso dell'aria. Le condizioni descritte da 4 a 8 possono verificarsi solo in presenza di danneggiamento del motore o del cavo. In tal caso  sostituire il motore e relativo cablaggio.

Eventualmente sostituire l'azionamento.

Nota: nella directory c'è un file (Controllo Amici.dup) leggibile solo con il software UDP Commander per la programmazione degli azionamenti, mentre il file corrispondente Controllo Amici.txt leggibile da un text editor.

