



**ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS**

OSSERVATORIO ASTRONOMIC DI BOLOGNA



Sistema di controllo del telescopio "Gian Domenico Cassini" di 152 cm di diametro di Loiano

**- Fascicolo tecnico -
Allegato 2**

Elaborato R1-A2

OGGETTO
Descrizione di dettaglio

ULTIMA REV.	DATA	REDATTO DA	FIRMA
1.5	15/10/2015	Italo Foppiani	

Revisioni del documento

DATA	REV.	PARAGRAFI INTERESSATI	AUTORI
12/03/13	0.1	Tutti	IF, FC
20/03/13	0.2	3.3 Formula; 3.4 Blocco di memoria 2 di cPLC; 3.7.2.ii Comunicazione mPLC → cPLC;	IF
22/03/13	0.3	2.3 I/O di sPLC; 3.3 e 3.3.1 procedure di abilitazione e intervento; 3.7.2.ii dati di comunicazione	IF
26/03/13	0.4	3.4 Blocchi di memoria di cPLC; 3.9.1 Trasformazione coordinate	IF
16/04/13	0.41	Bit 3 di byFlags in Tabella 3.12 e in Tabella 3.13	IF
	0.42	Codice 3 in Tabella 3.22, bit 4 byFlg Tabella 3.12	IF
11/09/13	0.5	Codici di comando Tabella 3.24, codici di allarme Tabella 3.23, codici di sottostato per lo stato "Error" Tabella 3.22, procedura di ripristino dopo sconfinamento par. 3.9	IF
02/02/14	0.51	tabella 2.2, tabella 2.3 e tabella 2.4	IF
05/14	1	Revisione generale	IF
03/15	1.2	hPLC (sottosistema portellone paragrafi 2.5 2.8.4 3.5 3.7.2.iv) e paragrafo 4	IF
05/15	1.3	Aggiornamento hPLC	IF
15/09/2015	1.4	Allineamento con gli altri documenti del fascicolo tecnico del telescopio	IF
//2018	1.5	Trolley bar: posizionamento, alimentazione e rilevamento stato alimentazione (Tabella 3.25, Tabella 3.4)	IF

Autori

IF: Italo Foppiani; FC: Fausto Cortecchia; GC: Giuseppe Cosentino; GB: Giovanni Bregoli.

Acronimi

α	Ascensione retta
Ha	Hour Angle, Angolo orario
PLC	Programmable Logic Controller
DC	Direct Current, corrente continua
STEP	Stepper, passo-passo
PC	Personal Computer
UT	Universal Time
I/O	Input/Output
POU	Program Organization Unit

Sommario

1	Introduzione	5
2	Hardware	7
2.1	Schema generale.....	7
2.2	Sottosistema di controllo principale (mPLC).....	9
2.2.1	Encoder assoluti SSI.....	17
2.2.2	Azionamenti e motori DC	18
2.2.3	Azionamenti e motori STEP	22
2.3	Sottosistema di sicurezza (sPLC).....	23
2.3.1	Encoder incrementali AB	27
2.4	Sottosistema di comunicazione (cPLC)	28
2.5	Sottosistema di controllo del portellone della cupola (hPLC)	34
2.6	Sottosistema di interfaccia utente secondaria (dPLC).....	37
2.7	Lista componenti	37
2.7.1	Logica di controllo	38
2.7.2	Azionamenti	41
2.7.3	Varie	42
2.8	Quadri macchina	43
2.8.1	Quadro PLC1.....	43
2.8.2	Quadro PLC2.....	48
2.8.3	Quadro PLC3.....	51
2.8.4	Quadro Portellone	54
2.9	Alimentazione quadri	56
2.10	Interconnessioni col sistema originale di controllo.....	60
3	Software	65
3.1	Schema generale.....	65
3.2	Sottosistema di controllo principale (mPLC).....	66
3.2.1	Ambiente di sviluppo CoDeSys	67
3.2.2	Struttura del software	67
3.2.2.i	Configurazione delle unità slaves	70
3.2.2.ii	Memoria globale	71

3.2.2.iii	POU di stato	72
3.2.2.iv	Altre POU notevoli	74
3.2.3	Tabelle delle posizioni consentite del telescopio.	79
3.3	Sottosistema di sicurezza (sPLC).....	81
3.3.1	Azioni	82
3.3.2	Tabelle delle posizioni consentite del telescopio.	83
3.4	Sottosistema di comunicazione (cPLC)	83
3.4.1	Dati di sistema.....	83
3.5	Sottosistema di controllo del portellone della cupola (hPLC)	95
3.5.1	Programmazione del master hPLC.....	97
3.6	Sottosistema di interfaccia utente secondaria (dPLC).....	102
3.7	Interfacce e protocolli di comunicazione	102
3.7.1	PC \leftrightarrow cPLC	102
3.7.2	PLC \leftrightarrow PLC	102
3.7.2.i	cPLC \leftrightarrow mPLC	102
3.7.2.ii	103	
3.7.2.iii	sPLC \leftrightarrow mPLC.....	103
3.7.2.iv	cPLC \leftrightarrow dPLC	106
3.7.2.v	cPLC \leftrightarrow hPLC	106
3.8	Codici di stato e sottostato	108
3.9	Codici e protocollo di comando.	113
3.9.1	Conversione coordinate: Ha e Delta \leftrightarrow sistema di riferimento assoluto encoder.	115
3.10	Interfaccia utente primaria (PC).....	116
4	Movimenti veloci	117
4.1	Abilitazione e controllo.....	117
4.2	Abilitazione movimenti automatici/remoti	121

1 Introduzione

Il cuore telescopio è lo specchio primario di 152 cm di diametro che, assieme allo specchio secondario di 58 cm, produce un'immagine del cielo all'ingresso dello strumento scientifico posto nel piano focale. La montatura, figura 2.1.1, supporta meccanicamente le ottiche e lo strumento scientifico e ne permette il puntamento in cielo. La montatura del telescopio Cassini è di tipo equatoriale all'inglese fuori asse (o ad assi incrociati) ed è costituita dall'asse polare parallelo all'asse di rotazione terrestre, ben visibile in figura 2.1.1, e dal supporto di forma pressoché cubica, e cavo all'interno, su cui sono montati la cella dello specchio primario e i tralicci di sostegno dell'anello e della cella dello specchio secondario. L'asse polare è vincolato da due cuscinetti ad entrambe le estremità e sorregge, a circa metà lunghezza, il cuscinetto su cui è montato a sbalzo il resto del telescopio. Quest'ultimo cuscinetto definisce il secondo asse di rotazione del telescopio, detto asse di declinazione, ortogonale a quello polare. In questo tipo di montatura, come in tutte quelle di tipo equatoriale, il puntamento in cielo delle ottiche è ottenuto dalla rotazione della montatura attorno all'asse polare e all'asse di declinazione, mentre l'inseguimento della rotazione apparente del cielo, necessario per mantenere puntato l'oggetto astronomico di interesse, è ottenuto dalla sola rotazione attorno all'asse polare. Lo strumento scientifico è montato dietro lo specchio primario ed è sorretto dalla stessa cella del primario. Un contrappeso bilancia la montatura a sbalzo delle ottiche rispetto all'asse polare. La massa complessiva del sistema è dell'ordine delle 10 t.

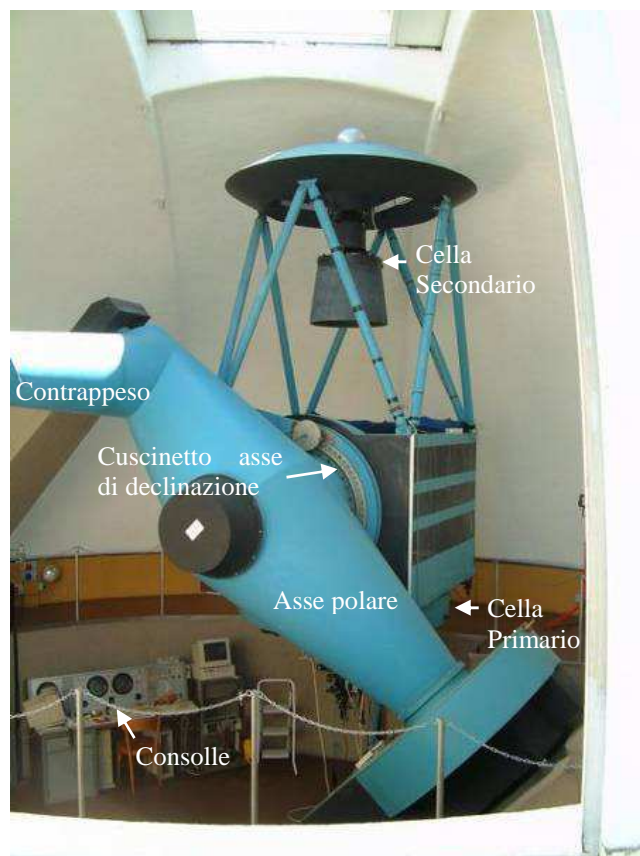


Figura 2.1.1 Vista del telescopio G. D. Cassini da 152 cm di diametro di Loiano.

Questo documento descrive il nuovo sistema di controllo del puntamento del telescopio che è stato implementato per rimpiazzare il vecchio sistema obsoleto e difficile da mantenere. Nel

vecchio sistema, il controllo dei movimenti veloci (motori in corrente continua, motori DC) era di tipo manuale ed era ottenuto azionando i componenti elettromeccanici in tensione presenti sulla consolle (visibile in figura 2.1.1) mentre il controllo dei movimenti fini (motori passo-passo, motori a STEP) era di tipo automatico ed era basato su di un PC con processore Intel 386. La procedura di puntamento consisteva in un avvicinamento manuale veloce alla zona di cielo di interesse e in un raffinamento automatico gestito dal PC. L'obsolescenza di quest'ultimo ne ha però compromesso sia l'affidabilità che la riparabilità e ha imposto l'implementazione del nuovo sistema. Inoltre, a causa della particolare montatura e delle caratteristiche dell'edificio, non era possibile limitare efficacemente la movimentazione del telescopio nei due assi con dei semplici interruttori di finecorsa allo scopo di evitare collisioni accidentali con le strutture dell'edificio e/o il ribaltamento dello specchio primario. Era quindi responsabilità unica dell'operatore evitare tali collisioni e/o il ribaltamento mediante i controlli manuali. Il nuovo sistema è invece stato sviluppato integrando anche il controllo dei movimenti veloci in modo da garantire costantemente e automaticamente che il puntamento del telescopio rimanga all'interno della mappatura permessa con un notevole miglioramento della sicurezza delle operazioni di puntamento anche manuali.

Il nuovo sistema di controllo del telescopio integra tutte le funzioni di controllo e supervisione necessarie durante le osservazioni astronomiche in modo da consentire una gestione automatica e eventualmente remota delle osservazioni stesse. La gestione remota non è però oggetto del presente documento che tratta solo la descrizione hardware e software del sistema locale di controllo.

2 Hardware

2.1 Schema generale

Il nuovo sistema di controllo del telescopio è basato su PLC (Programmable Logic Controller) commerciali concepiti per automazione industriale. In particolare sono stati impiegati componenti della famiglia Deatil prodotta da Procoel s.r.l.¹ ad eccezione della logica di controllo del portellone della cupola che appartiene alla famiglia Zelio di Schneider Electric². L'interfaccia utente principale è basata, invece, su di una workstation commerciale (PC).

In figura 2.1.1 è mostrato lo schema concettuale del sistema di controllo del telescopio i cui sottosistemi principali, delimitati dai riquadri tratto-punto, sono:

- PC di supervisione e controllo (PC): workstation che svolge la funzione di interfaccia utente principale ed elabora i calcoli matematici complessi come la precessione e la trasformazione delle coordinate e il modello di puntamento; questa workstation è collegata tramite una porta seriale RS232 al sistema di controllo di basso livello
- sottosistema di controllo principale (main PLC, mPLC): basato su di un PLC master MLW CPU2 costituisce il cuore del sistema di basso livello e gestisce il puntamento del telescopio tramite due encoder assoluti SSI, i motori DC per i movimenti veloci (macroscopici) e i motori a STEP per i movimenti fini (velocità impercettibili);
- sottosistema di sicurezza (safety PLC, sPLC): controlla, in ridondanza con mPLC, accelerazione, velocità e posizione del telescopio tramite una coppia di encoder incrementali A/B il cui valore è mantenuto nella memoria ritentiva anche a sistema spento in modo da costituire un riferimento assoluto;
- sottosistema di comunicazione e servizi (communication PLC, cPLC): gestisce la comunicazione tra il PC, mPLC, il pannello di interfaccia utente (dPLC) e il sistema di controllo del portellone (hPLC) inoltre controlla una serie di funzioni di supporto del telescopio (focheggiamento, protezione dello specchio, ecc.) e della cupola (rotazione, apertura e chiusura portellone);
- sottosistema di interfaccia utente secondaria (display PLC, dPLC): basato su di un PLC master TL40H fornisce una interfaccia utente di emergenza e di gestione di funzioni speciali di basso livello;
- sottosistema di controllo del portellone della cupola (hatch PLC, hPLC): basato su di una logica programmabile Zelio modello SR2B122BD gestisce l'apertura e la chiusura del portellone della cupola grazie all'alimentazione a batteria e a un accumulatore idraulico.

¹ Procoel s.r.l., via Cicogna 93, S. Lazzaro di Savena, Bologna, tel.+39(0)516285111, fax +39(0)516285189
www.procoel.com, mail: procoel@procoel.com

² Schneider Electric, sede legale e direzione centrale via Circonvallazione Est 1, 24040 Stezano, Bergamo, tel. 035-415.11.11, direzione marketing automazione e controllo via Orbetello 140, 10148 Torino, tel. 011-22.81.111

- 8 -

Le unità PLC master, rappresentate nello schema in figura 2.1.1 con simboli di forma circolare, sono il centro di elaborazione di ogni sottosistema ad eccezione del PC di supervisione. Le unità master sono collegate tramite un bus seriale RS485 alle unità slave specializzate nelle operazioni di I/O e di interfaccia. Ogni slave può essere collegato al bus di un solo master ed è contraddistinto da un numero da 1 a 31 che lo identifica univocamente. Fanno eccezione gli slave di tipo DPS1 che permettono lo scambio dati tra due unità master e sono quindi collegati a due bus con due numeri identificativi distinti. Ogni unità master è appositamente programmata, così come descritto nella sezione "Software" di questo documento, in modo da eseguire le operazioni volute. Le unità slave non possono essere programmate.

I sottosistemi mPLC e sPLC controllano tutti i parametri significativi del telescopio ma soprattutto controllano, indipendentemente e parallelamente, il puntamento per evitare anomalie di movimento e collisioni con le strutture dell'edificio. In caso di problemi viene generato un evento definito di ERRORE o di ALLARME a seconda che sia generato da mPLC o da sPLC rispettivamente. Viene definito allarme un evento di sPLC in quanto questo sottosistema è dedicato al controllo di un insieme ristretto di parametri critici e in generale non dovrebbe intervenire in quanto dovrebbe essere anticipato dall'intervento di mPLC.

L'insieme dei componenti è alloggiato in quattro armadi principali descritti nel paragrafo 2.8 . Negli schemi elettrici allegati sono reperibili tutti i dettagli dei collegamenti tra le varie unità e verso il campo.

Nel paragrafo 2.7 sono elencati i componenti installati e in allegato sono raccolti i relativi datasheet e manuali.

2.2 Sottosistema di controllo principale (mPLC)

Il sottosistema di controllo principale è basato su di un PLC master MLW CPU2 e costituisce il cuore di basso livello del sistema. Tramite gli slave di tipo EMB-SSI il master legge gli encoder assoluti che forniscono H_a (Angolo Orario) e Δ (Declinazione) del telescopio. I motori a STEP sono controllati tramite due slave di tipo AMB-AX3. Si prevede di sostituire il motore a STEP che controlla il moto orario con un motore brushless controllato da apposito azionamento in modo da eliminare vibrazioni e risonanze indotte sulla struttura del telescopio e permettere l'inseguimento del cielo a qualsiasi velocità (da confermare). Lo slave di tipo E552 svolge molteplici funzioni di I/O: le due uscite analogiche controllano i due driver dei motori DC mentre gli ingressi analogici acquisiscono riferimenti di tensione e corrente dagli stessi driver e i comandi manuali dei movimenti veloci dalla console (tabella 2.1). Tre slave di tipo EXP36A permettono l'acquisizione e il controllo dei segnali digitali come specificato in tabella 2.2, in tabella 2.3 e in tabella 2.4. Un dispositivo GPS, collegato tramite uno slave EMB-SC4-GPS, permette di sincronizzare automaticamente l'orologio interno con il UT con una precisione dell'ordine di qualche decimo di secondo. L'interfacciamento verso sPLC avviene tramite una unità DPS1 e un segnale digitale hardware di abilitazione sPLC \rightarrow mPLC (specificato in tabella 2.2 e in tabella 2.8). Uno slave di tipo DPS1 interfaccia mPLC con cPLC. Infine un segnale digitale (tabella 2.3) abilita il controllo dei driver dei motori DC come spiegato nel paragrafo 4.1 .

Compito di mPLC è la gestione della movimentazione del telescopio sia in modalità automatica, in base ai comandi provenienti dal PC o da dPLC, sia in modalità manuale in base ai comandi manuali che possono essere impartiti tramite:

- racchetta dei movimenti fini (lenti): permette di muovere il telescopio nelle quattro direzioni ($\pm H_a, \pm \Delta$) azionando i motori a STEP ad una velocità selezionata tra due velocità preimpostate;

- racchetta dei movimenti veloci: permette di muovere il telescopio nelle quattro direzioni ($\pm H_a, \pm \Delta$) azionando i motori DC ad una velocità selezionata tra due velocità preimpostate;
- manopole di controllo movimenti veloci in console: permettono di muovere il telescopio nelle quattro direzioni ($\pm H_a, \pm \Delta$) ad una qualsiasi velocità entro la velocità massima ammessa.

Si veda il manuale d'uso del telescopio per maggiori dettagli sull'azionamento dei comandi manuali.

Parte integrante del controllo della movimentazione, è il controllo in tempo reale di posizione, accelerazione e velocità del telescopio per garantire che non avvengano collisioni con le strutture dell'edificio, come i piloni nord e sud, che non avvenga il ribaltamento dello specchio primario e che non avvengano movimenti non voluti del telescopio stesso, causati per esempio da un momentaneo sbilanciamento. Per motivi di sicurezza questi controlli vengono eseguiti in modo autonomo e ridondante sia da mPLC che da sPLC: in mancanza del segnale di abilitazione di sPLC, mPLC non azionerà nessun movimento. Inoltre in caso di emergenza sPLC può disabilitare il controllo motori di mPLC e imporre la frenatura dinamica dei motori DC (velocità dei motori forzata zero dal driver).

Si faccia riferimento all'allegato n.5 del fascicolo tecnico del telescopio per le impostazioni dei DipSwitch e/o Jumper di configurazione a bordo delle unità master e slave di questo sottosistema. Queste unità sono alloggiate nei quadri PLC1, PLC2 e PLC3.

Tabella 2.1 Ingressi e uscite del modulo E552 slave n. 6 di mPLC - quadro PLC1

INGRESSI				
Ingresso analogico	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
AI+				
AI7				
AI6				
AI5	Monitor corrente motore DC Delta.	59	E552i5CurD	
AI4	Monitor corrente motore DC Alfa (HA)	57	E552i4CurHA	
AI3	Monitor comando driver DC Delta.	56	E552i3RetD	
AI2	Monitor comando driver DC Alfa (HA)	55	E552i2RetHA	
AI1	Comando velocità Delta	54	E552i1CtrlD	
AI0	Comando velocità Alfa (HA)	53	E552i0CtrlHA	
AI-	Comune negativo segnali analogici	52		
Ingresso digitale				
C	Negativo alimentazione 24Vdc relè (PWR4 quadro PLC1)	70		E552id
Z1, 10.7	Monitor presenza alimentazione 24Vdc relè (PWR4 quadro PLC1)	69	iRelePWR	
Z0, 10.6				
RS, 10.5				
CK, 10.4				
C	Negativo alimentazione 48Vdc STEP (PWR1 quadro PLC1)	3		
A1, 10.3	Monitor presenza alimentazione 48Vdc STEP (PWR1 quadro PLC1): positivo dell'alimentazione con resistenza di carico da 2700 Ohm per adattamento a ingresso a 24Vdc	99	iSMotPWR	
B1, 10.2				
A0, 10.1				
B0, 10.0				
Uscite				
Uscita analogica	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
AO+	Alimentazione +24V	5		
AO1	Comando DC driver Delta	89	E552oD	
AO0	Comando DC driver Alfa (HA)	46	E552oHA	
AO-	Negativo Alimentazione	6		

Tabella 2.2 Ingressi e uscite del modulo EXP36 slave n. 5 (EXPa) di mPLC - quadro PLC1

INGRESSI				
Ingresso	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
0.0	Monitor comando freno Delta	25		EXPai0
0.1	Monitor comando frizione Delta	24		
0.2	Monitor comando freno Alfa (HA) (equipaggio mobile moto orario)	23		
0.3	Monitor comando frizione Alfa (HA)	22		
0.4	Monitor comando statore motore DC Alfa (HA) (movimenti veloci Alfa)	35		
0.5	Monitor comando statore motore DC Delta (movimenti veloci Delta)	34		
0.6				
0.7	Monitor presenza alimentazione frizioni, freni e statori (PWR3 armadio 1, 24V 10A CltBrkStr)	17	iClTBrkStrPWR	
0.C	Negativo alimentazione 24V frizioni, freni e statori (PWR3 armadio 1, 24V 10A CltBrkStr)	20		
1.0				EXPai1
1.1				
1.2				
1.3	Segnale di abilitazione da sPLC (enable sPLC → mPLC)	86	EXPasPLCEnable	
1.4	Monitor direzione rotazione motore DC Alfa (HA) (movimenti veloci)	79		
1.5	Monitor direzione rotazione motore DC Delta (movimenti veloci)	80		
1.6	Segnale OK dal driver motore DC Alfa (HA)	44		
1.7	Segnale OK dal driver motore DC Delta	43		
1.C	Negativo alimentatore 24V optoisolatori (PWR6 armadio 1).	78		
2.0				EXPai2
2.1				
2.2				
2.3	Monitor presenza alimentazione motori DC (PWR2, 24V 20A DC Motors)	15	iDCMotPWR	
2.C	Comune alimentazione motori DC (PWR2 armadio 1, 24V 20A DC Motors)	14		
Uscite				
Uscita	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
8.0	Controllo frizione Alfa (HA)	22		EXPao8
8.0	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori (PWR3 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1)	71		
8.1	Controllo freno Alfa (HA) (equipaggio mobile moto orario).	23		
8.1	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori (PWR3 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1)	71		

8.2	Controllo frizione Delta	24		
8.2	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori (PWR3 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1)	71		
8.3	Controllo freno Delta	25		
8.3	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori (PWR3 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1)	71		
8.4	Abilitazione driver motore DC Alfa (HA)	27		
8.4	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
8.5	Reset direzione motore DC Alfa (HA)	29		
8.5	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
8.6	Set direzione motore DC Alfa (HA)	30		
8.6	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
8.7	Abilitazione driver motore DC Delta	28		
8.7	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
9.0	Reset direzione motore DC Delta	31		EXPao9
9.0	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
9.1	Set direzione motore DC Delta	32		
9.1	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
9.2	Controllo contattore a monte dell'alimentatore dei motori DC	84	DCMotPWR	
9.2	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
9.3	Controllo contattore a monte dell'alimentatore dei motori STEP	85	SMotPWR	
9.3	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
9.4	Controllo contattore a monte dell'alimentatore di frizioni, freni e statori	83	ClBrkStrPWR	
9.4	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1, dopo relè 9 armadio 1).	72		
9.5				
9.5				
9.6				
9.6				
9.7				
9.7				

Tabella 2.3 Ingressi e uscite del modulo EXP36 slave n. 7 (EXPb) di mPLC - quadro PLC1

INGRESSI				
Ingresso	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
0.0	Racchetta movimenti fini (STEP motors): direzione Est	200		EXPbi0
0.1	Racchetta movimenti fini (STEP motors): direzione Ovest	201		
0.2	Racchetta movimenti fini (STEP motors): selettore velocità	202		
0.3	Racchetta movimenti fini (STEP motors): direzione Sud (NOTA: il comando Sud è determinato dallo stato ON simultaneo di questo ingresso e dell'ingresso 0.4)	203		
0.4	Racchetta movimenti fini (STEP motors): direzione Nord	204		
0.5	Racchetta dei movimenti fini nella stanza di controllo (STEP motors)	205		
0.6	Positivo alimentazione 24V dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	48		
0.7	Abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti da sPLC e cPLC (1=abilitati)	220	EnAutoFast	
0.C	Negativo alimentazione 24V servizi telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47		
1.0	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.1 (1 = chiusa, 0 = aperta)	90	iAccesPort1	EXPbi1
1.1	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.2(1 = chiusa, 0 = aperta)	91	iAccesPort2	
1.2	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.3(1 = chiusa, 0 = aperta)	92	iAccesPort3	
1.3	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.4(1 = chiusa, 0 = aperta)	93	iAccesPort4	
1.4	Parcheggio pianale mobile in posizione sicura (1 = in posizione sicura, 0 = NON in posizione sicura)	94	iPlatform	
1.5	Pulsante operatore per il consenso al controllo automatico/remoto dei movimenti veloci (1 = consenso)	95	iOperButton	
1.6				
1.7				
1.C	Negativo alimentazione 24V servizi telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47		
2.0	Racchetta dei movimenti fini nella stanza di controllo (STEP motors)			EXPbi2
2.1	Racchetta dei movimenti fini nella stanza di controllo (STEP motors)			
2.2	Racchetta dei movimenti fini nella stanza di controllo (STEP motors)			
2.3	Racchetta dei movimenti fini nella stanza di controllo (STEP motors)			
2.C	Negativo alimentazione 24V servizi telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47		
Uscite				

Uscita	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
8.0	Selettore tra frenata di emergenza in rampa oppure controllo normale dei driver dei motori DC (1= controllo normale, 0 = frenata in rampa)	163	EnblDCdriverCtrl	EXPbo8
8.0		162		
8.1	Positivo alimentazione 24V dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	48		
8.1	Consenso all'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti verso cPLC	164		
8.2	Alimentazione 24Vdc servizi telescopio sotto fusibile per alimentazione sensori porte e pianale mobile.	148		
8.2	Segnale luminoso stato ERRORE di mPLC	115		
8.3				
8.4				
8.5				
8.6				
8.7				
9.0				EXPbo9
9.1				
9.2				
9.3				
9.4				
9.5				
9.6				
9.7				

Tabella 2.4 Ingressi e uscite del modulo EXP36 slave n. 8 (EXPc) di mPLC - quadro PLC3

INGRESSI				
Ingresso	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
0.0	Sensori di inclinazione del telescopio	64 verde		EXPci0
0.1	Switch centraggio forcella Delta direzione positiva	15 rosso	SwtcFrkCentPos	
0.2	Switch centraggio forcella Delta direzione negativa	14 marrone	SwtcFrkCentNeg	
0.3	Switch finecorsa forcella Delta direzione positiva	87 verde	SwtcEndFrkPos	
0.4	Switch finecorsa forcella Delta direzione negativa	88 blu	SwtcEndFrkNeg	
0.5	Comandi movimenti veloci dalla consolle: sblocco freni Alfa (Ha) (comando con chiave)	24 blu		
0.6	Comandi movimenti veloci dalla consolle: attivazione manopole	25 giallo		
0.7	Comandi movimenti veloci dalla consolle: sblocco freni Delta (comando con chiave).	26 verde		EXPci1
0.C	Negativo alimentazione 24V dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47		
1.0	Racchetta movimenti veloci: selettore velocità	16 grigio		
1.1	Racchetta movimenti veloci: pulsante NORD	17 blu		
1.2	Racchetta movimenti veloci: pulsante SUD	18 viola		
1.3	Racchetta movimenti veloci: pulsante EST	19 bianco		
1.4	Racchetta movimenti veloci: pulsante OVEST	20 Arancio		
1.5	Comandi movimenti veloci dalla consolle: direzione Alfa (ha)	21 viola		EXPci2
1.6	Comandi movimenti veloci dalla consolle: esclusione rampe di accelerazione e decelerazione (comando con chiave).	22 rosso		
1.7	Comandi movimenti veloci dalla consolle: direzione Delta	23 grigio		
1.C	Negativo alimentazione 24V dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47		
2.0				
2.1	Segnale allineamento Nord-Sud strumento BFOSC	37	iInstrOk	
2.2	Segnale PPS dal GPS	30	pps	
2.3	Segnale pressostato circuito aria compressa	10	ipressure	
2.C	Negativo alimentazione 24V dei dispositivi nell'armadio 3 (PWR 1 armadio 3, 24V 3A)	6		
Uscite				
Uscita	Descrizione	Identificativo filo	Identificativo Software	
8.0	Positivo alimentazione 24V dei servizi telescopio	48		P c

	(PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)			
8.0	Uscita onda quadra per controllo switch e pulsanti di comando movimenti veloci: fase 0°	27 (bianco + nero)		
8.1	Positivo alimentazione 24V dei servizi telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	48		
8.1	Uscita onda quadra per controllo switch e pulsanti di comando movimenti veloci: fase 180°	28 (rosso + arancio)		
8.2	Uscita di controllo del LED di segnalazione: manopole in consolle per il controllo dei movimenti veloci attivate.	29		
8.2	Positivo alimentazione 24V dei servizi telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	48		
8.3				
8.3				
8.4				
8.4				
8.5				
8.5				
8.6				
8.6				
8.7				
8.7				
9.0				EXPco9
9.0				
9.1				
9.1				
9.2				
9.2				
9.3				
9.3				
9.4				
9.4				
9.5				
9.5				
9.6				
9.6				
9.7				
9.7				

2.2.1 Encoder assoluti SSI

Le caratteristiche principali degli encoder assoluti SSI collegati agli slave EMB-SSI del master mPLC sono riassunte nella tabella 2.5 mentre in allegato è raccolta la documentazione completa tra cui anche i dettagli del collegamento tra gli encoder e gli slave (file EMB-SSI_Collegamenti Encoder.pdf).

Tabella 2.5 Encoder assoluti SSI.

Costruttore	Lika Electronic, via S. Lorenzo 25, Carrè (Vicenza)
Distributore	Rexel Italia spa, via Archimede 15/17 Agrate Brianza; via del Gomito 5/2, Bologna
Modello / codice d'ordine	Alfa (HA): HM5816/16384BA-10; Delta: HM5816/16384BA-10-r
Impulsi/giro; giri	2^{16} (65536); 2^{14} (16384)
Temperatura di funzionamento	Da -25°C a +85 °C
Interfaccia	SSI binaria
Alimentazione	10-30 Vdc

Al fine di disaccoppiare gli alberi degli encoder da carichi assiali e radiali, come specificato dal costruttore, un giunto elastico è montato tra gli encoder e il pignone a recupero di gioco in presa sulle ruote dentate del telescopio. Le interfacce meccaniche d'installazione sono costituite dall'alloggiamento del giunto, dai supporti dei cuscinetti degli alberi ausiliari e dalle piastre di fissaggio. I pignoni a recupero di gioco hanno 24 denti per l'asse Alfa (Ha) e 18 denti per l'asse Delta e sono gli stessi impiegati per il montaggio dei precedenti encoder assoluti (encoder Tekel). In figura 2.2.1 e in figura 2.2.2 sono mostrati gli encoder montati sul telescopio.

Figura 2.2.1 Encoder assoluto asse Alfa (HA)



Figura 2.2.2 Encoder assoluto asse Delta

2.2.2 Azionamenti e motori DC

I movimenti veloci del telescopio sono azionati da due motoriduttori mostrati in figura 2.2.3.



Figura 2.2.3 Motoriduttori DC dei movimenti veloci; da sinistra: unità motoriduttore, azionamento asse Delta, azionamento asse Alfa (Ha).

I motori sono di tipo a campo avvolto (cioè lo statore è costituito da elettromagneti) e sono alimentati in corrente continua (DC) a 24V per un assorbimento nominale di 6,8A, una velocità massima di 3000 giri/minuto ed una potenza di 100W. Assorbimenti fino a circa 10A sono stati misurati per l'asse Alfa (Ha) con il telescopio sbilanciato di circa 80kg a 2 m dall'asse di rotazione. L'assorbimento misurato dello statore è di circa 1,2A ed essenzialmente indipendente dal carico. Il riduttore ha un rapporto di trasmissione 96:1. Il pignone del motoriduttore è collegato tramite una catena alla corona montata su di una frizione elettrica (ben visibile nell'immagine centrale in figura 2.2.3). Quando azionata, questa frizione trasmette il moto ad un pignone accoppiato con una corona solidale con l'asse di rotazione del telescopio. La frizione è alimentata in corrente continua a 24V per un assorbimento misurato di circa 1,4A. Se la frizione non è alimentata il motore DC è disaccoppiato dal telescopio.

Per ogni asse di rotazione è presente un dispositivo di accoppiamento dei motori a STEP che svolge anche, più o meno propriamente, l'azione di freno. Nel caso dell'asse di declinazione, due dispositivi simili a freni a disco (figura 2.2.4 sinistra) accoppiano il corpo del telescopio (il sostegno del secondario e della cella del primario) alla forcella dei movimenti fini (forcella Delta, figura 2.2.6). Questa forcella è solidale con l'asse polare del telescopio a meno di una rotazione di circa 3° attorno all'asse di declinazione. Questa rotazione è azionata dal motore a STEP tramite un ingranaggio a vite senza fine. I due freni, azionati pneumaticamente da una elettrovalvola, operano in logica di sicurezza: in assenza di pressione le due lastre di metallo che fungono da ganasce sono chiuse e il corpo del telescopio è solidale con la forcella. In questa condizione la rotazione attorno all'asse di declinazione è limitata ai soli 3° azionati dal motore a STEP.

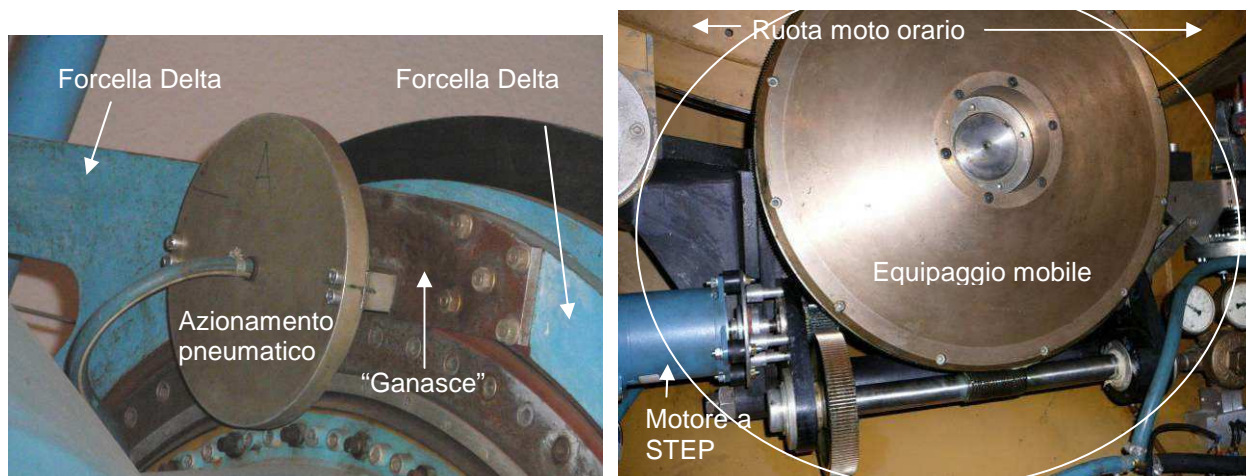


Figura 2.2.4 Sinistra: freni asse di declinazione; destra: equipaggio mobile e ruota del moto orario

Nel caso dell'asse Alfa (Ha) il motore a STEP e i relativi ingranaggi di trasmissione fanno parte di un equipaggio mobile che può essere accoppiato o disaccoppiato dalla ruota del moto orario, solidale con l'asse polare del telescopio (figura 2.2.4 destra). Un sistema pneumatico, controllato da una elettrovalvola, aziona questo equipaggio secondo una logica di sicurezza: se il sistema non è azionato, l'equipaggio è accoppiato alla ruota del moto orario limitandone la velocità di rotazione a quella controllata dal motore a STEP (impercettibile). La ruota del moto orario, però, non è provvista di dentatura, né lo è il relativo "pignone" a bordo dell'equipaggio mobile cosicché l'accoppiamento avviene unicamente per attrito. Data la modesta forza di pressione dell'equipaggio mobile sulla ruota, è possibile che il sistema slitti e non riesca a "frenare" il movimento del telescopio attorno all'asse polare specialmente in caso di sensibili sbilanciamenti.

I motori DC, le frizioni e le elettrovalvole dei freni sono controllati dagli slave n.5 e n.6 di mPLC (EXP36 e E552) e dal master sPLC tramite due coppie di relè, due driver analogici ed una elettronica di interfaccia installati nel quadro PLC1 (figura 2.2.5).

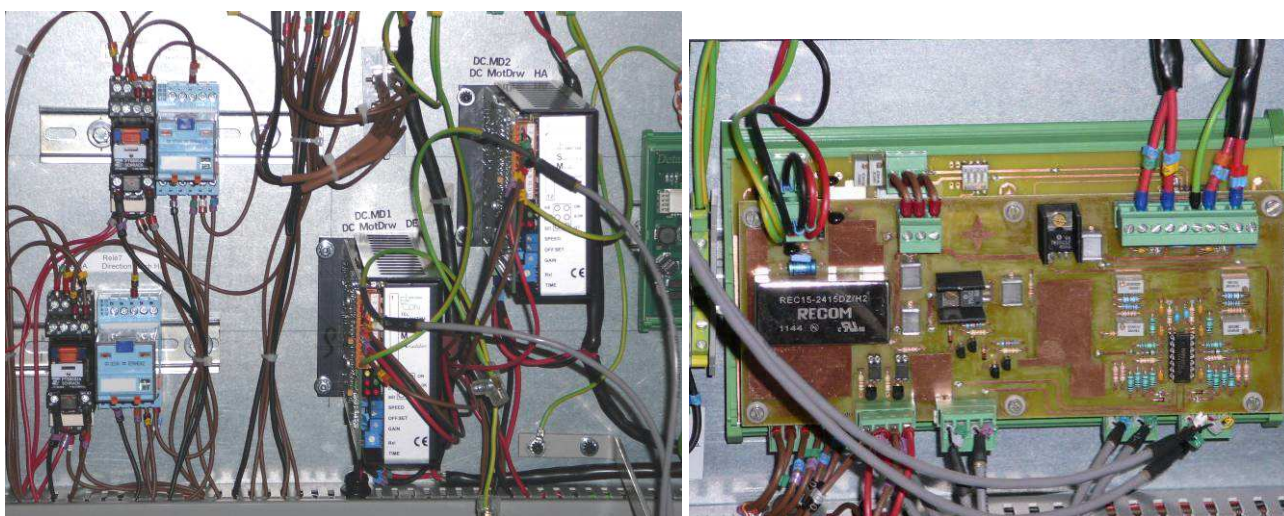


Figura 2.2.5 Azionamento motori DC, freni e frizioni; sinistra: relè e driver; destra: elettronica di interfaccia

L'elettronica di interfaccia è composta da due schede alloggiate in una vaschetta per montaggio su barra DIN ed è stata appositamente realizzata per svolgere tre specifici compiti:

1. azzeramento di emergenza del segnale analogico di comando dei driver: in caso di emergenza il segnale analogico è portato a 0 tramite una rampa esponenzialmente decrescente che permette di arrestare rapidamente i motori DC preservando l'integrità degli organi meccanici; questa funzione è controllata da sPLC, mPLC e cPLC tramite un segnale digitale gestito in logica di sicurezza: le uscite dei tre PLC sono collegate in serie e forniscono alla scheda un segnale di abilitazione in assenza del quale si attiva l'arresto d'emergenza (paragrafo 4.1);
2. interfaccia del segnale analogico di controllo dei driver: lo slave E552 (slave n.6 di mPLC) è in grado di fornire solo un segnale analogico tra 0 e +10V mentre i driver necessitano di un segnale tra -10V e +10V dove la polarità controlla il verso di marcia; la scheda di interfaccia, interposta tra lo slave e i driver, è in grado di invertire la polarità del segnale analogico in base ad un segnale digitale di controllo; inoltre i due segnali analogici di controllo dei driver sono disaccoppiati all'uscita della scheda tramite due amplificatori d'isolamento in quanto l'alimentazione dei driver (PWR2 armadio 1) è differente da quella della scheda e dello slave E552 (PWR5 armadio 1); per ragioni di sicurezza i segnali analogici in uscita non sono solo collegati agli ingressi dei driver ma anche, tramite un ulteriore disaccoppiamento, agli

ingressi analogici dello slave E552 per consentire il controllo in tempo reale del corretto funzionamento della scheda d'interfaccia e verificare che ai driver sia applicato il segnale di comando voluto;

3. interfaccia per la misura della corrente circolante nei motori: tramite due circuiti integrati ad effetto Hall interposti tra le uscite dei driver analogici e i motori DC, la scheda rende disponibile due segnali analogici in tensione proporzionali alla corrente che circola nei motori; questo segnale è collegato agli ingressi analogici dello slave E552 (n.6 di mPLC) per essere acquisito ed utilizzato per fini di supervisione e controllo.

Le due coppie di relè visibili in figura 2.2.5 controllano l'azionamento dei movimenti veloci dei due assi Alfa (Ha) e Delta. Ogni coppia è costituita da un relè bistabile a due vie (relè 7 e 8 quadro PLC1) e da un relè a 4 vie a contatti dorati (relè 5 e 6 quadro PLC1) adatto sia per segnali di controllo che per correnti fino a 6A. Quest'ultimo relè controlla:

- l'alimentazione dello statore del motore DC;
- il segnale digitale di abilitazione del driver;
- il comune dei segnali di controllo del relè bistabile;
- l'alimentazione dei segnalatori ottici e acustici a bordo del telescopio.

Quando questo relè è azionato si ottiene che:

- lo statore del motore DC è alimentato;
- il driver è abilitato;
- i circuiti di comando del relè bistabile sono interrotti in modo che lo stesso permanga nello stato in cui si trova;
- i segnalatori ottici e acustici sono attivi.

Il relè bistabile controlla il segnale che seleziona la direzione nell'elettronica d'interfaccia in modo che la polarità del segnale di controllo applicato al driver non possa essere invertita in alcun modo, nemmeno da un segnale di controllo erraneo, mentre questo è abilitato. Questa evenienza, infatti, potrebbe danneggiare gli organi meccanici specialmente nel caso in il telescopio si stesse muovendo ad alta velocità. Il cambio di direzione richiede quindi l'arresto del motore e la disabilitazione del driver. Questi relè, come pure le elettrovalvole dei freni e le frizioni, sono azionate dalle uscite dello slave n.5 di mPLC.

Le principali caratteristiche dei driver analogici dei motori DC sono riassunte in tabella 2.6.

Tabella 2.6 Driver analogici motori DC (quadro PLC1)

Costruttore e distributore	ITE, Industrialtecnoelettrica srl, via Segantini 32, Bologna
Modello / codice d'ordine	SMA-10/24-RA
Configurazione	Configurazione in reazione d'armatura
Tensione d'uscita	24V
Corrente nominale /di spunto	10A/20A
Alimentazione	24 Vdc
Frequenza PWM	20 KHz
Temperatura di funzionamento	Da -20 °C a +45 °C
Segnale di controllo della velocità motore	Segnale analogico tra -10V e +10V con 0V = velocità nulla; il verso di rotazione è controllato dalla polarità
Segnale di abilitazione	Ingresso digitale fotoaccoppiato
Segnale di azionamento OK	Uscita digitale fotoaccoppiata

L'alimentatore n.2 del quadro 1 (PWR2, 24V 20A DC Motors) è dedicato all'alimentazione dei due driver analogici dei motori DC ed è in grado di erogare fino a 20A a 24Vdc. Un contattore a

monte dell'alimentatore permette di controllarne l'accensione e lo spegnimento da parte di mPLC e sPLC.

L'azionamento del movimento veloce di un asse, richiede quindi la selezione della direzione mentre il driver è disabilitato, la successiva abilitazione dello stesso e della alimentazione dello statore e contemporaneamente l'alimentazione della frizione e della elettrovalvola del freno. La frizione, infatti, innesta la trasmissione del moto del motore DC mentre il freno "libera" il telescopio disinserendo il movimento fine azionato dal motore a STEP. L'alimentazione delle frizioni, delle elettrovalvole dei freni e degli statori dei motori DC è garantita dall'alimentatore n.3 del quadro PLC1 (24V 10A CltBrkStr) che è in grado di erogare fino a 10A a 24Vdc. Un contattore a monte dell'alimentatore permette di controllarne l'accensione e spegnimento da parte di mPLC e sPLC.

Il master sPLC abilita tramite il relè n. 9 (quadro PLC1) le uscite di controllo dei driver, statori, freni, frizioni e alimentatori dello slave n.5 di mPLC in modo che in caso di emergenza queste possano essere estromesse e il controllo possa passare a sPLC.

2.2.3 Azionamenti e motori STEP

I movimenti fini del telescopio sono azionati dai motori a STEP tramite i sistemi meccanici già descritti nel paragrafo 2.2.2 . Per quanto riguarda l'asse di declinazione, la corsa massima dei movimenti fini è limitata a 3° dalle caratteristiche della forcella azionata dal motore a STEP tramite un ingranaggio a vite senza fine (figura 2.2.6). La rotazione attorno all'asse polare, azionata dall'equipaggio mobile, non ha invece limitazioni essendo la responsabile dell'inseguimento in cielo degli oggetti astronomici (figura 2.2.4 destra).

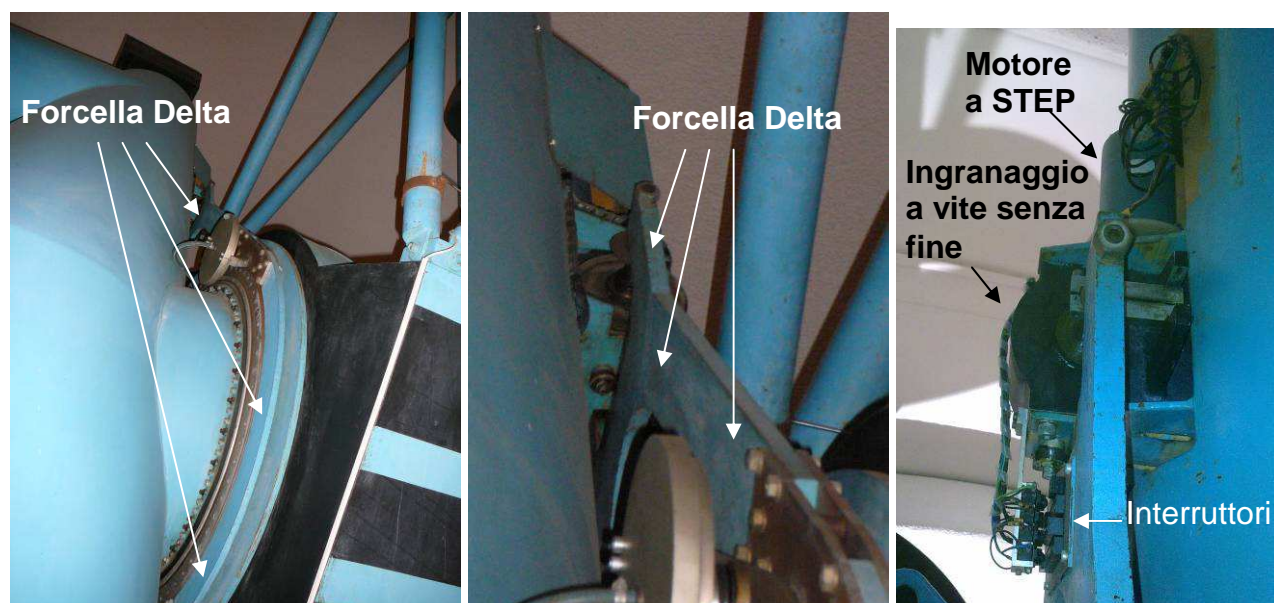


Figura 2.2.6 Forcella movimenti fini Delta

I motori a STEP sono pilotati dai driver installati nel quadro PLC1 (paragrafo 2.8.1) e controllati da mPLC tramite gli slave n.2 e n.3 (AMB-AX3). Le caratteristiche principali di questi driver e i parametri impostati tramite i dip-switches a bordo degli stessi sono riassunti in tabella 2.7.

Tabella 2.7 Driver motori a STEP

Costruttore e distributore	Leadshine technology Co., Ltd.
Distributore	Servotecnica spa, via Majorana 4, Nova Milanese (MB)
Modello / codice d'ordine	DM870 Digital microstepping drive

Corrente d'uscita	Da 0,5 a 7A (5A RMS) programmabile; impostata a 3,4A (2,4A RMS)
Alimentazione	24 – 72 Vdc
Microstep	Da 1 a 512; impostato a 16
Temperatura di funzionamento	Da 0 °C a +40 °C
Ingressi digitali di controllo	Pulsazione, Direzione e abilitazione (fotoaccoppiati)

Sulla forcella dei movimenti fini Delta sono installati quattro interruttori con le funzioni di centraggio e finecorsa. I due segnali di finecorsa operano in logica di sicurezza: se il segnale è assente la corsa nella relativa direzione è interdetta. Questi segnali digitali sono collegati non solo agli ingressi di mPLC ma anche a quelli di sPLC che compie un controllo indipendente e ridondante per garantire la sicurezza meccanica del sistema. Se in condizione di finecorsa il segnale di controllo della direzione inviato da mPLC al driver è incompatibile col finecorsa stesso, sPLC disabilita autonomamente il driver fino a che il segnale non viene impostato correttamente. Analogamente sPLC può disabilitare anche il driver Alfa (HA), per esempio nel caso in cui il puntamento del telescopio sconfini oltre la mappatura permessa.

L'alimentatore n.1 installato nel quadro PLC1 (PWR1, 48V 10A Step Motors) è dedicato ai driver STEP e può fornire una corrente fino a 10A a 48Vdc. Un contattore a monte dell'alimentatore permette di controllarne l'accensione e spegnimento da parte di mPLC e sPLC.

2.3 Sottosistema di sicurezza (sPLC)

Il sottosistema di sicurezza è basato su di un PLC master HL48 che controlla, in ridondanza con mPLC, accelerazione, velocità e posizione del telescopio per evitare anomalie di movimento e collisioni con le strutture dell'edificio. Il sottosistema sPLC utilizza due encoder incrementali di tipo AB, collegati agli ingressi dedicati a bordo dell'unità master, per rivelare l'angolo di rotazione degli assi Alfa (Ha) e Delta del telescopio. Per rendere assoluti questi riferimenti, i loro valori sono memorizzati nella memoria permanente in modo da essere ricaricati all'avvio. Ad ogni avvio viene inoltre eseguito il controllo di coerenza con i valori degli encoder assoluti SSI utilizzati dal sottosistema mPLC e, in caso di discordanza, viene generato uno specifico allarme. I due sottosistemi sPLC e mPLC sono collegati tramite uno slave DPS1 per lo scambio dati e tramite un segnale digitale hardware per l'abilitazione di mPLC da parte di sPLC.

Le due funzioni più critiche per la sicurezza del sistema, cioè la rilevazione del puntamento e la supervisione dei movimenti veloci, sono attuate tramite gli I/O a bordo della scheda master in modo da garantire la massima affidabilità. Il controllo tramite uno slave, infatti, esporrebbe al rischio che lo slave mantenesse inalterato lo stato delle uscite in caso di interruzione del collegamento col master impedendo l'eventuale arresto dei movimenti. L'unità master sPLC è quindi installata direttamente nel quadro PLC1 assieme ai driver e ai relè di controllo degli azionamenti dei motori DC. Inoltre sPLC controlla lo stato degli interruttori di finecorsa della forcella Delta e disabilita il driver STEP del motore Delta nel caso in cui la direzione impostata da mPLC fosse in conflitto con un eventuale segnale di finecorsa. Infine sPLC controlla lo stato delle porte di accesso alla cupola, del pianale mobile e del pulsante di abilitazione dell'operatore per abilitare/disabilitare i movimenti veloci automatici/remoti del telescopio. Nel caso questi ultimi non fossero abilitati e il telescopio si muovesse velocemente senza che fossero azionati i comandi manuali, sPLC prenderebbe il controllo arrestando il telescopio.

I segnali digitali collegati agli ingressi del sPLC sono previsti essere:

- n. 2 bit per la lettura dei finecorsa forcella Delta;
- n. 1 bit per la lettura dello sensore di posizione del pianale mobile;
- n. 4 bit per la lettura dello stato delle porte interne di accesso alla cupola;

- n. 1 bit per la lettura dello stato del pulsante di abilitazione da parte dell'operatore
 - n. 1 bit per la lettura della direzione dei movimenti fini (motore a STEP) del Delta;
- Le uscite digitali del sPLC sono previste controllare:
- n. 1 bit di abilitazione verso mPLC;
 - n. 1 bit per l'abilitazione delle uscite di mPLC per il controllo dei driver DC, dei freni e delle frizioni e degli alimentatori;
 - n. 1 bit per l'abilitazione del driver del motore DC Alfa;
 - n. 1 bit per il controllo della frizione del motore DC Alfa;
 - n. 1 bit per l'abilitazione del driver del motore DC Delta;
 - n. 1 bit per il controllo della frizione del motore DC Delta;
 - n. 2 bit per comandare la frenatura dinamica dei motori DC (velocità dei motori forzata al valore nullo dal driver, 0 = frenatura dinamica, 1 = funzionamento ordinario con velocità controllata dalla uscita analogica dello slave n.6 di mPLC);
 - n. 1 bit per il controllo del freno Delta (1= disinserito);
 - n. 1 bit per il controllo del freno Alfa (equipaggio del moto orario a contatto della ruota Alfa; 1= disinserito = non a contatto);
 - n. 2 bit per l'abilitazione dei movimenti lenti (motori a STEP);
 - n.1 bit per il controllo degli alimentatori dei motori DC e dei freni, frizioni e statori;
 - n. 1 bit per abilitare il consenso ai movimenti veloci automatici/remoti;
 - n.1 bit per accensione spia stato ALLARME.

In tabella 2.8 sono elencati gli ingressi e le uscite del master sPLC.

Si faccia riferimento all'allegato n.5 del fascicolo tecnico del telescopio per le impostazioni dei DipSwitch e/o Jumper di configurazione a bordo delle unità master e slave di questo sottosistema. Queste unità sono alloggiate nel quadro PLC1.

**Tabella 2.8 Ingressi e uscite del modulo master HL48 del PLC di sicurezza (sPLC) -
quadro PLC1**

INGRESSI			
Ingresso	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software
0.0			
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6	Segnale OK dal driver motore DC Delta	43	
0.7	Segnale OK dal driver motore DC Alfa (HA)	44	
0.C	Negativo alimentatore 24V optoisolatori (stessa alimentazione dei PLC, PWR5 armadio 1).	78	
1.0	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.1 (1 = chiusa, 0 = aperta)	90	
1.1	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.2(1 = chiusa, 0 = aperta)	91	
1.2	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.3(1 = chiusa, 0 = aperta)	92	
1.3	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.4(1 = chiusa, 0 = aperta)	93	
1.4	Parcheggio pianale mobile in posizione sicura (1 = in posizione sicura, 0 = NON in posizione sicura)	94	
1.5	Pulsante operatore per il consenso al controllo automatico/remoto dei movimenti veloci (1 = consenso)	95	
1.6		96	
1.7		97	
1.C	Negativo alimentazione 24V dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47	
2.0	Segnale direzione motore a STEP delta	8	
2.1			
2.2			
2.3			
2.4			
2.5			
2.6			
2.7			
2.C	Positivo alimentatore 24V optoisolatori (stessa alimentazione dei PLC, PWR5 armadio 1).	77	
A0	Encoder incrementale AB Delta: fase A	verde	
B0	Encoder incrementale AB Delta: fase B	giallo	
Z0			
C0	Negativo alimentazione 24V PLC (PWR5 armadio 1, usata per alimentare gli encoder AB)		
A1	Encoder incrementale AB Alfa (HA): fase A	verde	
B1	Encoder incrementale AB Alfa (HA): fase B	giallo	

Z1			
C1	Negativo alimentazione 24V PLC (PWR5 armadio 1, usata per alimentare gli encoder AB)		
3.6	Switch finecorsa forcella Delta direzione positiva	87	
3.7	Switch finecorsa forcella Delta direzione negativa	88	
C67	Negativo alimentazione 24V dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47	
Uscite			
Uscita	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software
8.0	Segnale abilitazione motore a STEP Delta (1= disabilitato)	7	
8.0	Negativo alimentatore 24V optoisolatori (PWR6 quadro PLC1).	78	
8.1	Segnale abilitazione motore a STEP Alfa (HA) (1= disabilitato)	10	
8.1	Negativo alimentatore 24V optoisolatori (PWR6 quadro PLC1).	78	
8.2	Selettore tra frenata di emergenza in rampa oppure controllo normale del driver motore DC Alfa (HA) (1= controllo normale, 0 = frenata in rampa)	59	
8.2	Comune selettore frenata emergenza / normale (in serie con EXP36 slave 7 di mPLC armadio PLC1 e con master cPLC armadio PLC2)	61	
8.3	Selettore tra frenata di emergenza in rampa oppure controllo normale del driver motore DC Delta (1= controllo normale, 0 = frenata in rampa)	60	
8.3	Comune selettore frenata emergenza / normale (in serie con EXP36 slave 7 di mPLC armadio PLC1 e con master cPLC armadio PLC2)	61	
8.4	Segnale di Enable verso mPLC (enable sPLC → mPLC)	86	
8.4	Positivo alimentatore 24Vdc optoisolatori (PWR6 quadro PLC1).	77	
8.5	Consenso all'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti (segnale verso cPLC quadro 2)	113	
8.5	Positivo alimentazione 24Vdc dei servizi del telescopio (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	48	
8.6	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1).	69	
8.6	Controllo contattori di abilitazione alimentatore motori DC (PWR2 armadio 1, 24V 20A DC Motors) e alimentatore frizioni/freni/statori (PWR3 armadio 1, 24V 10A CltBrkStr) NOTA: i due collegamenti sono distinti e disaccoppiati con due DIODI!	83 e 84	
8.7	Positivo alimentatore 24Vdc dei Relè (PWR4 armadio 1).	69	
8.7	Abilitazione driver motore DC Alfa (HA)	27	
9.0	Positivo alimentatore 24Vdc dei Relè (PWR4 armadio 1).	69	
9.0	Abilitazione driver motore DC Delta	28	
9.1	Alimentazione 24Vdc servizi telescopio sotto fusibile per	148	

	alimentazione sensori porte e pianale mobile.		
9.1	Segnale luminoso stato ALLARME di sPLC	114	
9.2			
9.2			
9.3	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori(PWR3 armadio 1)	17	
9.3	Comando frizione Alfa (HA)	22	
9.4	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori(PWR3 armadio 1)	17	
9.4	Comando freni Alfa (HA, equipaggio mobile moto orario)	23	
9.5	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori(PWR3 armadio 1)	17	
9.5	Comando frizione Delta	24	
9.6	Positivo alimentazione 24V frizioni, freni e statori(PWR3 armadio 1)	17	
9.6	Comando freni Delta	25	
9.7	Controllo relè 9 armadio 1 (distribuzione positivo alimentazioni alle uscite di EXP36 slave 7 di mPLC armadio 1)	21	
9.7	Positivo alimentatore 24V dei Relè (PWR4 armadio 1).	69	

2.3.1 Encoder incrementali AB

Le caratteristiche principali degli encoder relativi AB collegati al master sPLC sono riassunte nella tabella 2.9 mentre in allegato è raccolta la documentazione completa. La risoluzione raggiunta grazie all'apposito contatore a bordo dell'unità master HL48 è $4 \times$ la risoluzione nominale dell'encoder (cioè $4 \times 512 = 2048$ impulsi/giro).

Tabella 2.9 Encoder incrementali AB.

Costruttore	Eltra, via Monticello di Fara 32bis, Sarego (VI)
Distributore	ITE, Industrialtecnoelettrica srl, via Segantini 32, Bologna
Modello / codice d'ordine	EL58H.512.S.5/28.P8X6PR12
Impulsi/giro	512
Temperatura di funzionamento	Da -10°C a +60 °C
Carichi ammessi sull'asse	200N (sia radiali che assiali)
Alimentazione	5-28 Vdc

Dato l'altro carico radiale ammissibile sugli assi, questi encoder sono accoppiati direttamente alle ruote dentate del telescopio tramite un pignone a recupero di gioco con 30 denti già utilizzato per il montaggio di encoder non più in uso (encoder TPA e Cannon). L'interfaccia meccanica d'installazione è costituita semplicemente da una piastra piana con opportune forature. In figura 2.3.1 figura 2.3.2 sono mostrati gli encoder montati sul telescopio.

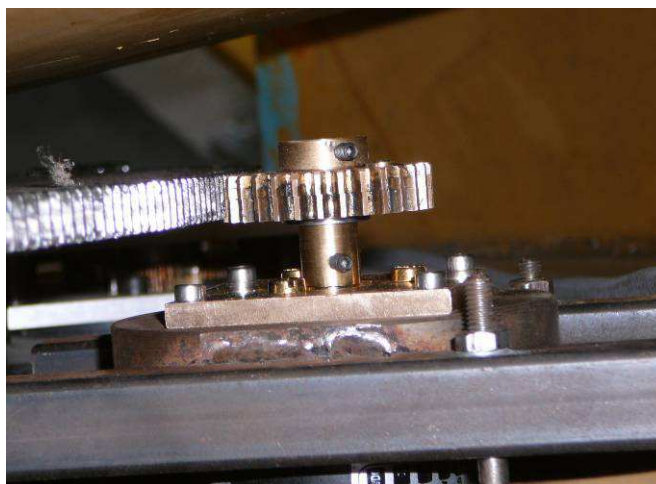


Figura 2.3.1 Encoder incrementale asse Alfa (HA)

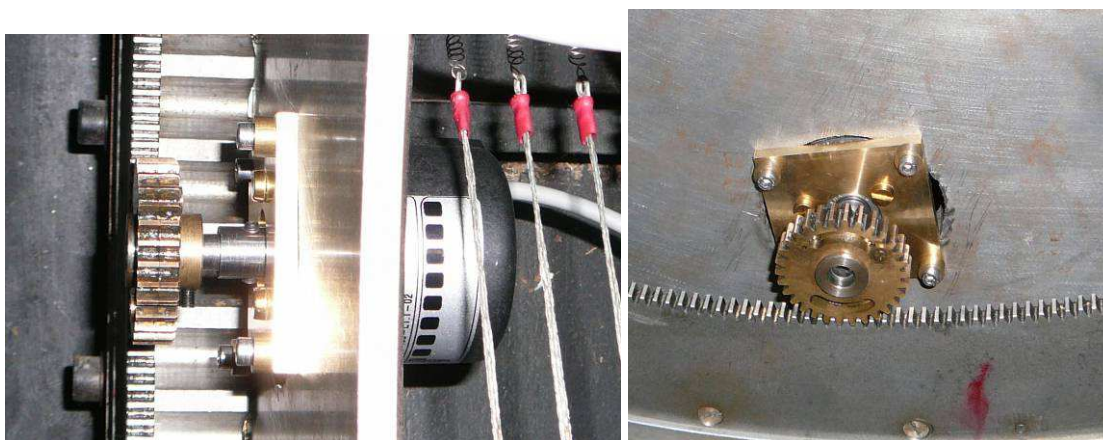


Figura 2.3.2 Encoder incrementale asse Delta

2.4 Sottosistema di comunicazione (cPLC)

Il sottosistema di comunicazione è basato su di un PLC master HL48, gestisce lo scambio dati tra i vari sottosistemi e controlla le funzioni ausiliarie non direttamente connesse col puntamento del telescopio.

I sottosistemi dPLC, mPLC sono collegati a cPLC tramite gli slave DPS1 e il PC di supervisione è collegato tramite uno slave EMB-SC4. Il sistema hPLC è collegato tramite due ricetrasmittitori wireless: il primo, collegato a cPLC, è dotato di interfaccia seriale RS232 (XBee RS-232 Adapter) mentre il secondo, collegato a hPLC, è dotato di quattro canali digitali di I/O (XBee Digital I/O Adapter).

Le funzioni ausiliare controllate da cPLC sono:

- apertura e chiusura della protezione a petali dello specchio primario (shutter);
- movimentazione dello specchio secondario per la messa a fuoco delle immagini;
- rilevamento della posizione dello specchio secondario per la messa a fuoco delle immagini;
- rotazione della cupola tramite il controllo degli inverter che alimentano i due motori della rotazione cupola;
- rilevamento della posizione della cupola tramite interfacciamento con il lettore dei codici a barre posizionati sulla cupola (tramite la porta seriale di uno slave SC4);

- controllo della apertura e chiusura del portellone della cupola attraverso il collegamento wireless con hPLC (tramite la porta seriale di uno slave SC4 e i ricetrasmittitori wireless).

Il master cPLC è installato nel quadro PLC2 assieme a:

- tre slave EMB-SC4 destinati al collegamento col PC di supervisione, col lettore di codici a barre della cupola e con l'interfaccia wireless verso hPLC;
- uno slave EMB-SSI per il collegamento di un eventuale encoder assoluto per il rilevamento della posizione del secondario;
- uno slave DPS1 per il collegamento col sottosistema mPLC (paragrafo 2.8.2);
- uno slave DM1 per il controllo delle luci interne della cupola.

Lo slave EXP16 per il controllo della protezione dello specchio primario e per il controllo del fuoco è installato nel quadro PLC3 assieme allo slave DPS1 di interfacciamento con dPLC (paragrafo 2.8.3). Infine è ancora da confermare l'interfacciamento verso la stazione meteo che potrà essere implementata tramite porta seriale (slave SC4) o tramite alcuni (2, da confermare) segnali digitali.

I segnali digitali collegati agli ingressi del master sPLC ed allo slave EXP16 sono previsti essere:

- n. 4 segnali di stato delle porte di accesso al locale cupola;
- n. 1 segnale di stato del pianale mobile;
- n. 1 segnale di stato pulsante consenso operatore al controllo automatico/remoto dei movimenti veloci;
- n. 8 segnali di stato degli inverter rotazione cupola e del quadro consenso rotazione e apertura cupola (quadro con fotocellula per la sorveglianza dell'accesso al ballatoio esterno della cupola);
- n. 3 segnali della racchetta fuoco;
- n. 2 segnali del sistema di rivelazione posizione specchio secondario (fuoco);

Le uscite digitali del master sPLC ed allo slave EXP16 sono previste controllare:

- n. 2 segnali di comando degli inverter dei motori rotazione cupola;
- n. 2 segnali di comando apertura e chiusura petali protezione specchio primario;
- n. 4 segnali di comando motore fuoco;
- n. 1 segnale di abilitazione (verso mPLC) dei movimenti veloci automatici/remoti;
- n. 1 segnale di abilitazione di mPLC al controllo dei driver dei motori DC o, in assenza di abilitazione, di comando di frenatura di emergenza motori DC;
- n. 1 controllo segnalatore luminoso dell'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti posto al di sopra della porta n.1 di accesso al locale cupola.

In tabella 2.10 sono elencate gli I/O dell'unità HL48 master di cPLC mentre in tabella 2.11 sono elencati quelli dello slave EXP16.

Si faccia riferimento all'allegato n.5 del fascicolo tecnico del telescopio per le impostazioni dei DipSwitch e/o Jumper di configurazione a bordo delle unità master e slave di questo sottosistema. Queste unità sono alloggiate nei quadri PLC2 e PLC3.

Tabella 2.10 Ingressi e uscite del modulo master HL48 del PLC di comunicazione (cPLC) - quadro PLC2

INGRESSI			
Ingresso	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software
0.0	Inverter rotazione cupola: errore inverter 1	301	
0.1	Inverter rotazione cupola: errore inverter 2	302	
0.2	Prese Cupola NON Alimentate	303	
0.3	Comando manuale rotazione cupola: destra	304	mIDmRotDw
0.4	Comando manuale rotazione cupola: sinistra	305	mIDmRotUp
0.5	Spine in Cupola Inserite	306	
0.6	Consenso Rotazione Cupola e Apertura Portellone (controllata da quadretto sorveglianza accesso al ballatoio esterno 1 = rotazione cupola abilitata, 0 = disabilitata)	307	mIDmRotEn
0.7	0V dc Circuito Comando	308	
0.C	+24V dc Circuito Comando	309	
1.0	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.1 (1 = chiusa, 0 = aperta)	90	mIDmAcDoor1
1.1	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.2 (1 = chiusa, 0 = aperta)	91	mIDmAcDoor2
1.2	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.3 (1 = chiusa, 0 = aperta)	92	mIDmAcDoor3
1.3	Stato porta di accesso al telescopio e al pianale mobile n.4 (1 = chiusa, 0 = aperta)	93	mIDmAcDoor4
1.4	Parcheggio pianale mobile in posizione sicura (1 = in posizione sicura, 0 = NON in posizione sicura)	94	mIPlatPark
1.5	Pulsante operatore per il consenso al controllo automatico/remoto dei movimenti veloci (1 = consenso)	95	mIOperBut
1.6	Consenso all'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti da sPLC (1 = consenso, 0 = non consenso)	113	mIEnFastsPLC
1.7	Consenso all'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti da mPLC (1 = consenso, 0 = non consenso)	164	
1.C	Negativo alimentazione 24Vdc dei servizi del telescopio, (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47	
2.0	Racchetta fuoco	18	mIFcs1
2.1	Racchetta fuoco	19	mIFcs2
2.2	Racchetta fuoco	20	mIFcs3
2.3			
2.4			
2.5			
2.6			
2.7			
2.C	Negativo alimentazione 24Vdc dei servizi del telescopio, (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47	
A0			
B0			

Z0			
C0			
A1			
B1			
Z1			
C1			
3.6			
3.7			
C67			
Uscite			
Uscita	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software
8.0	Consenso all'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti da sPLC	113	mIEnFastsPLC
8.0	Abilitazione movimenti veloci automatici/remoti verso mPLC e abilitazione alimentazione con fusibile per il segnale luminoso sopra porta accesso cupola	220	mOEnFastMov
8.1	Abilitazione controllo driver motori DC oppure frenata di emergenza in rampa oppure (1= controllo normale, 0=frenata in rampa)	61	
8.1		161	
8.2	Alimentazione con fusibile per il segnalatore lampeggiante posto al disopra la porta n.1 di accesso alla cupola	26	
8.2	Accensione alla massima luminosità del segnalatore lampeggiante dell'abilitazione movimenti veloci automatici/remoti posto al disopra della porta n.1 di accesso alla cupola	222	
8.3	Alimentazione con fusibile per il segnalatore lampeggiante posto al disopra la porta n.1 di accesso alla cupola	26	
8.3	Accensione alla minima luminosità del segnalatore lampeggiante dell'abilitazione movimenti veloci automatici/remoti posto al disopra della porta n.1 di accesso alla cupola	221	
8.4	Consenso Rotazione Cupola e Apertura Portellone	307	
8.4	Comando rotazione cupola destra	310	mODmRotUp
8.5	Consenso Rotazione Cupola e Apertura Portellone	307	
8.5	Comando rotazione cupola sinistra	311	mODmRotDw
8.6			
8.6			
8.7			
8.7			
9.0			
9.0			
9.1			
9.1			
9.2			
9.2			

9.3			
9.3			
9.4			
9.4			
9.5			
9.5			
9.6			
9.6			
9.7			
9.7			

Tabella 2.11 Ingressi e uscite del modulo EXP16 slave n.7 di cPLC - quadro PLC3

INGRESSI				
Ingresso	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
0.0	Diaframma a petali specchio primario (shutter) APERTO	36 marrone	mIShutOpen	EXPci0
0.1	Diaframma a petali specchio primario (shutter) CHIUSO	35 giallo	mIShutClosed	
0.2	Impulsi fuoco a incrementare conteggio posizione	59	mIFcsCntUP	
0.3	Impulsi fuoco a decrementare conteggio posizione	60	mIFcsCntDW	
0.4				
0.5				
0.6				
0.7		49		
0.C	Negativo alimentazione 24V dei servizi del telescopio, (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	47		
Uscite				
Uscita	Descrizione	Id. filo	Identificativo Software	
8.0				EXPco8
8.0				
8.1				
8.1				
8.2				
8.2				
8.3	Comando petali copertura specchio primario (shutter)	55 nero+blue	mOShutCmd	
8.3	Positivo alimentazione 24Vdc dei servizi del telescopio, (PWR 2 armadio 3, 24V 5A servizi)	48		
8.4	Controllo contattore comando motore fuoco (aumentare, lento)	34	mFcsUpS	
8.4	Positivo alimentazione 24V dei PLC armadio 3, (PWR 1 armadio 3, AL3 24V 3A)	5		
8.5	Controllo contattore comando motore fuoco(aumentare, veloce)	33	mOFcsUpF	
8.5	Positivo alimentazione 24V dei PLC armadio 3, (PWR 1 armadio 3, AL3 24V 3A)	5		
8.6	Controllo contattore comando motore fuoco (diminuire, lento)	32	mOFcsDwS	
8.6	Positivo alimentazione 24V dei PLC armadio 3, (PWR 1 armadio 3, AL3 24V 3A)	5		
8.7	Controllo contattore comando motore fuoco (diminuire, veloce)	31	mOFcsDwF	
8.7	Positivo alimentazione 24V dei PLC armadio 3, (PWR 1 armadio 3, AL3 24V 3A)	5		

2.5 Sottosistema di controllo del portellone della cupola (hPLC)

L'unità master del sottosistema è costituita da una logica programmabile modello SR2B122BD della famiglia Zelio di Schneider Electric che controlla, tramite due contattori, le elettrovalvole del sistema idraulico che azionano il portellone. Due bordi anti-schiacciamento posti sul portellone disabilitano la chiusura dello stesso in presenza di ostacoli.

Dato che durante il normale funzionamento la cupola è libera di ruotare, il collegamento con cPLC è stato realizzato tramite due ricetrasmittitori wireless e l'alimentazione è provvista di accumulatori a 24Vdc. In questo modo hPLC può rimanere in funzione anche quando le spine che forniscono l'alimentazione di rete (230 Vac e 400 Vac) ai quadri a bordo cupola vengono disinserite per permettere la rotazione della cupola stessa. In assenza di alimentazione trifase non è possibile aprire il portellone ma è invece possibile chiuderlo grazie alla riserva di energia dell'accumulatore idraulico precedentemente caricato dalla pompa (in presenza dell'alimentazione trifase). Le prese dedicate per l'alimentazione di rete della cupola sono costituite da coppie di prese interbloccate a cinque poli, una rossa ed una blue, distribuite lungo tutto il ballatoio interno della cupola in modo che le spine possano essere sempre inserite qualsiasi sia la posizione della cupola. Inoltre, nelle prese è implementato un circuito di bloccaggio della rotazione che si attiva non appena le spine vengono inserite. L'alimentazione delle prese è controllata dal quadro generale di alimentazione del telescopio (quadro comandi) e dal quadro che fornisce il consenso alla rotazione della cupola e all'apertura del portellone. Grazie ad una fotocellula, questo quadro rivela gli accessi al ballatoio esterno della cupola ed inibisce, per motivi di sicurezza, sia la rotazione della cupola che l'apertura del portellone tramite l'inibizione di due delle tre fasi di alimentazione delle prese. Queste due fasi alimentano il trasformatore 380Vac → 24Vac che alimenta il circuito di controllo del contattore che aziona la pompa idraulica. Una delle due fasi aziona anche il relè con bobina a 230Vac nel quadro hPLC che abilita il contattore che aziona l'apertura del portellone. Le prese dedicate disposte lungo i ballatoi interni non devono e non possono essere utilizzate per scopi diversi dall'alimentazione della cupola.

L'apertura e la chiusura del portellone possono essere comandate anche manualmente tramite i due pulsanti installati a bordo cupola. Sulla stessa pulsantiera è presente una chiave che permette di alimentare alternativamente o i due pulsanti o il sottosistema hPLC: quando hPLC è alimentato è possibile azionare il portellone solo tramite i comandi remoti mentre quando si utilizzano i pulsanti hPLC è spento. Questi pulsanti agiscono sugli stessi contattori controllati dal master di hPLC.

La ricarica delle batterie è garantita dal caricabatteria che è l'unico componente di hPLC alimentato a 230Vac. La fase utilizzata per alimentarlo non è intercettata dal teleruttore che fornisce il consenso alla rotazione della cupola e all'apertura del portellone in modo che, indipendentemente dallo stato del consenso, è sufficiente inserire le spine nelle prese dedicate e accendere il sistema di controllo del telescopio affinché le batterie vengano ricaricate. Il selettore a chiave non agisce in alcun modo sull'alimentazione del caricabatteria.

Le funzioni principali svolte da hPLC sono:

- apertura e chiusura del portellone della cupola ed eventuale interblocco della chiusura in caso di azionamento dei bordi anti-schiacciamento;
- sorveglianza di:
 - stato attivo della comunicazione con cPLC;
 - livello di carica delle batterie di alimentazione;
 - pressione del sistema idraulico.

I segnali collegati agli ingressi del master hPLC sono:

- n.1 segnale digitale di comando da ricetrasmittitore wireless;
- n.1 segnale digitale di stato portellone chiuso;
- n.1 segnale digitale di stato portellone aperto;
- n.1 segnale digitale di pressione sistema idraulico bassa;

- n.1 segnale digitale di stato spento della pompa del sistema idraulico;
- n.1 segnale digitale presenza alimentazione 230Vac del quadro (derivata dalla alimentazione di rete della cupola);
- n.1 segnale analogico proporzionale alla tensione fornita dalle batterie di alimentazione del sistema;
- n.1 segnale digitale contattore di chiusura attivo, questo segnale è utilizzato per rivelare l'intervento dei bordi anti-schiacciamento;

Le uscite digitali del master hPLC sono previste comandare:

- n.1 segnale di chiusura portellone (comando della relativa elettrovalvola tramite contattore);
- n.1 segnale di apertura portellone (comando della relativa elettrovalvola tramite contattore);
- n.2 segnali di comunicazione verso cPLC attraverso il ricetrasmittitore wireless.

Il ricetrasmittitore wireless collegato a hPLC, è dotato di quattro canali digitali di I/O (XBee Digital I/O Adapter) mentre quello collegato a cPLC, è dotato di interfaccia seriale RS232 (XBee RS-232 Adapter). Dei quattro canali digitali di comunicazione, tre sono utilizzati per inviare segnali verso cPLC ed uno per ricevere i comandi. Dato che il canale utilizzato in ricezioni è in grado unicamente di chiudere un contatto verso massa o di aprirlo (sinking output), un resistore di pull-up di circa 1kOhm è collegato tra l'alimentazione e ingresso del master hPLC a cui è collegato il canale di ricezione. I canali del ricetrasmittitore wireless sono protetti contro eventuali sovratensioni e inversioni di polarità da diodi e resistenze installati lungo i cavi in prossimità del connettore del ricetrasmittitore. Si veda lo schema elettrico per ulteriori dettagli.

In tabella 2.12 sono elencati gli ingressi e le uscite della unità master hPLC. In tabella 2.13 sono elencati gli ingressi/uscite del ricetrasmittitore wireless collegato a hPLC.

Tabella 2.12 Ingressi e uscite del master (Zelio SR2B122BD) del PLC del portellone (hPLC, quadro Portellone)

INGRESSI			
Ingresso e tipo		Descrizione	Id. filo
I1	Digitale	Comando di apertura/chiusura del portellone dal ricetrasmittitore wireless (onde quadrate a diversa frequenza)	9
I2	Digitale	Segnale portellone chiuso (dagli interruttori di finecorsa del portellone)	3
I3	Digitale	Segnale portellone aperto (dagli interruttori di finecorsa del portellone)	5
I4	Digitale	Segnale contattore chiusura attivo (usato per rivelare l'intervento dei bordi anti-schiacciamento)	34
IB	Analogico	Tensione proporzionale all'alimentazione fornita dalle batterie	7
IC	Digitale	Segnale della pompa del sistema idraulico non in funzione (via relè di disaccoppiamento)	8
ID	Digitale	Presenza alimentazione 230Vac del quadro (via relè di disaccoppiamento)	33
IE	Digitale	Segnale di minima pressione impianto idraulico (da pressostato via relè di disaccoppiamento)	6
USCITE			
Uscita		Descrizione	Id. filo
Q1		Comando del contattore di controllo della elettrovalvola che aziona la chiusura del portellone	10
Q2		Comando del contattore di controllo della elettrovalvola che aziona l'apertura del portellone	11
Q3		Segnale di comunicazione verso ricetrasmittitore wireless	12
Q4		Segnale di comunicazione verso ricetrasmittitore wireless	13

Tabella 2.13 Ingressi e uscite digitali del ricetrasmittitore wireless XBee Digital I/O Adapter collegato al PLC del portellone (hPLC, quadro con coperchio trasparente)

Canale	IMPOSTAZIONE	Descrizione	Id. FILO
1	Uscita	Comando di apertura/chiusura del portellone da cPLC (onde quadrate a diversa frequenza)	9
2	Ingresso	Segnale di portellone CHIUSO verso cPLC dagli interruttori di finecorsa del portellone	3
3	Ingresso	Canale di comunicazione da hPLC verso cPLC: interblocco chiusura attivo, stato portellone APERTO e stato pompa del sistema idraulico in funzione (una sola informazione secondo una gerarchia di priorità veicolata tramite onde quadrate a diversa frequenza, si veda il paragrafo 3.7.2.iv)	12
4	Ingresso	Canale di comunicazione da hPLC verso cPLC: stato tensione batterie bassa o alta, stato pressione sistema idraulico bassa, stato Ok del sistema (una sola informazione secondo una gerarchia di priorità veicolata tramite onde quadrate a diversa frequenza, si veda il paragrafo 3.7.2.iv)	13
5	-	Riferimento comune di tensione 0Vdc (massa)	0

2.6 Sottosistema di interfaccia utente secondaria (dPLC)

L'interfaccia utente secondaria permette l'accesso di emergenza alle funzionalità base del telescopio in caso di indisponibilità del PC di supervisione e controllo. Inoltre permette l'accesso ad alcune funzionalità specifiche come la modifica dei parametri di basso livello (da confermare) e la selezione della modalità di utente esperto.

Il sottosistema è costituito dal:

- master TL40A che integra un pannello con display e pulsanti per l'interfaccia utente;
- n.1 slave DPS1E (slave 1) per il collegamento dati con cPLC;
- n.1 slave EMB-PROGUSB per la programmazione del master tramite una porta USB.

Gli I/O a bordo del master non sono utilizzati.

Si faccia riferimento all'allegato n.5 del fascicolo tecnico del telescopio per le impostazioni dei DipSwitch e/o Jumper di configurazione a bordo delle unità master e slave di questo sottosistema. Queste unità sono alloggiate nel quadro PLC3.

2.7 Lista componenti

Di seguito sono elencati i componenti hardware del sistema di controllo e in allegato sono raccolti i relativi datasheet e/o manuali. I componenti sono raggruppati nelle seguenti categorie:

- Logica di controllo: comprende i componenti della logica di supervisione e controllo;
- Azionamenti: comprende i componenti degli azionamenti dei motori DC, dei motori a STEP e delle elettrovalvole dei freni e delle frizioni.
- Varie: comprende i componenti che non rientrano nelle categorie precedenti.

Nell'allegato n.5 del fascicolo tecnico del telescopio sono elencati i componenti suddivisi per i singoli quadri.

2.7.1 Logica di controllo

In tabella 2.14 sono elencate le unità PLC master e slave. In tabella 2.15 sono elencati tutti gli altri componenti della logica di controllo: encoder, ricetrasmittitori wireless, alimentatori, relè, contattori, interruttori e cavi.

Tabella 2.14 logica di controllo: unità PLC master e slave

UNITÀ PLC MASTER e SLAVE della linea di prodotti DETAIL di PROCOEL S.R.L. (via Cicogna 93, S. Lazzaro di Savena, Bologna)		
COMPONENTE	QNT.	DESCRIZIONE
MLW-CPU2	1	Scheda master basata su CPU Beck SC24 IEC-LF completa della licenza per l'ambiente di programmazione CoCeSys; interfacce: USB, LAN, CAN, lettore SD card (PCB.590B)
HL-48A	2	Logica master con a bordo 26 ingressi digitali, 16 uscite digitali e 2 ingressi encoder AB
EMB-SSI	3	Modulo slave di interfaccia per encoder SSI a 24 e 32 bit
DPS1E	3	Modulo slave con due seriali RS485 che consente lo scambio dati tra due unità Master
EMB-SC4	4	Modulo slave con interfacce RS232, RS485 e RS422
EMB-DM1	1	Modulo slave alimentato a 230Vac con uscita a 230Vac con dimmer di potenza massima di 1KW e corrente massima 4.2A (PCB.521+527)
EMB-AL3	3	Alimentatore con ingresso 240Vac e uscita 24 Vdc 3 A
ALS-AX3	2	Modulo slave per controllo driver STEP
E552	1	Modulo slave con 8 ingressi analogici, 2 uscite analogiche a 8 bit in tensione fino a 10 Vdc e 8 ingressi digitali veloci.
EXP36	3	Modulo slave con 20 ingressi digitali, 16 uscite digitali e 2 contatori veloci
EXP16A	1	Modulo slave con 8 ingressi digitali e 8 uscite digitali
TL40A	1	Logica master con pannello d'interfaccia utente (27 tasti numerici e di controllo e un LCD 4x40), 8 ingressi digitali, di 8 uscite a digitali.
EMB-PROGUSB	1	Modulo slave con interfaccia di programmazione USB
ALTRE UNITÀ PLC MASTER e SLAVE		
COMPONENTE	QNT.	DESCRIZIONE
SR2B122BD	1	Logica programmabile Zelio di Schneider Electric modello SR2B122BD con a bordo 4 ingressi digitali, 4 analogici e 4 uscite digitali a transistor

Tabella 2.15 Encoder, alimentatori e accessori della logica di controllo

COMPONENTE	QNT.	COSTRUTTORE	DESCRIZIONE
EMB-AL3	3	Procoel s.r.l.	Alimentatore con ingresso 230Vac e uscita 24 Vdc 3 A
Encoder HM5816/16384BA-10	2	Lika	Encoder assoluti SSI con risoluzione di 2^{16} (65536) impulsi per giro e 2^{14} (16384) giri (vedi tabella 2.5)
Encoder EL58H.512.S.5	2	Eltra	Encoder incrementali AB con risoluzione di 512 impulsi per giro (vedi tabella 2.9)
Ricetrasmittitore wireless XBee RS-232 Adapter ZB Pro Intl (XA-Z14-CS2P-W)	1	Digi International	Ricetrasmittitore wireless con interfaccia seriale RS232
Ricetrasmittitore wireless XBee Digital I/O Adapter ZB Pro Intl (XA-Z14-CS4P-W)	1	Digi International	Ricetrasmittitore wireless con 4 ingressi/uscite digitali
Alimentatore TBL 030-124	2	TracoPower	Alimentatore per guida DIN, ingresso 85 - 264Vac, uscita 24Vdc 1,25A
Alimentatore TMDC 40-2411	1	TracoPower	Alimentatore, ingresso 9 - 36Vdc, uscita 5,1Vdc 8A
Alimentatore TBL 015-105	1	TracoPower	Alimentatore switching per guida DIN 12W, ingresso 85- 264Vac, uscita 5Vdc 5A
Relè C3A30X/DC24V	1	Releco	Relè monostabile a 3 scambi per correnti dc fino a 10A
Zoccolo relè S3-B	1	Releco	Zoccolo per uso con Relè a 11 pin serie MRC
Contattore 22.32.0.024.4320	9	Finder	Contattore da guida DIN, 2 Contatti n.a. 25A 250VAC, AC1 6250VA, AC£ 10A, AC15 1800VA, motore monofase fino a 1kW, bobina 24 VAC/DC
Relè 2961480	1	Phoenix Contact	Relè miniaturizzato, 2 PDT, bobina 230Vac, contatti dorati
Relè 2961215	2	Phoenix Contact	Relè miniaturizzato, 2 PDT, bobina 24Vdc, contatti dorati
Zoccolo 2833521	3	Phoenix Contact	Zoccolo relè da barra DIN
Relè PT5L8LC4	2	Schrack	Relè con zoccolo per guida DIN serie PT5, 4 PDT, bobina 24Vdc, contatti dorati per correnti fino a 6A
Relè RCM580730	1	Weidmuller	Relè, 4 PDT, bobina 230Vac, contatti dorati per correnti fino a 6A
Zoccolo SCM-I 4CO	1	Weidmuller	Zoccolo per relè serie RCM per montaggio su barra DIN

Interruttore 2CDS252001R0164 - S202C16	4	ABB	Interruttore magnetotermico a due poli, potere d'interruzione 6kA, caratteristica C, corrente nominale 16A
Interruttore 2CDS252001R0104 - S202C10	3	ABB	Interruttore magnetotermico a due poli, potere d'interruzione 6kA, caratteristica C, corrente nominale 10A
Interruttore 2CSS245101R0104 - SN201LC10	1	ABB	Interruttore magnetotermico a due poli, potere d'interruzione 4,5kA, caratteristica C, corrente nominale 10A
Avvisatore ottico VXB-SB-WB/AL	1	Cranford Controls	Avvisatore lampeggiante ambra con emissività di 0,4W o 0,7W (selezionabile)
Sensori posizione MP201901	5	Cherry	Sensori reed di posizione (porte e rotazione BFOSC). Configurazione NO
Magneti per sensori AS201901	5	Cherry	Magneti per sensori reed di posizione
Sensore induttivo XS7D1A1PAL2	1	Telemecanique	Sensore induttivo (pianale mobile)
Cavo 8 conduttori RS_660-4052	q.b.	RS	Cavo a 8 conduttori, tensione nominale 440V, corrente nominale 1A
Cavo 2 conduttori RS_660-4027	q.b.	RS	Cavo a 2 conduttori, tensione nominale 440V, corrente nominale 1A
Cavo 9842	q.b.	Belden	Cavo a bassa capacità per trasmissione dati RS-485, 2 coppie intrecciate con schermo.
Cavo N07VK 1X1	q.b.	Prysmian	Cavo unipolare con conduttore flessibile in rame ricotto non stagnato isolati in PVC, tensione nominale 450/750 V, sezione 1,0mm ² , colore nero e marrone.
Cavo N07VK	q.b.	Baldassari cavi	Cavo unipolare con conduttore flessibile isolato in PVC, tensione nominale 450/750 V, sezione 1,0mm ² , colore rosso
Cavo 717-4228	q.b.	RS	Cavo unipolare H07V2-K con conduttore intrecciato in rame non placcato rivestito con una guaina in PVC, tensione nominale 600/1000 V, sezione 4,0mm ² , colore nero
Cavo AFIAM N07V-K	q.b.	ICEL	Cavo unipolare flessibile isolato in PVC, tensione nominale 450/750V, sezione di 4,0mm ² , colore blu

2.7.2 Azionamenti

Tabella 2.16 Componenti degli azionamenti

COMPONENTE	QNT.	COSTRUTTORE	DESCRIZIONE
Alimentatore DRP-480-48	1	MeanWell	Alimentatore switching per guida DIN 480W, ingresso 180 - 264Vac, uscita 48Vdc 10A
Driver DM870	2	Leadshine	Driver motore a STEP (vedi tabella 2.7)
Alimentatore TSPC 480-124	1	TracoPower	Alimentatore switching per guida DIN 480W, ingresso 187-264Vac, uscita 24Vdc 20A
Driver SMA-10/24-RA	2	ITE	Driver analogico motore DC (vedi tabella 2.6)
Relè C3R20/DC24V	2	Releco	Relè bistabile a 2 scambi per correnti dc fino a 10A
Zoccolo relè S3-B	2	Releco	Zoccolo per uso con Relè a 11 pin serie MRC
Relè PT5L8LC4	2	Schrack	Relè con zoccolo per guida DIN serie PT5, 4 PDT, bobina 24Vdc, contatti dorati per correnti fino a 6A
Alimentatore DRP-240-24	1	MeanWell	Alimentatore switching per guida DIN 240W, ingresso 85 - 264Vac, uscita 24Vdc 10A
Interruttore 2CDS252001R0 164 - S202C16	2	ABB	Interruttore magnetotermico a due poli, potere d'interruzione 6kA, caratteristica C, corrente nominale 16A
Interruttore 2CDS252001R0 165 - S202B16	1	ABB	Interruttore magnetotermico a due poli, potere d'interruzione 6kA, caratteristica B, corrente nominale 16A
Avvisatore ottico VXB-SB- WB/AL	2	Cranford Controls	Avvisatore lampeggiante ambra con emissività di 0,4W o 0,7W (selezionabile)
Avvisatore acustico ASKARI	1	Cooper Fulleon	Avvisatore acustico
Cavo N07VK	q.b.	General cavi	Cavo unipolare con conduttore flessibile isolato in PVC, tensione nominale 450/750 V, sezione 1,5mm ² , colore rosso
Cavo AMBRA 90	q.b.	Fanton	Cavo unipolare N07VK, sezione 1,5mm ² , colore nero
Cavo N07VK 1X1	q.b.	Prysmian	Cavo unipolare con conduttore flessibile in rame ricotto non stagnato isolati in PVC, tensione nominale 450/750V, sezione 1,0mm ² , colore nero e marrone.
Cavo 717-4183	q.b.	RS	Cavo unipolare H07V2-K con conduttore intrecciato in rame non placcato rivestito con una guaina in PVC, tensione nominale 600/1000 V, sezione 2,5mm ² , colore rosso e nero
Cavo 5471C SL005	q.b.	Alpha Wire	Cavo trasmissione dati a due conduttori intrecciati e schermati, guaina in PVC, tensione nominale 300Volt
Cavo SYSE04.0150	q.b.	Belden	Cavo di controllo SY, multipolo, schermato, armato, 4 conduttori, Ø esterno 13.6mm, 2,5mm ² , 300/500V
Cavo	q.b.	Belden	Cavo di controllo SY, multipolo, schermato, armato, 2

SYSF02.0050			conduttori, Ø esterno 12.58mm, 4mm ² , 300/500V
-------------	--	--	--

2.7.3 Varie

Tabella 2.17 Componenti varie

COMPONENTE	QNT	COSTRUTTORE	DESCRIZIONE
Armadio NSYS3D121030P	1	Schneider Electric	Armadio quadro 1 (vedi tabella 2.18)
Armadio GW46036	2	Gewiss	Armadio quadri 2 e 3 (vedi tabella 2.20)
Alimentatore TSPC 120-124	1	TracoPower	Alimentatore switching per guida DIN 120W, ingresso 220- 240Vac, uscita 24Vdc 5A
Caricabatteria BX-2	1	AlcaPower	Caricabatteria switching ingresso 230Vac, per la carica di batteria 12/24Vdc
Riscaldatore 02800.0-01	1	Stego	Riscaldatore inscatolato, 150W, 230Vac
Termostato FLZ510 17103000003	1	Pfannenber	Termostato per montaggio su guida DIN
Interruttore 2CDS252001R010 4 - S202C10	1	ABB	Interruttore magnetotermico a due poli, potere d'interruzione 6kA, caratteristica C, corrente nominale 10A
Modulo GPS GPS-EVAL	1	RF Solutions	Modulo GPS con antenna e interfacce RS232 e USB
Portafusibili 24202	q.b.	FERRAZ SHAWMUT	Portafusibile da guida DIN per fusibili 10x38mm
Portafusibili 24002	q.b.	FERRAZ SHAWMUT	Portafusibile da guida DIN per fusibili 8x31mm
Portafusibili CCR10	q.b.	FERRAZ SHAWMUT	Portafusibile da guida DIN per fusibili 10x38mm
Portafusibili E31N	q.b.	ABB	Portafusibile da guida DIN per fusibili 10x38mm
Morsetto 3044571	q.b.	Phoenix Contact	Connettore per guida DIN con terminale a vite a 4 vie per cavi fino a 4mm ²
Morsetto 3044597	q.b.	Phoenix Contact	Connettore giallo/verde di terra per guida DIN con terminale a vite a 4 vie per cavi fino a 4mm ²
Morsetto 3044131	q.b.	Phoenix Contact	Connettore per guida DIN con terminale a vite per cavi fino a 10mm ²
Morsetto 3044102	q.b.	Phoenix Contact	Connettore per guida DIN con terminale a vite per cavi fino a 6mm ²
Morsetto 3004362	q.b.	Phoenix Contact	Connettore per guida DIN con terminale a vite per cavi fino a 6mm ²
Morsetto ZDU4	q.b.	Weidmuller	Connettore per guida DIN con terminale a molla per cavi fino a 4mm ²
Morsetto ZPE4	q.b.	Weidmuller	Connettore giallo verde di terra per guida DIN con terminale a molla per cavi fino a 4mm ²
Morsetto WDU2.5	q.b.	Weidmuller	Connettore per guida DIN con terminale a vite per cavi fino a 2,5mm ²
Morsetto WDU4	q.b.	Weidmuller	Connettore per guida DIN con terminale a vite per cavi

			fino a 4mm ²
Morsetto WDU6	q.b.	Weidmuller	Connettore per guida DIN con terminale a vite per cavi fino a 6mm ²
Morsetto WPE6	q.b.	Weidmuller	Connettore giallo/verde di terra per guida DIN con terminale a vite per cavi fino a 6mm ²

Nel sistema sono inoltre installate tre componenti elettroniche realizzate in casa per specifici fini di interfacciamento. Questi componenti sono: l'elettronica di interfaccia dei driver analogici dei motori DC (paragrafo 2.2.2 , quadro PLC1), l'elettronica di interfaccia tra l'unità GPS e lo slave EMB-SC4 (quadro PLC3) e l'alimentazione dell'unità GPS (quadro PLC3). In allegato sono disponibili gli schematici e i progetti delle schede stampate.

2.8 Quadri macchina

I componenti del sistema di controllo del telescopio, compresi i componenti di potenza degli azionamenti, sono installati nei quadri PLC1, PLC2 e PLC3 e nel quadro Portellone descritti di seguito. Questi quadri sono collegati, con funzione di supervisione e controllo, anche al quadro degli inverter che controllano i motori di rotazione cupola.

Nell'allegato n.5 del fascicolo tecnico del telescopio sono elencati i componenti dei singoli quadri.

2.8.1 Quadro PLC1

Il quadro PLC1 è collocato nella stanza detta "del fuoco Coudé" assieme al quadro PLC2. Questa collocazione semplifica e minimizza la lunghezza dei cablaggi verso i motori DC, verso gli encoder e verso le contattiere sul pilone sud e all'interno dell'asse polare dove è realizzato gran parte dell'interfacciamento col sistema originale di controllo.

In tabella 2.18 sono riportate le caratteristiche dell'armadio (in allegato sono disponibili il datasheet e il manuale) e in tabella 2.19 sono riassunte le caratteristiche elettriche e le potenze installate.

Tabella 2.18 Caratteristiche dell'armadio del quadro PLC1

Costruttore	Schneider Electric
Modello	NSYS3D121030P (completo di piastra di montaggio interna)
Dimensioni (mm)	1200×1000×300 altezza×larghezza×profondità
Materiale	Acciaio con finitura in polvere di epossipoliestere e lamiera zincata per la piastra di montaggio
Apertura	Ad anta singola in acciaio equipaggiata con serratura a chiave

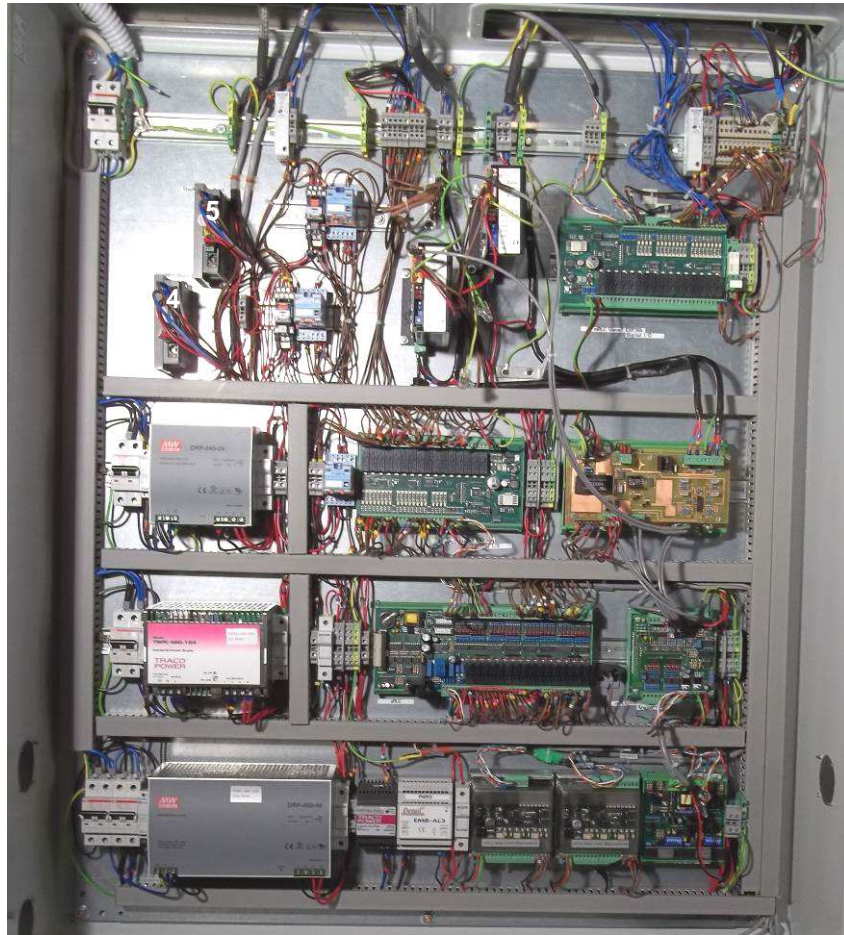
Tabella 2.19 Caratteristiche elettriche e potenza installata nel quadro PLC1

Alimentazione quadro	Alimentazione proveniente dal quadro elettrico di alimentazione del telescopio (quadro comandi) e comandata da chiave in consolle e da fungo di emergenza in consolle e nella stanza di controllo. Un interruttore magnetotermico C16 con potere d'interruzione 6kA svolge la funzione di interruttore generale del quadro.
Tensione d'ingresso	230Vac 50Hz
Uscite di potenza	Azionamenti dei motori DC, dei motori a STEP, dei freni e delle frizioni: – motori DC: n. 2 linee bipolari a 24Vdc 6,8A (rotori) e n. 2 linee bipolari

	a 24Vdc 1,2A (statori); <ul style="list-style-type: none"> – motori a STEP: n. 2 linee quadri polari a 48V 5A (max); – elettrovalvole freni: n. 2 linee bipolari a 24Vdc 0,3A; – frizioni: n. 2 linee bipolari a 24Vdc 1,4A;
Ingressi e uscite di controllo	Gli ingressi e le uscite di controllo, sia analogici che digitali, sono tutti a tensioni pari o inferiori a 24V.
Potenza installata	Tutti i componenti installati nel quadro sono alimentati a 24Vdc ad eccezione dei driver dei motori a STEP alimentati a 48Vdc. Gli alimentatori sono quindi gli unici componenti alimentati a 230Vac. In accordo con la etichettatura degli schemi, questi sono: <ul style="list-style-type: none"> – PWR1 Step Motors: potenza 480W, uscita 48Vdc 10A (MeanWell DRP-480-48, ingresso nominale a 230 Vac 4A) con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C16 e 6kA d'interruzione dedicato; – PWR2 DC Motors: potenza 480W, uscita 24Vdc 20A (TracoPower TSPC480-124, ingresso nominale a 230 Vac 3,6A) con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico B16 e 6kA d'interruzione dedicato; – PWR3 CltBrkStr: potenza 240W, uscita 24Vdc 10A (MeanWell DRP-240-24, ingresso 1,4A) con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C16 e 6kA d'interruzione dedicato; – PWR4 Relé: potenza 30W, uscita 24Vdc 1,25A (TracoPower TBL030-124, ingresso nominale a 230Vac 0,5A) con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione condiviso con PWR5 e PWR6; – PWR5: potenza 70W, uscita 24 Vdc 3A (Procoel EMB-AL3, ingresso nominale a 230Vac 0,8A) con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione condiviso con PWR4e PWR6; – PWR6 Opto: potenza 30W, uscita 24Vdc 1,25A (TracoPower TBL030-124, ingresso nominale a 230Vac 0,5A) con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione condiviso con PWR4 e PWR5;

I sistemi installati in questo quadro sono:

- azionamenti dei motori DC e dei motori a STEP (paragrafi 2.2.2 e 2.2.3);
- sottosistema sPLC: è installato in questo quadro per ragioni di interfacciamento con gli azionamenti dei motori (paragaf 2.3);
- sottosistema mPLC: nel quadro sono installati solo i seguenti slave:
 - slave n. 3 e 4 modello ALS-AX3 per il controllo dei driver STEP;
 - slave n. 5 e 7 modello EXP36 per la gestione degli ingressi/uscite digitali;
 - slave n. 6 modello E552 per l'interfacciamento dei segnali analogici di controllo dei driver motori DC;
 - slave n. 10 modello DPS1 per l'interfacciamento con sPLC.



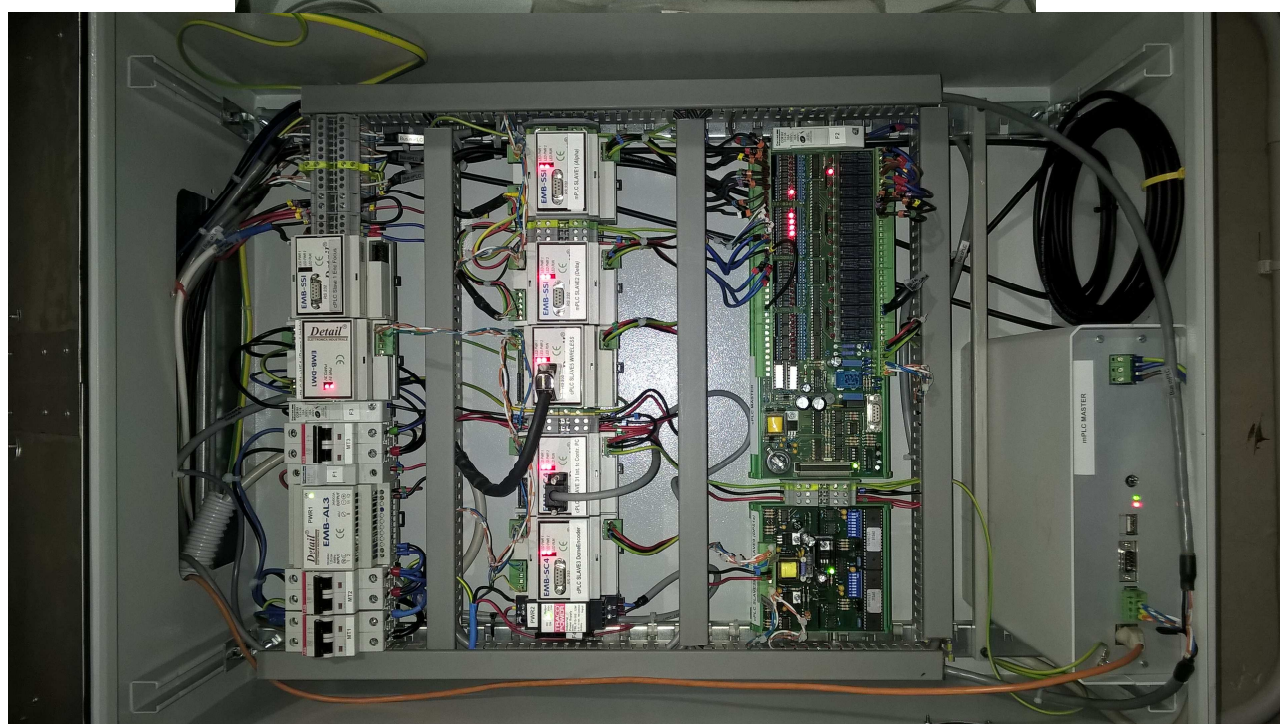
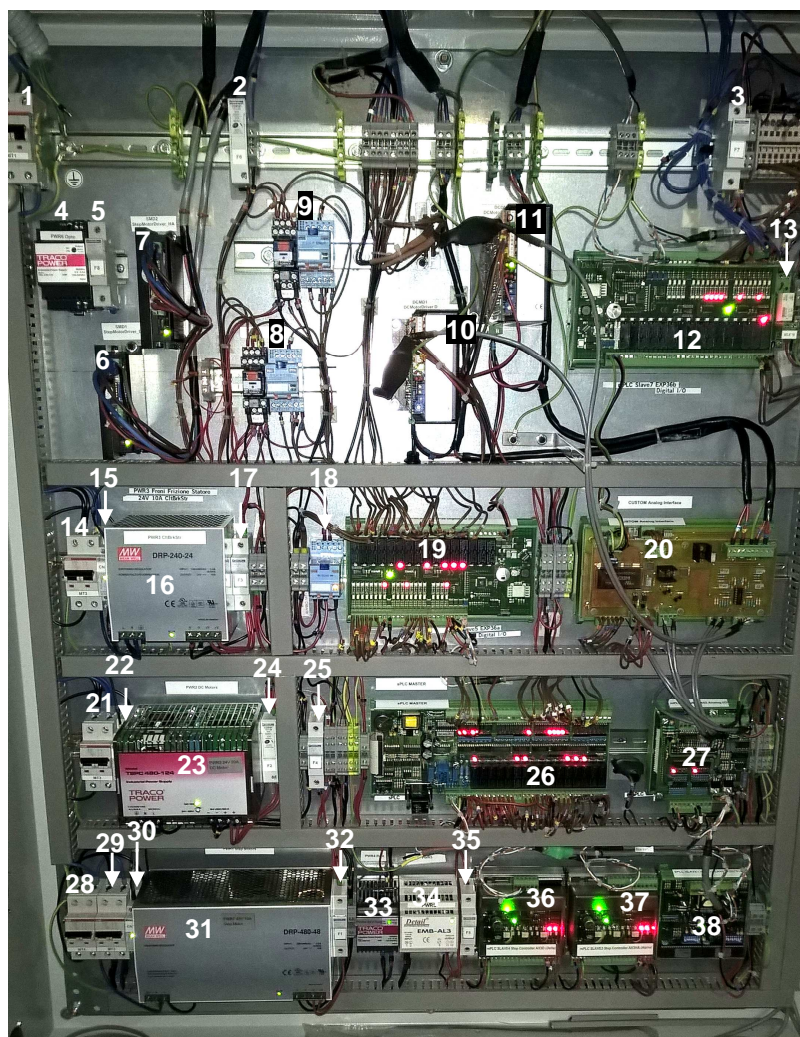


Figura 2.8.1 Quadro PLC 1.

In

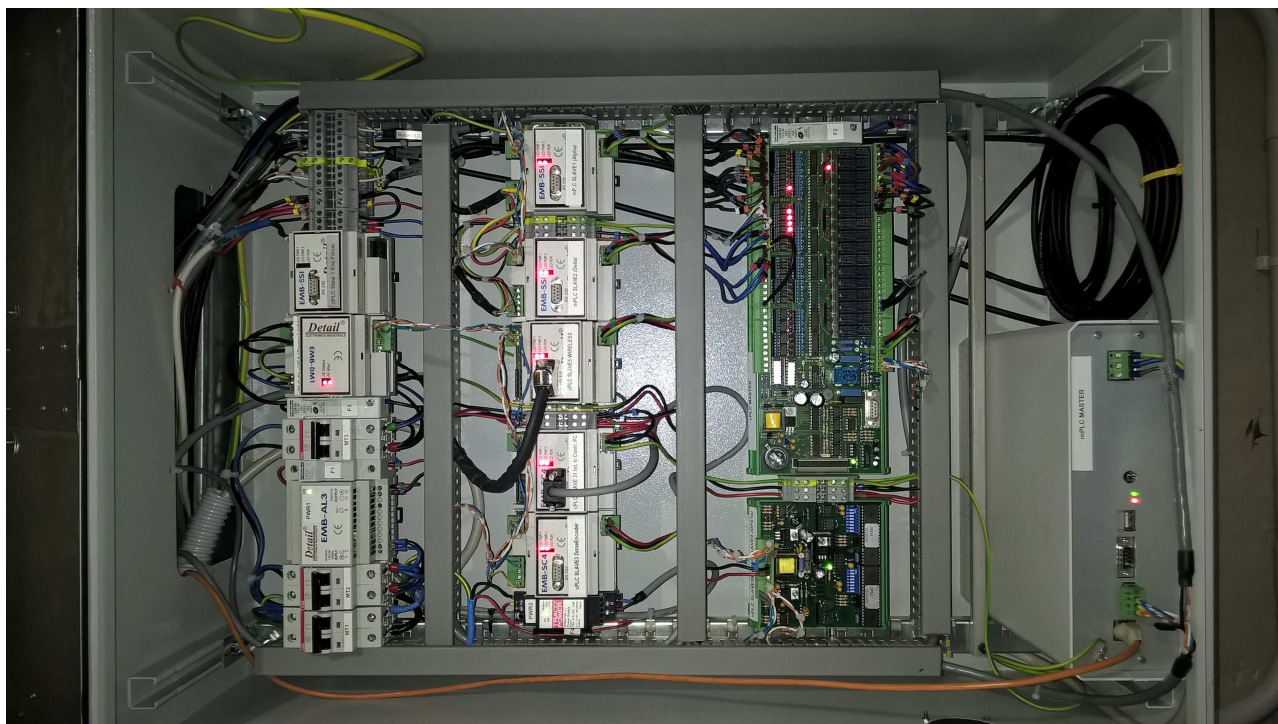


figura 2.8.1 è mostrato l'interno del quadro dove sono visibili e numerati tutti componenti installati:

1. interruttore generale quadro (tabella 2.19);
2. fusibile da 0,5A per la protezione dell'alimentazione dei segnalatori luminosi e acustici dei movimenti veloci del telescopio;
3. fusibile da 0,5A per la protezione dei sensori di rilevamento dello stato del pianale mobile e delle porte di accesso alla cupola;
4. alimentatore PWR6 (tabella 2.19) per l'alimentazione dei circuiti di controllo fotoaccoppiati del quadro;
5. fusibile da 2A per la protezione dell'uscita dell'alimentatore PWR6;
6. driver motore a STEP asse Delta (paragrafo 2.2.3);
7. driver motore a STEP asse Alfa Ha (paragrafo 2.2.3);
8. relè n.5 e n.7 per l'abilitazione e il controllo della direzione del motore DC asse Alfa (Ha) (paragrafo 2.2.2);
9. relè n.6 e n.8 per l'abilitazione e il controllo della direzione del motore DC asse Delta (paragrafo 2.2.2);
10. driver analogico motore DC asse Delta (paragrafo 2.2.2);
11. driver analogico motore DC asse Alfa (Ha) (paragrafo 2.2.2);
12. slave n. 7 di mPLC (EXP36b) modello EXP36 per la gestione degli ingressi/uscite digitali tra cui la paletta dei movimenti fini (motori a STEP) (tabella 2.3);
13. relè n.10 con bobina a 24V dc per il disaccoppiamento del segnale proveniente da cPLC per l'abilitazione del controllo dei driver dei motori DC;
14. interruttore di protezione dell'alimentatore PWR3 (tabella 2.19);
15. contattore n.3 di comando alimentatore PWR3;
16. alimentatore PWR3 (tabella 2.19) per l'alimentazione di frizioni, elettrovalvole freni e statori dei motori DC (paragrafo 2.2.2);
17. fusibile da 16A per la protezione dell'uscita dell'alimentatore PWR3;
18. relè n. 9 controllato da sPLC per abilitare le uscite di mPLC sullo slave EXP36a (slave n.5 di mPLC) per il controllo dei driver, statori, freni, frizioni e alimentatori;

19. slave n. 5 di mPLC (EXP36a) modello EXP36 per la gestione degli ingressi/uscite digitali tra cui il controllo dei driver, statori, freni, frizioni e alimentatori (tabella 2.2);
20. elettronica di interfaccia dei driver analogici dei motori DC (paragrafo 2.2.2);
21. interruttore di protezione dell'alimentatore PWR2 (tabella 2.19);
22. contattore n.2 di comando alimentatore PWR2;
23. alimentatore PWR2 (tabella 2.19) per l'alimentazione dei driver dei motori DC (paragrafo 2.2.2);
24. fusibile da 32A per la protezione dell'uscita dell'alimentatore PWR2;
25. fusibile da 2A per la protezione dell'uscita dell'alimentatore PWR4;
26. master sPLC modello HL48 (paragrafo 2.3 e tabella 2.8);
27. slave n. 6 di mPLC modello E552 per la gestione degli ingressi/uscite analogiche per il controllo dei driver dei motori DC (tabella 2.1);
28. interruttore di protezione dell'alimentatore PWR1 (tabella 2.19);
29. interruttore di protezione degli alimentatori PWR4 e PWR5 (tabella 2.19);
30. contattore n.1 di comando dell'alimentatore PWR1;
31. alimentatore PWR1 (tabella 2.19) per l'alimentazione dei driver dei motori STEP (paragrafo 2.2.3);
32. fusibile da 16A per la protezione dell'uscita dell'alimentatore PWR1;
33. alimentatore PWR4 (tabella 2.19) per l'alimentazione circuiti di controllo dei relè e dei contattori del quadro;
34. alimentatore PWR5 (tabella 2.19) per l'alimentazione delle unità master e slave dei PLC, della scheda analogica e degli encoder incrementali AB collegati a sPLC;
35. fusibile da 4A per la protezione dell'uscita dell'alimentatore PWR5;
36. slave n. 4 di mPLC modello AL-AX3 per il controllo del driver del motore a STEP dell'asse Delta;
37. slave n. 3 di mPLC modello AL-AX3 per il controllo del driver del motore a STEP dell'asse Alfa (HA);
38. slave n. 10 di mPLC e n. 1 di sPLC modello DPS1 per lo scambio dati tra mPLC e sPLC.

2.8.2 Quadro PLC2

Come il quadro PLC1, questo quadro è collocato nella stanza detta “del fuoco Coudè” in quanto questa collocazione semplifica e minimizza i cablaggi verso il telescopio.

In tabella 2.20 sono riportate le caratteristiche dell'armadio (in allegato sono disponibili il datasheet e il manuale) e in tabella 2.21 sono riassunte le caratteristiche elettriche e le potenze installate.

Tabella 2.20 Caratteristiche dell'armadio dei quadri PLC2 e PLC3

Costruttore e distributore	Gewiss
Modello	GW46036
Dimensioni (mm)	800×585×300 mm altezza×larghezza×profondità
Materiale	Lamiera con verniciatura a polvere epossi-poliester
Apertura	Ad anta singola in acciaio equipaggiata con n.2 serrature a chiave

Tabella 2.21 Caratteristiche elettriche e potenza installata nel quadro PLC2

Alimentazione quadro	Alimentazione proveniente dal quadro elettrico di alimentazione del telescopio (quadro comandi) e comandata da chiave in consolle e da fungo di emergenza in
----------------------	--

	consolle e nella stanza di controllo. Un interruttore magnetotermico C16 con potere d'interruzione 6kA svolge la funzione di interruttore generale del quadro.
Tensione d'ingresso	230Vac 50Hz
Uscite di potenza	Alimentazione n.2 faretti da 150W (ciascuno) tramite una uscita bipolare a 230Vac controllata dalla uscita a dimmer dello slave DM1 (potenza massima dell'uscita 1kW)
Ingressi e uscite di controllo	Gli ingressi e le uscite di controllo digitali operano tutti a 24V.
Potenza installata	<p>I componenti installati ed alimentati a 230Vac, in accordo con la etichettatura negli schemi, sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> – PWR1: alimentatore con potenza 70W, uscita 24 Vdc 3A (Procoel EMB-AL3, ingresso nominale 230Vac 0,8A), ingresso protetto da interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione condiviso con master mPLC e PWR2; – PWR2: alimentatore con potenza 12W, uscita 5Vdc 2,4A (TracoPower TBL015-105, ingresso nominale a 230Vac 0,17A), ingresso protetto da interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione condiviso con master mPLC e PWR1; – EMB-DM1 slave n. 4 di cPLC: ingresso protetto da interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione e uscita a 230V ac controllata da dimmer con potenza massima di 1kW; – Master mPLC modello MLW-CPU2: potenza assorbita di qualche Watt per alimentare la CPU e la logica digitale interna con ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione condiviso PWR1 e PWR2. <p>Tutti gli altri componenti installati sono alimentati a 24Vdc.</p>

I sistemi installati in questo quadro sono:

- sottosistema mPLC limitatamente a:
 - master modello MLW-CPU2;
 - slave n. 1 e 2 modello EMB-SSI per l'interfacciamento con gli encoder assoluti SSI sugli assi Alfa (Ha) e Delta del telescopio;
 - slave n. 9 modello DPS1 per l'interfacciamento con cPLC.
- sottosistema cPLC limitatamente a:
 - slave n. 1 modello EMB-SSI per l'interfacciamento con un eventuale encoder assoluto SSI per il controllo del fuoco del telescopio;
 - slave n. 2 e 3 modello EMB-SC4 per l'interfacciamento con il PC di supervisione con il dispositivo wireless per il controllo del portellone della cupola, e co il lettore di codici a barre per la lettura della posizione della cupola;
 - slave n. 4 modello EMB-DM1 per il controllo di 2 faretti alogeni da 150W (ciascuno) posizionati in cupola ed utilizzati per scopi tecnici (calibrazioni strumenti);
 - slave n. 8 modello DPS1 per l'interfacciamento con mPLC.

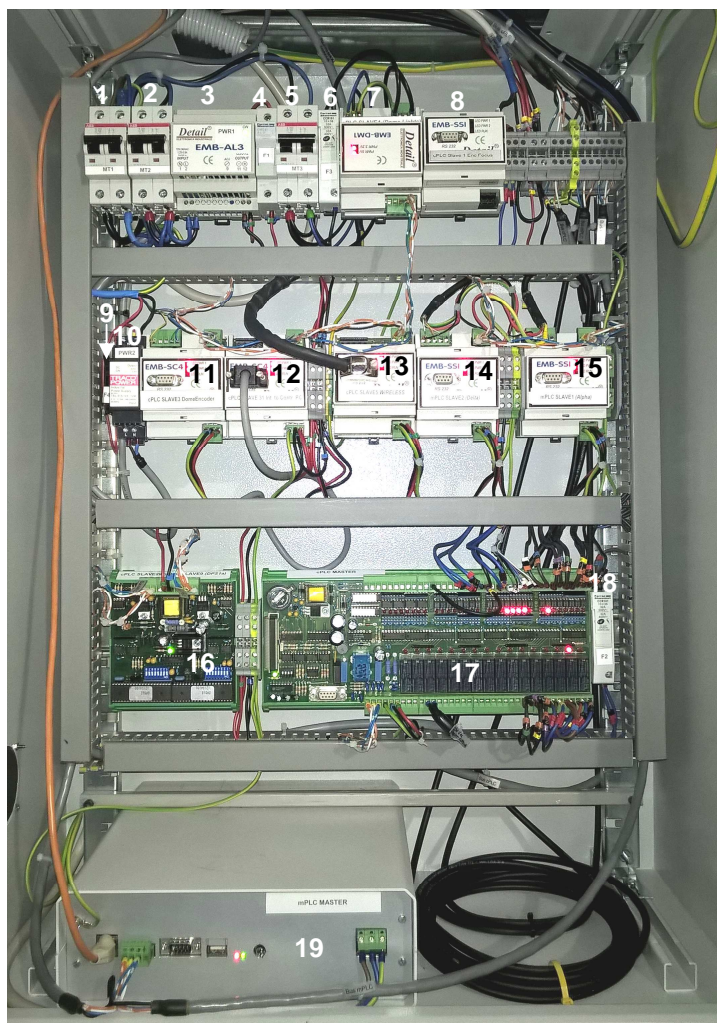


Figura 2.8.2 Quadro PLC 2.

In figura 2.8.2 è mostrato l'interno del quadro dove sono visibili e numerati tutti componenti installati:

1. interruttore generale quadro (tabella 2.21);
2. interruttore di protezione dell'alimentatore PWR1 e del master mPLC (tabella 2.21);
3. alimentatore PWR1 (tabella 2.21) per l'alimentazione delle unità master e slave dei PLC e degli encoder assoluti SSI;
4. fusibile da 4A di protezione sull'uscita dell'alimentatore PWR1;
5. interruttore di protezione dello slave EMB-DM1 e del carico sulla sua uscita (tabella 2.21);
6. fusibile aggiuntivo faretti cupola
7. slave n. 4 di cPLC modello EMB-DM1 per il controllo dei due faretti alogeni da 150W in cupola per illuminazione e calibrazioni strumenti;
8. NON PRESENTE: eventuale slave n. 1 di cPLC modello EMB-SSI per l'interfacciamento con encoder SSI per il controllo del fuoco del telescopio;
9. fusibile da 1A sull'uscita dell'alimentatore PWR2;
10. alimentatore PWR2 (tabella 2.21) per l'alimentazione del lettore di codici a barre in cupola;
11. slave n. 3 di cPLC modello EMB-SC4 per l'interfacciamento col lettore di codici a barre per la lettura della posizione della cupola;

12. slave n. 31 di cPLC modello EMB-SC4 per l'interfacciamento col PC di supervisione e controllo;
13. slave n. 5 di cPLC modello EMB-SC4 per l'interfacciamento col ricetrasmittitore wireless per il collegamento con hPLC;
14. slave n. 1 di mPLC modello EMB-SSI per l'interfacciamento con l'encoder assoluto SSI sull'asse Delta;
15. slave n. 2 di mPLC modello EMB-SSI per l'interfacciamento con l'encoder assoluto SSI sull'asse Alfa (Ha);
16. slave n. 9 di mPLC e n. 29 di cPLC modello DPS1 per lo scambio dati tra mPLC e cPLC;
17. master cPLC modello HL48 (paragrafo 2.4 e tabella 2.10);
18. fusibile da 0,1A a protezione dell'avvisatore luminoso lampeggiante posto al di sopra della porta di accesso alla cupola e che segnala il controllo automatico dei movimenti veloci;
19. master mPLC modello MLW-CPU2 (paragrafo 2.2);

2.8.3 Quadro PLC3

Il quadro PLC3 è collocato sul pianale mobile in cupola a fianco della consolle originale del telescopio ed è dedicato alle interfacce manuali di controllo, all'interfaccia utente secondaria (dPLC) e al sistema GPS di acquisizione dell'ora.

In tabella 2.20 sono riportate le caratteristiche dell'armadio (in allegato sono disponibili il datasheet e il manuale) e in tabella 2.22 sono riassunte le caratteristiche elettriche e le potenze installate.

Tabella 2.22 Caratteristiche elettriche e potenza installata nel quadro PLC3

Alimentazione quadro	Il quadro è dotato di doppia alimentazione: <ol style="list-style-type: none"> 1. alimentazione proveniente dal quadro elettrico di alimentazione del telescopio (quadro comandi) e comandata da chiave in consolle e da fungo di emergenza in consolle e nella stanza di controllo; un interruttore magnetotermico C16 con potere d'interruzione 6kA svolge la funzione di interruttore generale per questa sezione del quadro; 2. alimentazione proveniente dal quadro elettrico di alimentazione generale del piano cupola; questa alimentazione è utilizzata unicamente per il riscaldatore presente all'interno del quadro; un interruttore magnetotermico C10 con potere d'interruzione 6kA protegge questa sezione del quadro assieme ad un fusibile ritardato (aM) da 6A;
Tensione d'ingresso	230Vac 50Hz
Uscite di potenza	<ul style="list-style-type: none"> – Alimentazione del motore asincrono monofase della messa a fuoco del telescopio tramite linea a 5 conduttori (4 conduttori per la selezione della direzione e della velocità, più il ritorno) protetta da fusibile ritardato (aM) da 1A. – Alimentazione del motore asincrono monofase per l'apertura e chiusura dei petali di protezione dello specchio primario tramite linea a 2 conduttori protetta da fusibile ritardato (aM) da 2A. – Alimentazione del pressostato collegato al sistema pneumatico; la linea a 2 conduttori è protetta da fusibile gG da 1A e comanda la bobina a 230 Vac del relè di disaccoppiamento del segnale del pressostato.
Ingressi e uscite di	Gli ingressi e le uscite di controllo, sia analogici che digitali, sono a tensioni pari o inferiori a 24V ad eccezione del segnale a 230Vac proveniente dal pressostato.

controllo	
Potenza installata	<p>I componenti installati ed alimentati a 230Vac, in accordo con la etichettatura negli schemi elettrici, sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Alimentatore PWR1: potenza 70W, uscita 24 Vdc 3A (Procoel EMB-AL3, ingresso nominale 230Vac 0,8A), ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C16 e 6kA d'interruzione condiviso con PWR2 e con le uscite di potenza; – alimentatore PWR2: potenza 120W, uscita 24 Vdc 5A (TracoPower TSPC 120-124, ingresso nominale 230Vac 1,4A), ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C16 e 6kA d'interruzione condiviso con PWR1 e con le uscite di potenza; – Riscaldatore: potenza 150W (Stego 02800.0-01), ingresso protetto da un interruttore magnetotermico C10 e 6kA d'interruzione e da un fusibile ritardato (aM) da 6A. <p>Tutti gli altri componenti installati sono alimentati a 24Vdc.</p>

I sistemi installati in questo quadro sono:

- sottosistema mPLC limitatamente a:
 - slave n. 11 modello EMB-SC4 per l'interfacciamento con il GPS;
 - slave n. 8 modello EXP36 per la gestione degli ingressi/uscite digitali tra cui i comandi manuali in consolle e la racchetta dei movimenti veloci;
- sottosistema cPLC limitatamente a:
 - slave n. 6 modello DPS1 per l'interfacciamento con dPLC;
 - slave n. 7 modello EXP16 per la gestione degli ingressi/uscite digitali tra cui i comandi del fuoco e il controllo dei petali;
- controllo di temperatura: in particolare durante le notti invernali, il quadro può essere esposto a temperature al di sotto di 0 °C per le quali non sarebbe garantito il funzionamento di tutti i componenti installati; un riscaldatore della potenza di 150W, pilotato da un termostato, garantisce il mantenimento della temperatura interna del quadro al di sopra di 0 °C per temperature esterne fino a -10 °C al di sotto dei quali non è garantita l'operatività della gran parte dei componenti elettronici del telescopio e dei suoi strumenti;
- alimentatore servizi telescopio: l'alimentatore PWR2 in grado di fornire 5A di corrente a 24Vdc è dedicato all'alimentazione dei circuiti di controllo a bordo del telescopio e dei i circuiti in uscita dei quadri come quello di abilitazione e segnalazione dei movimenti veloci automatici;
- controllo del fuoco del telescopio: il sottosistema cPLC controlla tramite 4 contattori la velocità e il verso di rotazione del motore a 230Vac monofase che aziona il meccanismo di traslazione dello specchio secondario; contemporaneamente cPLC conteggia gli impulsi dell'emettitore azionato dallo stesso meccanismo di traslazione in modo da rivelare la posizione dello specchio;
- controllo del sistema di protezione a petali dello specchio primario (shutter specchio primario): il sottosistema cPLC controlla tramite le uscite digitali la logica elettromeccanica a bordo del telescopio che gestisce i petali di protezione del primario; tale sistema è azionato da un motore a 230Vac monofase alimentato a partire dal quadro;
- controllo della pressione del sistema pneumatico: il pressostato installato sul telescopio rivela, chiudendo un contatto, se la pressione è al di sopra della soglia minima necessaria per il corretto funzionamento dell'impianto pneumatico; questo contatto, alimentato a 230Vac, controlla la bobina del un relè di disaccoppiamento posto nel quadro.

Al di sopra dell'armadio è collocato l'alloggiamento del sottosistema dPLC dedicato all'interfaccia utente in modo che il pannello dell'unità master TL40A sia sempre visibile e accessibile all'operatore. Lo slave modello DPS1, dedicato alla comunicazione tra dPLC e cPLC, è collocato all'interno dell'alloggiamento stesso. Questo slave è indirizzato col numero 1 sul bus di dPLC e col numero 7 sul bus di cPLC. Sia l'unità master TL40A che lo slave DPS1 sono alimentati dal PWR1 all'interno del quadro. Infine lo slave n. 2 di dPLC, modello EMB-PROGUSB, è installato all'interno del quadro per un facile accesso alla sua porta USB attraverso la quale il master TL40A viene programmato.

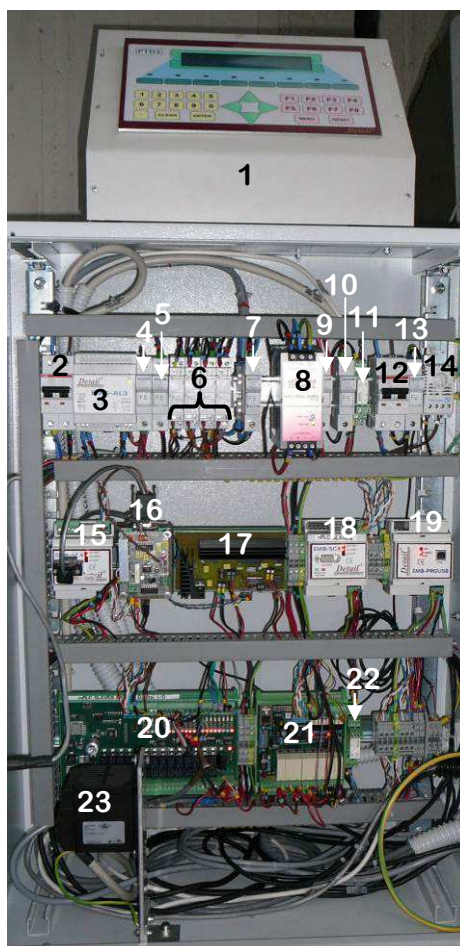


Figura 2.8.3 Quadro PLC3

In Figura 2.8.3 è mostrato l'interno del quadro PLC3 e l'alloggiamento del sottosistema dPLC posto sopra il quadro stesso. I diversi componenti sono:

1. pannello unità master dPLC; all'interno dello stesso alloggiamento è installato il modulo DPS1 di comunicazione tra dPLC e cPLC;
2. interruttore di protezione di PWR1, PWR2 e uscite di potenza (tabella 2.22);
3. alimentatore PWR1 (tabella 2.22) per l'alimentazione delle unità PLC master e slave;
4. fusibile da 4A sull'uscita dell'alimentatore PWR1;
5. fusibile da 1A ritardato (aM) sull'uscita del quadro per l'alimentazione del motore della messa a fuoco del telescopio;
6. n. 4 contattori per il controllo dell'alimentazione del motore della messa a fuoco;
7. fusibile da 2A ritardato (aM) sull'uscita del quadro per l'alimentazione del motore di azionamento dei petali di protezione dello specchio primario (shutter primario);
8. alimentatore PWR2 (tabella 2.22) per l'alimentazione dei servizi a 24Vdc del telescopio;

9. fusibile da 4A sull'uscita dell'alimentatore PWR2;
10. fusibile da 1A sull'uscita di alimentazione del contatto del pressostato;
11. relè con bobina a 230Vac per il disaccoppiamento del segnale del pressostato;
12. interruttore di protezione del circuito di riscaldamento del quadro;
13. fusibile da 6A ritardato (aM) di protezione del circuito di riscaldamento del quadro;
14. termostato del circuito di riscaldamento del quadro;
15. slave n. 11 di mPLC modello EMB-SC4 per l'interfacciamento col GPS;
16. modulo GPS e scheda elettronica di disaccoppiamento ottico porta seriale verso lo slave n. 11 di mPLC;
17. scheda di alimentazione del modulo GPS e di interfaccia del segnale PPS dal GPS verso lo slave n. 8 di mPLC
18. slave n. 5 di cPLC modello EMB-SC4 per l'interfacciamento di un dispositivo seriale (lettore di codici a barre per lettura posizione cupola oppure collegamento wireless per il controllo del portellone della cupola);
19. slave n. 2 di dPLC modello EMB-PRGUSB per la programmazione del master dPLC;
20. slave n. 8 di mPLC (EXP36c) modello EXP36 per la gestione degli ingressi/uscite digitali tra cui i comandi manuali in consolle e la paletta dei movimenti veloci (tabella 2.4);
21. slave n. 7 di cPLC modello EXP16 per la gestione degli ingressi/uscite digitali tra cui i controlli del fuoco e dei petali (tabella 2.4);
22. relè con bobina a 24Vdc per il disaccoppiamento del segnale dell'allineamento Nord-Sud dello strumento BFOSC ;
23. riscaldatore del sistema di riscaldamento del quadro.

2.8.4 Quadro Portellone

Il quadro Portellone, che alloggia il sottosistema hPLC, è collocato nel vano impianti nell'intercapedine della cupola sopra la centralina del sistema idraulico di apertura e chiusura del portellone. Il collegamento verso cPLC è garantito da un ricetrasmittitore wireless.

In tabella 2.23 sono riportate le caratteristiche dell'armadio (in allegato sono disponibili il datasheet e il manuale) e in tabella 2.24 sono riassunte le caratteristiche elettriche e le potenze installate.

Tabella 2.23 Caratteristiche dell'armadio del quadro Portellone

Costruttore e distributore	Gewiss
Modello	GW46202
Dimensioni (mm)	425x310x160 mm altezza×larghezza×profondità
Materiale	Poliestere (PET)
Apertura	Ad anta singola con oblò e due serrature

Tabella 2.24 Caratteristiche elettriche e potenza installata nel quadro Portellone

Alimentazione quadro	L'alimentazione a 230Vac del quadro interessa solo il caricabatteria mentre tutti gli altri dispositivi installati sono alimentati a 24Vdc dalle batterie stesse. L'alimentazione a 230Vac non è permanente ma viene allacciata tramite le prese rosse e blue a 5 poli disposte lungo tutta la circonferenza del ballatoio interno della cupola che vengono disinserite per permettere la rotazione della cupola stessa. L'alimentazione delle prese è controllata dal quadro elettrico di alimentazione del telescopio (quadro comandi) e dal quadro consenso rotazione cupola e apertura portellone. Il quadro comandi è controllato dalla chiave in consolle e dai funghi di emergenza in consolle e nella stanza di controllo, mentre il quadro consenso rotazione cupola è controllato dalla fotocellula che sorveglia
----------------------	---

	<p>gli accessi al ballatoio esterno della cupola. Un interruttore magnetotermico C16 con potere d'interruzione 6kA svolge la funzione di interruttore generale del quadro.</p> <p>Due batterie sigillate al piombo-gel collegate in serie forniscono l'alimentazione a 24Vdc del quadro. Un fusibile da 4A (gG) protegge il circuito di alimentazione delle elettrovalvole del sistema idraulico mentre un fusibile a 1A (gG) protegge tutti i gli altri componenti del quadro.</p>
Tensione d'ingresso	230Vac 50Hz e 24V Vdc
Uscite di potenza	<p>Controllo delle due elettrovalvole di comando del sistema idraulico di apertura e chiusura del portellone (assorbimento 1,6A a 24V dc).</p> <p>Alimentazione a 5Vdc del ricetrasmittitore wireless con fusibile di protezione da 1,2A installato nel morsetto di uscita del quadro.</p>
Ingressi e uscite di controllo	Gli ingressi e le uscite di controllo digitali operano tutti a 24V.
Potenza installata	<p>L'unico componente del quadro alimentato a 230Vac è il caricabatteria (CB nello schema) con le seguenti caratteristiche: tensione d'ingresso 220-240Vac con assorbimento 1,5A RMS massimo, tensione massima d'uscita 29,4Vdc con corrente 3,5A e tensione minima d'uscita 14,4Vdc con corrente 7A. L'ingresso del caricabatteria è protetto da un interruttore magnetotermico C10 e 4500A d'interruzione.</p> <p>Tutti gli altri componenti installati sono alimentati a 24Vdc.</p>

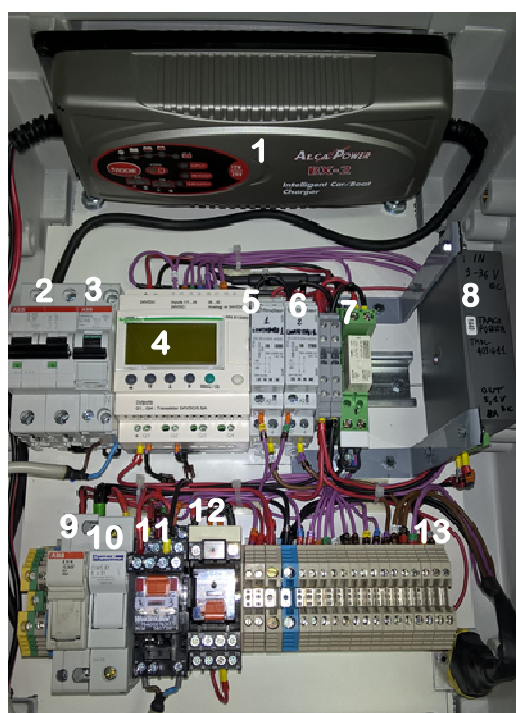


Figura 2.8.4 Quadro Portellone

All'interno del quadro Portellone (figura 2.8.4) sono installati tutti e soli i componenti del sottosistema di controllo del portellone ad eccezione del ricetrasmittitore wireless (XBee Digila I/O), del voltmetro analogico e dell'avvisatore acustico-ottico alloggiati in un contenitore

plastico con coperchio trasparente posizionato al di fuori dell'intercapedine sulla superficie interna della cupola (sotto l'accesso all'intercapedine) per permettere la connessione radio (figura 2.8.5). Il voltmetro analogico consente di controllare agevolmente lo stato di carica delle batterie mentre l'avvisatore acustico-ottico viene attivato quando il portellone è in movimento.

In figura 2.8.4 sono mostrati i componenti installati all'interno del quadro Portellone che sono:

1. caricabatteria switching BX-2: ingresso a 230Vac, uscita 24Vdc per la ricarica degli accumulatori al piombo-gel;
2. interruttore generale del quadro (tabella 2.24);
3. interruttore di protezione del caricabatteria BX-2 (tabella 2.24);
4. relè programmabile della faglia Zelio modello R2B122BD che svolge la funzione di master del sottosistema hPLC ;
5. contattore per il controllo della elettrovalvola di chiusura del portellone cupola;
6. contattore per il controllo della elettrovalvola di apertura del portellone cupola;
7. relè con bobina a 24Vcd per il disaccoppiamento del segnale di ingresso della pompa idraulica in funzione/arresto;
8. alimentatore DC-DC: ingresso a 24Vdc, uscita a 5Vdc per l'alimentazione del ricetrasmittitore wireless;
9. fusibile da 4A gG a protezione del circuito a 24Vcd per il comando delle elettrovalvole;
10. fusibile da 1gG A a protezione dell'alimentazione a 24Vcd del quadro;
11. relè con bobina a 230Vac per il rivelamento della presenza della alimentazione 230Vac;
12. relè con bobina a 24Vdc per il disaccoppiamento del segnale del pressostato di minima pressione;
13. fusibile da 1,2A installato nel morsetto di uscita della alimentazione a 5Vdc per il ricetrasmittitore wireless (filo n. 18)



Figura 2.8.5 Alloggiamento del ricetrasmittitore wireless (3), del voltmetro analogico (2) e dell'avvisatore acustico-ottico(1.)

2.9 Alimentazione quadri

L'alimentazione dei quadri PLC 1, 2 e 3 e del quadro del portellone è controllata dal quadro comandi da cui sono derivate anche l'alimentazione degli inverter per il controllo dei motori di rotazione della cupola, l'alimentazione del sistema idraulico del portellone e l'alimentazione "sotto chiave" della consolle (figura 2.9.1). Il quadro è siglato "quadro comandi" mentre nella relativa documentazione di legge è indicato come "quadro cupola". L'interruttore generale del quadro è un interruttore magnetotermico equipaggiato con motorizzazione di riarmo a distanza e accoppiato tramite una bobina di sgancio a lancio di corrente ad un relè differenziale regolabile (figura 2.9.2). Il quadro comandi è alimentato dal quadro generale del piano cupola tramite l'interruttore siglato

“generale quadro comandi” (figura 2.9.2). Si faccia riferimento alla documentazione di legge allegata per i dettagli.



Figura 2.9.1 Sinistra: quadro comandi; centro sopra: alimentazione portellone (sistema idraulico e quadro di controllo); centro sotto: inverter rotazione cupola; destra: quadro generale alimentazione piano cupola.



Figura 2.9.2 Sinistra: quadro comandi; destra: quadro generale di alimentazione piano cupola

Nel caso sia necessario intervenire sul quadro comandi o su uno qualsiasi dei quadri da esso alimentati e fosse necessario togliere l'alimentazione di rete si raccomanda di staccare l'interruttore siglato “generale quadro comandi” all'interno del quadro di alimentazione del piano cupola e bloccarlo con il lucchetto di sicurezza fornito. Se necessario sganciare anche l'interruttore siglato “Consolle telescopio” nello stesso quadro in quanto sia **la consolle che il quadro PLC3 sono dotati di doppia alimentazione**: una derivata dal quadro comandi (e quindi controllata dalla chiave presente in consolle) ed una (sempre presente) derivata direttamente dal quadro di alimentazione del piano cupola.

La chiave di accensione presente in console (figura 2.9.3) comanda il riarmo dell'interruttore generale e quindi comanda l'accensione di:

- il sistema di controllo del telescopio, ad eccezione del PC di supervisione, cioè i quadri PLC 1, 2 e 3 e la console;
- i due inverter che azionano i motori per la rotazione della cupola;
- l'alimentazione delle prese sul ballatoio interno del locale cupola e adibite all'alimentazione del sistema idraulico del portellone e del quadro Portellone.

Il quadro Portellone è fornito di alimentazione a batteria per poter operare anche quando le spine di alimentazione sono scollegate dalle prese sul ballatoio per consentire la rotazione della cupola.

Il distacco di emergenza dell'alimentazione di rete di tutti i sistemi è controllata dagli interruttori a fungo collocati in console e nella stanza di controllo (figura 2.9.3) che comandano lo sgancio del generale del quadro comandi. Va notato, però, che grazie all'alimentazione a batterie, il quadro di controllo del portellone può azionare la chiusura del portellone della cupola anche in assenza dell'alimentazione di rete e che l'unico modo per inibire questo movimento è mettere in modalità manuale il controllo del portellone grazie alla apposita chiave sulla pulsantiera del portellone (si veda il manuale d'uso). Gli interruttori a fungo sono collegati in serie e agiscono sulla bobina a lancio di corrente in logica di sicurezza tramite un relè interno al quadro comandi. Entrambi gli interruttori di emergenza a fungo devono essere armati per consentire alla chiave di riarmare il generale del quadro. La normale procedura di spegnimento dei sistemi di controllo del telescopio e della cupola prevede l'azionamento dell'interruttore a fungo in console che ovviamente può essere utilizzato anche in caso di emergenza. **L'interruttore a fungo nella sala di controllo è invece riservato ad un uso di emergenza.**

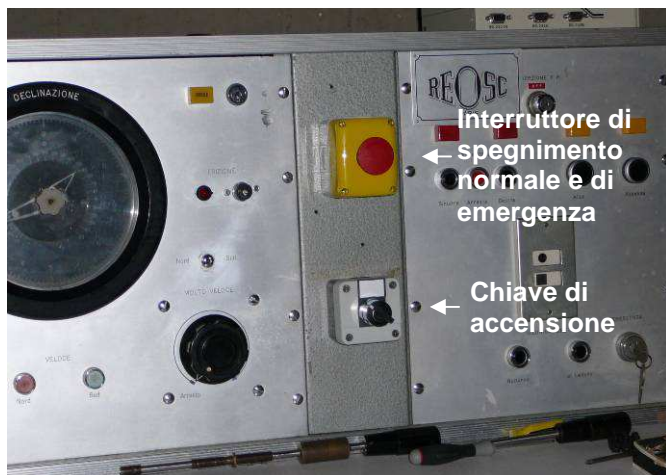


Figura 2.9.3 Sinistra: chiave di accensione e interruttore a fungo utilizzato per lo spegnimento sia di emergenza che normale; destra: interruttore a fungo utilizzato per lo spegnimento di emergenza

Il quadro comandi è configurato in modo tale che il suo interruttore generale venga sganciato a seguito di un'interruzione dell'alimentazione del quadro: al ripristinarsi dell'alimentazione il differenziale provoca l'apertura dell'interruttore generale. Questa configurazione garantisce che, in caso di black-out, al ritorno della alimentazione di rete né il sistema di controllo del telescopio né quello della cupola possano rimanere erroneamente accesi.

Nel caso l'alimentazione del quadro comandi venga tolta manualmente a monte dello stesso (per esempio dall'interruttore generale dell'edificio o dall'interruttore di alimentazione del quadro

comandi all'interno del quadro generale del piano cupola), si raccomanda di controllare che il generale del quadro comandi sia sganciato ed eventualmente sganciarlo manualmente onde evitare che al riallaccio dell'alimentazione intervenga lo sgancio automatico. In tal caso, infatti, avverrebbe una momentanea alimentazione dei sistemi prima dello sgancio automatico. Specialmente se ripetuta molteplici volte a distanza di poco tempo, **questa momentanea alimentazione potrebbe portare conseguenze negative sui sistemi stessi** (specialmente sugli inverter di alimentazione dei motori rotazione cupola).

2.10 Interconnessioni col sistema originale di controllo

Il nuovo sistema di controllo è interconnesso col il sistema originale a livello di:

- contattiera sul pilone sud (collocata in cupola sul lato est del “piede” dell’asse polare);
- contattiera all’interno dell’asse polare;
- contattiera nel retro della consolle.

I collegamenti tra i driver e i rotori dei motori DC sono stati realizzati stendendo due cavi blindati bipolari direttamente tra driver e motori senza interconnessioni coi cablaggi originali.

Un cavo blindato quadripolare collega le uscite di controllo di freno, frizione e statore del motore DC Delta (quadro PLC1) col motore DC e la contattiera all’interno dell’asse polare. In particolare:

- n.2 fili collegano direttamente il quadro allo statore del motore DC Delta,
- n.2 fili collegano il comune dell’alimentazione di freno e frizione Delta dal quadro alla contattiera.

Due cavi blindati quadripolari collegano i driver dei motori STEP alle contattiere sul pilone sud (motore STEP Alfa) e all’interno dell’asse polare (motore STEP Delta).

Altri cavi e fili interconnettono i quadri PLC1 e 2 alla contattiera sul pilone sud e il quadro PLC3 alla contattiera dietro la consolle. In tabella 2.25, in tabella 2.26 e in tabella 2.27 sono riportate le interconnessioni specificando la numerazione dei cavi originali e di quelli del nuovo sistema.

Nella contattiera nel retro della consolle sono stati eseguiti alcuni collegamenti supplementari riportati in tabella 2.28 seguendo la numerazione originale della contattiera.

Le funzioni originali della consolle sono state in gran parte dismesse e i circuiti sono stati in gran parte isolati rimuovendo alcuni componenti e/o i fusibili di protezione delle alimentazioni. Le funzioni residue si limitano alla alimentazione dei sensori originali per la lettura della posizione del telescopio e alla illuminazione dei quadranti degli stessi. Gli interruttori, le manopole e le chiavi in consolle sono stati riutilizzati o sostituiti con componenti nuovi e sono stati integrati nei circuiti di controllo a bassissima tensione (24Vdc) del quadro PLC3.

Tabella 2.25 Fili interconnessi nella contattiera sul pilone Sud

FILO DEL SISTEMA ORIGINALE (numerazione originale)	FILO DEL NUOVO SISTEMA (nuova numerazione)	COMMENTO
20 lato consolle	24	Frizione Delta
20 lato frizione Alfa (Ha)	22	Frizione Alfa (Ha)
21 lato consolle	25	Elettrovalvola freno Delta
21 lato freno Alfa (Ha)	23	Freno Alfa (Ha) (elettrovalvola equipaggio mobile)
0 lato freno e frizione Alfa (Ha)	19	Negativo alimentazione freno e frizione Alfa (Ha)
23 lato motore DC Alfa (Ha)	19	Negativo alimentazione statore motore DC Alfa (Ha)
22 lato motore DC Alfa (Ha)	35	Statore motore DC Alfa (Ha)
121 lato motore STEP Alfa (Ha)	Filo Grigio del cavo multipolare blindato da Driver STEP Alfa (Ha)	Fase A+ motore STEP
122 lato motore STEP Alfa (Ha)	Filo Blu del cavo multipolare blindato da Driver STEP Alfa (Ha)	Fase A- motore STEP
125 lato motore STEP Alfa (Ha)	Filo Marrone del cavo multipolare blindato da Driver STEP Alfa (Ha)	Fase B- motore STEP
126 lato motore STEP Alfa (Ha)	Filo Nero del cavo multipolare blindato da Driver STEP Alfa (Ha)	Fase B+ motore STEP
51	210	Racchetta fuoco
52	211	Racchetta fuoco
53	212	Racchetta fuoco
0	47	Comune alimentazione 24Vdc dei servizi del telescopio
4	48	Positivo alimentazione 24Vdc dei servizi del telescopio
61	200	Racchetta movimenti lenti
62	201	Racchetta movimenti lenti
63	202	Racchetta movimenti lenti
75	203	Racchetta movimenti lenti
76	204	Racchetta movimenti lenti

Tabella 2.26 Fili interconnessi nella contattiera all'interno dell'asse polare.

FILO DEL SISTEMA ORIGINALE (numerazione originale)	FILO DEL NUOVO SISTEMA (nuova numerazione)	COMMENTO
0 lato freno Delta	20	Negativo alimentazione freno e frizione Delta
0 lato frizione Delta	20	Negativo alimentazione freno e frizione Delta
131 lato motore STEP Delta	Filo Grigio del cavo multipolare blindato da Driver STEP Delta	Fase A+ motore STEP
132 lato motore STEP Delta	Filo Blu del cavo multipolare blindato da Driver STEP Delta	Fase A- motore STEP
135 lato motore STEP Delta	Filo Marrone del cavo multipolare blindato da Driver STEP Delta	Fase B- motore STEP
136 lato motore STEP Delta	Filo Nero del cavo multipolare blindato da Driver STEP Delta	Fase B+ motore STEP

Tabella 2.27 Fili interconnessi nella contattiera nel retro della consolle.

FILO DEL SISTEMA ORIGINALE (numerazione originale)	FILO DEL NUOVO SISTEMA (nuova numerazione)	COMMENTO
1 lato telescopio	1	Neutro alimentazione 230Vac motore petali, fuoco e prese non sotto gruppo sul telescopio
90 lato telescopio	58	Fase alimentazione 230Vac con fusibile motore petali e prese non sotto gruppo sul telescopio
54 lato telescopio	50	Fase 230Vac con fusibile alimentazione e controllo motore fuoco
55 lato telescopio	51	Fase 230Vac con fusibile alimentazione e controllo motore fuoco
56 lato telescopio	56	Fase 230Vac con fusibile alimentazione e controllo motore fuoco
57 lato telescopio	57	Fase 230Vac con fusibile alimentazione e controllo motore fuoco
77	88 blu	Switch finecorsa forcella
78	87verde	Switch finecorsa forcella
73	15 rosso	Switch centraggio forcella
72	14 marrone	Switch centraggio forcella
0	47 bianco	Comune switch forcella
204	54	Orientamento BFOSC
205	55	Comando shutter primario (petali)
206	35	Stato shutter primario (petali)
207	36	Stato shutter primario (petali)
208	64	Sensore inclinazione
8 lato pressostato	1	Pressostato sistema pneumatico (segnale 230Vac)
9 lato pressostato	63	Pressostato sistema pneumatico (segnale 230Vac)
4	48	Positivo alimentazione 24Vdc servizi telescopio
0	47	Negativo alimentazione 24Vdc servizi telescopio
A	Alimentazione 230Vac “sempre presente” verso quadro PLC3	
B	Alimentazione 230Vac “sempre presente” verso quadro PLC3	
1 lato consolle	Alimentazione 230Vac consolle “sotto chiave” da quadro comandi	
2	Alimentazione 230Vac consolle “sotto chiave” da quadro comandi	

**Tabella 2.28 Collegamenti interni nella contattiera nel retro della consolle
(numerazione sistema originale)**

ORIGINE	DESTINAZIONE	COMMENTO
30	20	Frizione Delta
31	21	Freno Delta
8 lato consolle	9 lato consolle	Esclusione del pressostato dal vecchio circuito chiave della consolle
4	71	Alimentazione switches forcella Delta con DIODO

3 Software

3.1 Schema generale

Il controllo del telescopio si basa sui quattro PLC master programmabili e sul PC di supervisione e controllo. Quest'ultimo svolge le funzioni di alto livello come l'interfaccia utente principale e l'elaborazione dei calcoli matematici complessi tra cui la precessione, la trasformazione delle coordinate e il modello di puntamento. Nel paragrafo 3.10 è descritto il codice sviluppato per il PC di supervisione e controllo. I PLC si occupano dei controlli di basso livello verso tutti i componenti di campo come encoder, motori, sensori, attuatori ecc. Il sottosistema di comunicazione cPLC permette lo scambio dati tra mPLC, dPLC e il PC tramite blocchi di memoria riservati nella sua memoria ritentiva descritti nel paragrafo 3.4. Il sistema di sicurezza sPLC dialoga invece direttamente con mPLC. Le interfacce e i protocolli di comunicazione sono descritti nel paragrafo 3.7.

Il PC trasforma le coordinate astronomiche di ascensione retta e declinazione in coordinate encoder nel sistema definito dagli encoder assoluti SSI e avvia il puntamento trasferendo tali dati nel blocco n.5 nella memoria di cPLC assieme ad un opportuno codice di comando. Analogamente grazie ad altri codici trasferiti nel blocco di memoria n. 4 può controllare i servizi ausiliari come la messa a fuoco, la rotazione della cupola, ecc. Lo stato corrente del telescopio, tra cui i valori degli encoder assoluti, viene invece letto dal blocco di memoria n.1. In codici e il protocollo di comando sono dettagliati nel paragrafo 3.9.

Il sottosistema mPLC, responsabile della movimentazione del telescopio, è basato su di una macchina a stati descritta nel paragrafo 3.2: ogni stato corrisponde ad una condizione del sistema in cui possono essere abilitate o disabilitate precise funzioni. In generale mPLC esegue i comandi ricevuti dal campo, tramite le racchette o i comandi in consolle, oppure i comandi software, descritti nel paragrafo 3.9, ricevuti tramite cPLC. Il sottosistema mPLC opera in sinergia con sPLC (paragrafo 3.3) a cui è collegato tramite segnali hardware e software. Entrambi i sistemi controllano indipendentemente e in tempo reale l'accelerazione, la velocità e il puntamento del telescopio per mantenerli entro i valori ammessi. In caso di anomalia sPLC può prendere il comando dei motori per arrestare il telescopio, come descritto nel paragrafo 4. La programmazione delle due unità master è basata su linguaggi differenti ed è stata realizzata da sviluppatori differenti in modo da minimizzare la probabilità che persistano nel tempo banchi funzionali che inficino contemporaneamente entrambi i sistemi con conseguenza pericolose.

Il sottosistema cPLC è responsabile anche del controllo dei servizi ausiliari del telescopio come il fuoco, la protezione a petali dello specchio primario, la rotazione della cupola e l'apertura/chiusura del portellone. Quest'ultima funzione è eseguita comandando il sottosistema hPLC specificatamente dedicato al controllo del portellone (paragrafo 3.5).

L'abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti del telescopio è controllata in modo ridondante da mPLC, sPLC e cPLC sulla base dello stato delle porte di accesso al telescopio e della abilitazione manuale dell'operatore come spiegato nel paragrafo 4.

Il sottosistema dPLC (paragrafo 3.6) svolge invece la funzione di interfaccia utente secondaria: visualizza i dati di base del sistema, permette di modificare i parametri e permette di impartire alcuni comandi di puntamento di base in caso di malfunzionamento del PC di supervisione. Il sistema dPLC non è però in grado di calcolare le correzioni di puntamento dovute alla precessione degli equinozi o al modello di puntamento.

Le unità PLC master di tipo HL48 e TL40A (sPLC, cPLC e dPLC rispettivamente) sono programmate tramite il compilatore fornito dal costruttore che implementa il linguaggio ICL51 simile ai comuni linguaggi a lista istruzioni per la programmazione dei PLC. In allegato è disponibile il manuale, il compilatore e l'utilità di debug chiamata "Superdebugger".

La unità PLC master di tipo MLW-CPU2 (mPLC) è programmata in ambiente CoDeSys utilizzando il linguaggio a testo strutturato.

L'unità master di hPLC è una logica programmabile modello SR2B122BD della famiglia Zelio di Schneider Electric programmata con linguaggio grafico a Blocchi Funzionali tramite l'ambiente di sviluppo proprietario allegato al presente documento.

3.2 Sottosistema di controllo principale (mPLC)

La programmazione del master mPLC, che controlla la movimentazione del telescopio, è basata su di una macchina a stati che definisce le diverse funzioni abilitate nelle diverse condizioni del sistema. Gli stati previsti sono elencati di seguito.

1. Initialization: inizializzazione all'accensione del sistema. In questo stato il telescopio è fermo, vengono aggiornati i parametri interni, vengono controllate le condizioni di avvio e viene acquisita l'ora esatta dal sistema GPS. Dopo una fase iniziale di circa 20 secondi di avvio vero e proprio del programma e di attesa delle abilitazioni da parte di sPLC, i comandi manuali vengono abilitati mentre quelli software rimangono disabilitati. La transizione allo stato successivo (idle) avviene al completamento delle operazioni di inizializzazione.
2. Disabled: in questo stato il telescopio viene portato all'arresto completo. Ad arresto ultimato avviene la transizione allo stato Idle se e solo se sono presenti i segnali di abilitazione da parte di sPLC. In mancanza di questi segnali il telescopio torna in questo stato. Il comando di "Stop" forza il telescopio in questo stato per l'arresto completo.
3. Idle: inattivo in attesa di comandi. Il telescopio è fermo, abilitato ed è pronto ad eseguire qualsiasi comando hardware o software. Lo stato cambierà in accordo col comando ricevuto.
4. Tracking: telescopio è in inseguimento. In questo stato mPLC esegue i comandi della racchetta dei movimenti fini (motori a STEP) ritornando poi in questo stato, mentre dopo l'azionamento della racchetta dei movimenti veloci (motori DC) l'inseguimento viene interrotto e lo stato passa a idle. I comandi provenienti dal PC di supervisione vengono ignorati ad eccezione del comando di STOP che provoca l'arresto e il passaggio allo stato idle.
5. Pointing: il sistema sta eseguendo il puntamento automatico alle coordinate inserite. L'azionamento di un qualsiasi comando manuale comporta l'interruzione della procedura e il ritorno allo stato idle come pure la ricezione del comando di STOP da parte del PC. Ogni altro comando viene ignorato. Al termine del puntamento, se non interrotto, il sistema entra in stato di tracking.
6. Manual moving: movimento controllato dalle interfacce manuali. Il sistema esegue i comandi manuali di dopodiché torna in tracking se precedentemente era in questo stato e se sono stati azionati solo i movimenti lenti (motori STEP) altrimenti entra nello stato idle.
7. Error: errore rivelato da mPLC. In caso mPLC riveli un errore il telescopio viene fermato. Nessun comando viene eseguito ad eccezione del comando di recover per uscire dallo stato *Error*.
8. Alarm: allarme rilevato da sPLC. In caso sPLC riveli un errore il telescopio viene fermato da sPLC. Il sistema mPLC porta a zero le sue uscite di comando e rimane poi

inattivo senza eseguire nessun comando ad eccezione recover per uscire dallo stato di allarme.

9. Park: il sistema sta eseguendo il puntamento automatico allo Zenit per portare il telescopio nella posizione di parcheggio.

Le paragrafo 3.9 sono disponibili ulteriori dettagli sui codici, sui comandi e sulle transizioni di stato.

3.2.1 Ambiente di sviluppo CoDeSys

Il software di controllo di mPL è stato sviluppato in ambiente CoDeSys versione 2.3.9.28 di cui sono allegati il file e la guida di installazione in abbinamento con la scheda MLW-CPU2 (“Installazione_CoDeSys_MLW-CPU2.pdf”). A differenza di come indicato nella guida, la configurazione hardware del sistema è descritta nel file “ICL51_CFG.txt” e non nel file “ICL51_MASTER.txt” e il relativo script di installazione è “ICL51_CFG.BAT” e non “ICL51_MASTER.bat”. Sul PC di supervisione e controllo è installato l’ambiente di sviluppo ed è disponibile l’ultima versione del software di mPLC col relativo file di configurazione hardware nella cartella “C:\mPLC”. Il linguaggio utilizzato per la stesura del software è il testo strutturato.

Nell’installazione dell’ambiente di sviluppo sono inclusi i manuali dell’ambiente e dei linguaggi.

3.2.2 Struttura del software

La struttura del software è basata su di una POU (Program Organization Unit) principale denominata PLC_PRG che contiene le chiamate a tutte le altre POU ad eccezione di WatchDog. La gestione delle chiamate dall’interno di PLC_PRG permette di ottenere una temporizzazione precisa tra le diverse POU e di determinare in modo certo lo stato dei dati su cui le POU stesse operano. La temporizzazione della scansione del codice è articolata su due task:

- Main con priorità 15 viene eseguita con la cadenza di 50ms e chiama PLC_PRG che ha una durata media di esecuzione di circa 25ms;
- Control con priorità 14 (superiore a 15) viene eseguita ogni 250ms e chiama WatchDog la cui durata di esecuzione in condizioni normali è ben al di sotto di 1 ms.

La POU WatchDog ha la funzione di controllare che quella principale PLC_PRG non sia in una condizione di stallo. Un contatore incrementato internamente da WatchDog viene azzerato da ogni ciclo di PLC_PRG: il mancato azzeramento comporta l’esecuzione da parte di WatchDog di una serie di operazioni di arresto e messa in sicurezza del telescopio. Se durante l’esecuzione di PLC_PRG si verifica una eccezione di sistema, come per esempio una divisione per zero, viene chiamata una funzione con all’interno un ciclo infinito che innesca il blocco di PLC_PRG di e il conseguente intervento di WatchDog.

La suddivisione in POU del programma di controllo risponde ad esigenze di chiarezza e leggibilità del codice ed anche le “Action” definite per PLC_PRG sono utilizzate unicamente con questo scopo, sono cioè utilizzate solo per raggruppare una porzione di codice e sono chiamate solo dall’interno di PLC_PRG.

```

0001 IF NOT Wdflg THEN (* WatchDog flag: if TRUE the program is NOT executed because the WatchDog is operating, if FALSE the program is executed*)
0002   byWdCounter:=0; (* WatchDog counter to be reset at each program cycle*)
0003   IF NOT SlaInit THEN (* Start-up procedure to initialize program and slaves communications, to load tables, and to manage log files*)
0004     bySysStat:=0; (* System status 0 = initialization*)
0005     SlavesInitialization; (* Slaves Initialization and pointing tables loading*)
0006   ELSE
0007     CyclicUpdates; (* Slave mirror memory, current Time and current Date variables update, field variable update*)
0008     DataComIn; (* Data input from sPLC and cPLC through DPS1 slaves*)
0009     TblParInit; (* Initialization of program tables and parameters*)
0010     HardCommandHandler; (* Command from field, i.e. manual paddles and velocity knobs *)
0011     (*Motors command variables set to 0 for security: they must explicitly set at the needed value at each program loop*)
0012     DcDriverAlpha.Option:=1;
0013     DcDriverDelta.Option:=1;
0014     SDriverAlpha.stop:=TRUE;
0015     SDriverDelta.stop:=TRUE;
0016     (*SECURITY CHECKS*)
0017     (*When the key switch on the console to disable DC motors ramp, boundary checks and motions checks is ON
0018     or when the key switches to disengage breakers are ON, the boundary checks of both sPLC and mPLC are
0019     disabled and higher limit values for acceleration and velocity are set. Otherwise the standard values are set*)
0020     [.....]
0021     (*Flag of manual Movements toward sPLC is set OFF*)
0022     sPLC_FastMovManual:=FALSE;
0023     (*Check of alarm code from sPLC*)
0024     IF bysPLCiAlarmCode > 1 THEN bySysStat:=7; END_IF; (*Alarm condition check*)
0025     (*If the connection with sPLC or with the slaves involved with Dcmotors control is lost for more than 1s --> ERROR*)
0026     ChkConnection_sPLC_DcmotorsSlaves;
0027     (*System state*)
0028     [.....]
0029     CASE bySysStat OF
0030     0: (* SYSTEM INITIALIZATION*)
0031       Initialization;
0032     1: (* DISABLED *)
0033       Disabled;
0034     2,3: (* 2 = IDLE, 3 = TRACKING *)
0035       Idle_Tracking;
0036     4: (* POINTING *)
0037       Pointing;
0038     5: (* MANUAL MOVING*)
0039       ManualMoving;
0040     6: (* ERROR *)
0041       Error;
0042     7: (* ALARM *)
0043       Alarm;
0044     8: (* PARK *)
0045       Park;
0046     END_CASE;
0047     (* SECURITY CHECKS: position, velocity and acceleration checks*)
0048     BoundaryChk; (*Boundary check*)
0049     VelAccChk; (*Acceleration and velocity check*)
0050     DataComOut; (*Data output towards sPLC and cPLC through DPS1 slaves*)
0051     (* DC motor control POU call*)
0052     IF TimingAlphaCalc THEN (* Timing to alternate Alpha and Delta controls *)
0053       DcDriverAlpha;
0054       [.....]
0055     ELSE
0056       DcDriverDelta;
0057       [.....]
0058     END_IF;
0059     (* Step motor control POU call*)
0060     SDriverAlpha;
0061     SDriverDelta;
0062     RecPointTable; (*Pointing table recording*)
0063     LogsWriting; (*Logs writing*)
0064   END_IF; (*SlaInit*)
0065   [.....]
0066 END_IF; (*Wdflg*)

```

Figura 3.2.1 Struttura della POU principale PLC_PRG.

La struttura base di PLC_PRG, evidenziata in Figura 3.2.1, è composta da:

- ciclo IF condizionato dalla variabile booleana Wdflg definita tra le variabili globali e controllata nella POU WatchDog: se PLC_PRG impiega più di 2s per l'esecuzione di un ciclo, WatchDog interviene ponendo a TRUE questa variabile in modo che il programma principale non venga eseguito;
- ciclo IF condizionato dalla variabile booleana SlaInit definita tra le variabili globali: all'accensione, con SlaInit FALSE, vengono eseguite le operazioni di inizializzazione della action SlavesInitialization che comprendono la verificata della corretta inizializzazione di tutti gli slave di mPLC, l'eventuale re-inizializzazioni di quelli non rilevati, il caricamento in memoria delle tabelle con le mappe del puntamento ammesso del telescopio, il caricamento delle tabelle con le correnti massime ammesse per i motori DC, il controllo ed eventuale salvataggio del log con gli assorbimenti dei motori DC e il calcolo delle tabelle e dei parametri operativi derivati da quelli fondamentali (action TblParCalc); per maggiori dettagli sulle tabelle utilizzate per il controllo si vedano i paragrafi 3.2.3 e 3.2.4 ; al termine di queste operazioni la variabile SlaInit è posta a TRUE e la scansione passa alla parte principale del programma che si compone dei seguenti moduli:

- CyclicUpdates (action di PLC_PRG): qui sono raggruppate le operazioni da eseguire ad ogni ciclo di programma come per esempio l'interrogazione degli slave e l'aggiornamento delle variabili interne legate all'ora, allo stato dei comandi manuali o a quello dei sensori ecc;
- DataComIn: provvede all'acquisizione dei dati provenienti da sPLC e cPLC attraverso gli slave DPS1;
- TblParInit (action di PLC_PRG): provvede a ricalcolare le tabelle e i parametri operativi derivati da quelli fondamentali ricevuti da cPLC chiamando la action TblParCalc; se però entro 120 cicli dall'accensione del sistema non vengono ricevuti i parametri fondamentali da cPLC, il ricalcolo non viene più effettuato e rimangono i valori calcolati durante l'inizializzazione sulla base dei valori predefiniti; per maggiori dettagli sulle tabelle utilizzate per il controllo del sistema si vedano i paragrafi 3.2.3 e 3.2.4 ;
- HardCommandHandler: gestisce i segnali dei comandi manuali provenienti dal campo;
- azzeramento dei comandi dei motori DC (DcDriverAlfa.Option:=1; DcDriverDelta.Option:=1) e a STEP (SDriverAlfa.stop:=TRUE; SDriverDelta.stop:=TRUE): per ragioni di sicurezza questi comandi vengono azzerati ad ogni ciclo del programma in modo che, in assenza di una esplicita assegnazione diversa da zero in uno qualunque dei moduli attivi del programma, i motori vengano arrestati;
- Security checks: sulla base dello stato degli interruttori a chiave in consolle, vengono manipolate le variabili che abilitano i controlli della posizione del telescopio e che determinano i valori limite di velocità e accelerazione;
- Il flag sPLC_FastMovManual viene posto OFF in modo che se necessario debba esplicitamente essere posto ON dalle eventuali funzioni interessate; quando il flag è OFF il sistema sPLC controlla che la velocità del telescopio sia sempre tanto piccola da essere riconducibile unicamente ai movimenti lenti (motori STEP) e nel caso avvengano movimenti più veloci, sPLC entra in allarme, esclude mPLC ed arresta il telescopio; quando il flag è posto ON sPLC non esegue il controllo sulla velocità;
- costruito IF condizionato dalla variabile globale DPS1biAlarmCode controllata da sPLC: in caso di allarme rivelato da sPLC ($DPS1biAlarmCode > 1$) lo stato del sistema passa ad Alarm;
- ChkConnection_sPLC_DCmotorsSlaves (action di PLC_PRG): controlla la connessione con gli slave 5, 6 e 7 (E552, EXP36a e EXP36b) coinvolti nel controllo dei movimenti veloci del telescopio (motori DC) e l'operatività di sPLC (attraverso il valore di un contatore incrementale ricevuto tramite lo slave 10, DPS1b): in caso di anomalia il telescopio viene fermato, mPLC entra in stato *Error* e viene richiesto a sPLC di entrare nello stato di *Alarm*;
- costruito CASE condizionato dalla variabile globale bySysStat: per ogni specifico stato del sistema, rappresentato dalla variabile bySysStat (paragrafo 3.9), viene eseguita una specifica POU (paragrafo 3.2.2.iii);
- BoundaryChk: controlla che il puntamento del telescopio rimanga entro la regione ammessa;
- VelAccChk: controlla che velocità e accelerazione si mantengano entro i limiti ammessi;
- DataComOut: provvede all'invio dei dati in uscita verso sPLC e cPLC attraverso gli slave DPS1;

- costruito IF condizionato dalla variabile booleana globale TimingAlphaCalc complementata ad ogni ciclo di programma per alternare l'esecuzione di:
 - DcDriverAlpha: gestisce i segnali digitali e analogici di controllo del motore DC Alfa (Ha) ed è l'unica POU (oltre a WatchDog) che manipola la memoria specchio delle relative uscite: tutti i moduli che devono comandare il motore manipolano le variabili di ingresso di questa POU; questa POU è eseguita ogni 100ms;
 - DcDriverDelta: gestisce i segnali digitali e analogici di controllo del motore DC Delta ed è l'unica POU (oltre a WatchDog) che manipola la memoria specchio delle relative uscite: tutti i moduli che devono comandare il motore manipolano le variabili di ingresso di questa POU; questa POU è eseguita ogni 100ms;
- SDriverAlpha: gestisce i segnali digitali di controllo del motore a STEP Alfa (Ha) ed è l'unica POU (oltre a WatchDog) che manipola la memoria specchio delle relative uscite: tutti i moduli che devono comandare il motore manipolano le variabili di ingresso di questa POU;
- SDriverDelta: gestisce i segnali digitali di controllo del motore a STEP Delta ed è l'unica POU (oltre a WatchDog) che manipola la memoria specchio delle relative uscite: tutti i moduli che devono comandare il motore manipolano le variabili di ingresso di questa POU;
- RecPointTable (action di PLC_PRG): questa utilità viene attivata manualmente durante la registrazione delle tabelle coi puntamenti permessi del telescopio;
- LogsWriting (action di PLC_PRG): responsabile della scrittura dei file di log.

Per semplificare le interfacce e ottimizzare la gestione della memoria, molte variabili sono definite nella memoria globale (paragrafo 3.2.2.ii) o direttamente nella configurazione delle unità slaves (3.2.2.i). Nel seguito sono riassunte le caratteristiche delle POU di stato del sistema (3.2.2.iii) e di altre POU notevoli (3.2.2.iv) mentre nel file sorgente sono disponibili ampi commenti sia a livello di POU che di variabili, specialmente di quelle che svolgono la funzione di parametro.

3.2.2.i Configurazione delle unità slaves

La configurazione degli slaves è ottenuta tramite la compilazione del file di testo "ICL51_CFG.txt" e dalla esecuzione del relativo script "ICL51_CFG.BAT" come descritto nella guida di installazione dell'ambiente di sviluppo in abbinamento con la scheda MLW-CPU2. Prestare attenzione che lo script sia eseguito con i privilegi di amministratore in quanto deve copiare il file di configurazione opportunamente elaborato nella cartella di installazione dell'ambiente di sviluppo. Il file di configurazione contiene l'assegnazione dell'indirizzo univoco di comunicazione sul bus nonché la descrizione e l'assegnazione dei nomi alle variabili di ingresso e di uscita degli slaves. Questa configurazione è accessibile dall'ambiente di sviluppo tramite la voce "PLC Configuration" della finestra Resources. L'assegnazione di nomi ai singoli bit delle variabili di I/O è consentita solo tramite quest'ultima interfaccia ma è necessario che sia abilitato l'accesso ai bit della variabili nel file di configurazione. Nella tabella 3.1 sono elencati gli slaves di mPLC.

Tabella 3.1 Indirizzi e denominazioni software degli slaves collegati al master mPLC

INDIRIZZO BUS	DESCRIZIONE	IDENFIFICATIVO
1	Slaves EMB-SSI per la lettura dell'encoder assoluto SSI dell'asse Alfa (Ha)	SSIHA
2	Slaves EMB-SSI per la lettura dell'encoder assoluto SSI dell'asse Delta	SSID
3	Slave EMB-AX3 per il controllo del driver del motore a STEP dell'asse Alfa (Ha)	AX3HA
4	Slave EMB-AX3 per il controllo del driver del motore a STEP dell'asse Delta	AX3D
5	Slave EXP36 con I/O digitali (Tabella 2.2)	EXPa
6	Slave E552 con I/O analogici (Tabella 2.1)	E552
7	Slave EXP36 con I/O digitali (Tabella 2.3)	EXPb
8	Slave EXP36 con I/O digitali (Tabella 2.4)	EXPc
9	Slave DPS1 di comunicazione con cPLC	DPS1a
10	Slave DPS1 di comunicazione con sPLC	DPS1b
11	Slave EMB-SC4 per la connessione tramite porta seriale col ricevitore GPS (NON PIU' IN USO)	SC4
12	Slave EMB-GPS per la connessione tramite porta seriale col ricevitore GPS	srGPS

3.2.2.ii Memoria globale

Le variabili globali sono accessibili sotto la voce Global_Varibles della finestra Resources dell'ambiente di sviluppo.

All'inizio della memoria globale sono raggruppate le costanti globali (VAR_GLOBAL CONSTANT) utilizzate per definire i parametri legati all'hardware o le dimensioni di alcuni array. I dati persistenti sono invece raggruppati nella sezione VAR_GLOBAL PERSISTENT RETAIN ma a causa del malfunzionamento di questo tipo di memoria, i primi due array (RefADCDriverAlpha e RefADCDriverDelta) vengono riletti dalla memoria Flash all'avvio mentre gli altri dati sono utilizzati unicamente con finalità di registrazione e sono intervallati da dati di controllo (da confermare) che ne discriminano la validità. Il malfunzionamento consiste, infatti, nel riscontrare che all'avvio i dati memorizzati possono essere diversi da quelli presenti allo spegnimento. Le variabili booleane, in particolare, possono risultare non valide perché che uno dei 7bit non utilizzati del byte occupato risulta illecitamente modificato. Questo malfunzionamento si manifesta con maggior frequenza a basse temperature ambientali.

Nella sezione VAR_GLOBAL sono specificate le variabili globali utilizzate nel programma incominciando da quelle il cui indirizzo è assegnato esplicitamente. Queste variabili sono raggruppate in blocchi che rispecchiano i corrispondenti blocchi nella memoria di cPLC (paragrafo 3.4): l'assegnazione esplicita dell'indirizzo permette l'utilizzo dei puntatori necessari per trasferire questi blocchi da/per il buffer dell'unità di comunicazione (slave DPS1a) che permette lo scambio dei dati con cPLC. Questi blocchi iniziano con la variabile di 1B byMemBlockOx o byMemBlockIx a seconda se siano dati in entrata o in uscita ed hanno una lunghezza di 22B (2B in meno di quelli di cPLC in quando il buffer di comunicazione è di 24B ma i primi 2B sono utilizzati per la gestione della comunicazione, paragrafo 3.7). Nella tabella 3.11 è riportata la corrispondenza tra i blocchi di memoria di mPLC e cPLC e nelle corrispondenti tabelle di cPLC (paragrafo 3.4) sono dettagliate le variabili di ogni blocco.

Il blocco di memoria byMemBlockIsPLC inserito prima di byMemBlockI4 è dedicato allo scambio dati con sPLC (paragrafo 3.7.2.ii).

Dopo i blocchi di memoria sono memorizzate alcune variabili a 4Byte (da diFirstOffsetHa a uiSecondOffsetD) con assegnazione esplicita dell'indirizzo per poter accedere direttamente ai Byte 2 e 3 delle stesse variabili.

Dopo le variabili con indirizzo assegnato esplicitamente, sono dichiarate tutte le restanti variabili globali la cui funzione è descritte nei commenti del codice. Alla fine sono raggruppate alcune variabili tutte inizializzate esplicitamente che costituiscono i parametri di funzionamento del sistema. In particolare tra queste si trovano le variabili booleane che abilitano:

- il controllo della pressione del sistema pneumatico;
- il controllo che il puntamento cada all'interno dei limiti stabiliti;
- il controllo dell'assorbimento di corrente dei motori DC (eseguito nelle POU DcDriver);
- i controlli eseguiti nelle POU DcDriver che riguardano:
 - presenza delle tensioni di alimentazione di statori, frizioni e elettrovalvole freni;
 - presenza del segnale di funzionamento regolare dai driver DC;
 - coerenza del segnale analogico di comando dei driver stessi col comando impostato;

Come indicato nei commenti, vi sono inoltre altre variabili e array con la funzione di parametro che vengono automaticamente ricalcolare all'avvio.

3.2.2.iii POU di stato

Le POU che definiscono gli stati del sistema sono implementate come Action della POU principale PLC_PRG e sono chiamate unicamente all'interno del costrutto CASE controllato dalla variabile globale bySysStat che definisce lo stato del sistema. In particolare queste POU sono:

Initialization (eseguita per bySysStat = 0)

Questa POU completa l'iniziazione hardware del sistema (quella del software è stata eseguita durante l'inizializzazione degli slave). In particolare si occupa di:

- abilitare le alimentazione dei motori DC, delle frizioni, dei freni e dei motori a step a condizione che sia presente il segnale di abilitazione da parte di sPLC;
- disabilitare l'acquisizione dell'ora esatta dal GPS in caso di ricezione dell'apposito comando da PC;
- controllare che all'avvio tutti i comandi manuali siano disabilitati e/o posti a zero;
- abilitare i comandi manuali (solo dopo aver ricevuto l'abilitazione da parte di sPLC): sarà quindi possibile muovere manualmente il telescopio anche se non tutte le inizializzazioni sono completate (come l'acquisizione dell'ora esatta dal GPS);
- passare allo stato Disabled o ManualMoving una volta che siano completate tutte le inizializzazioni e siano presenti i segnali di abilitazione da sPLC.

Disabled (eseguita per bySysStat = 1)

Questa POU arresta il telescopio e passa allo stato IDLE una volta che il telescopio è fermo e sono presenti i segnali di abilitazione da parte di sPLC.

Idle_Tracking (eseguita per bySysStat = 2 o 3)

Lo stato *Idle* è identificato dal valore 2 della variabile di stato, mentre lo stato *Tracking* è identificato dal valore 3. Le operazioni abilitate in entrambi gli stati sono le stesse con l'unica eccezione che nello stato *Tracking* viene abilitata la funzione Traking delle POU di controllo dei

motori a STEP (SDriverAlpha e SDriverDelta) mentre nello stato *Idle* viene abilitata la funzione Stop.

In questi stati vengono eseguiti tutti i comandi software ricevuti secondo i codici e il protocollo descritti nel paragrafo 3.9. Nel caso del comando "Tracking" la variabile interna TrackingOn viene posta TRUE come pure al termine delle operazioni di puntamento. Questa variabile è utilizzata per discriminare il ritorno allo stato *Idle* o *Tracking* dopo lo stato *Manual* innescato dall'utilizzo della pulsantiera di controllo dei movimenti lenti (motori a STEP). La variabile TrackingOn viene posta FALSE in seguito ad un comando di STOP o all'utilizzo dei comandi manuali dei movimenti veloci o ad un evento di Errore o di Allarme.

In questa POU vengono sempre controllati i segnali di abilitazione e/o Allarme da sPLC e lo stato dei comandi manuali.

Pointing (eseguita per bySysStat = 4)

Si occupa del puntamento del telescopio ed è basata su di una macchina a stati controllata del costrutto CASE basato sulla variabile bySubSysStat. Quando il controllo passa a questa POU, a seguito della ricezione del comando di "Pointing" nello stato *Idle*, la variabile bySubSysStat può assumere due valori iniziali a seconda che siano abilitati o meno i movimenti veloci automatici/remoti. Nel caso siano abilitati il valore di bySubSysStat corrisponde al più basso ammesso per questa POU in modo da eseguire tutte le azioni previste che sono:

1. verifica che la destinazione finale sia all'interno dei limiti permessi di puntamento;
2. verifica che la destinazione finale non sia troppo vicina per l'utilizzo dei movimenti veloci e troppo distante per l'utilizzo di quelli lenti e, nel qual caso, esecuzione di un piccolo spostamento preparatorio di allontanamento;
3. verifica del percorso verso la destinazione e se necessario esecuzione degli spostamenti veloci prima in un asse e poi nell'altro secondo l'ordine più opportuno oppure puntamento intermedio allo Zenith e poi della destinazione;
4. raffinamento del puntamento coi movimenti lenti e transizione allo stato *Tracking*.

Nel caso i movimenti veloci automatici/remoti non siano abilitati, il valore iniziale di bySubSysStat sarà tale da passare direttamente al raffinamento del puntamento coi movimenti lenti escludendo le operazioni in cui sono coinvolti i movimenti veloci.

In questa POU vengono sempre controllati i segnali di abilitazione e/o Allarme da sPLC, lo stato dei comandi manuali e la ricezione del comando di Stop che interromperebbe immediatamente il puntamento.

ManualMoving (eseguita per bySysStat = 5)

Questa POU esegue il movimento del telescopio sulla base dei comandi manuali in console e/o delle pulsantiere dei movimenti lenti e veloci. Questa POU si basa sulla POU "Manual" descritta nel paragrafo 3.2.2.iv e sul controllo dei segnali di abilitazione e/o Allarme da parte di sPLC. Qualsiasi comando ricevuto viene ignorato ad esclusione del comando di Stop che imposta a FALSE il valore della variabile TrackingOn e disabilita il tracking. Al termine dell'esecuzione di questa POU lo stato passa a *Tracking* nel caso la variabile TrackingOn sia TRUE, e allo stato *Idle* nel caso di FALSE. Come la ricezione del comando di Stop, anche l'azionamento dei movimenti veloci (motori DC) che imposta a FALSE il valore della variabile TrackingOn.

Error (eseguita per bySysStat = 6)

Questa POU viene seguita quanto il sistema mPLC rivela un errore e blocca il puntamento del telescopio. Ad ogni tipo di errore è associato un codice secondo la tabella 3.22 ed è reso disponibile nella variabile bySubSysStat. Nel paragrafo 3.9 sono descritti i codici di comando e le eventuali procedure per il ripristino del sistema.

Alarm (eseguita per bySysStat = 7)

Questa POU viene seguita quanto il sistema sPLC rivela un errore ed entra in allarme bloccando il puntamento del telescopio. Ad ogni tipo di allarme è associato un codice secondo la tabella 3.23 ed è reso disponibile nella variabile byPLCiAlarmCode. Nel paragrafo 3.9 sono descritti i codici di comando e le eventuali procedure per il ripristino del sistema.

Park (eseguita per bySysStat = 8)

Questa POU si occupa di portare il telescopio nella posizione di parcheggio puntandolo verso lo Zenith ed è basata su di una macchina a stati controllata del costruito CASE basato sulla variabile bySubSysStat. Perché questa POU sia eseguita, i movimenti veloci automatici/remoti devono essere abilitati, nel qual caso vengono eseguite le seguenti operazioni:

1. verifica che il puntamento corrente non sia troppo vicino allo Zenit per l'utilizzo dei movimenti veloci e troppo distante per non richiedere un tale movimento e nel caso esecuzione di un piccolo spostamento preparatorio di allontanamento;
2. verifica del percorso e se necessario esecuzione degli spostamenti veloci prima in un asse e poi nell'altro secondo l'ordine più opportuno;

In questa POU vengono sempre controllati i segnali di abilitazione e/o Allarme da sPLC, lo stato dei comandi manuali e la ricezione del comando di Stop che interromperebbe immediatamente il puntamento.

3.2.2.iv Altre POU notevoli

Altre POU notevoli solo brevemente descritte di seguito in ordine alfabetico.

BoundaryChk

Questa POU controlla che il puntamento del telescopio rientri entro la regione ammessa e gestisce la velocità massima dei movimenti veloci in base alla distanza dai limiti ammessi.

La distanza di arresto del telescopio per le diverse velocità dei motori DC viene calcolata e tabulata nelle variabili TblDistDCAIpha e TblDistDCdelta (paragrafo 3.2.4.iii) all'avvio del sistema dalla POU TblParCalc. Gli stessi valori moltiplicati per un fattore 3 vengono tabulati nelle variabili uiTblBndDCAIpha e uiTblBndDCDelta che sono utilizzate in questa POU per calcolare il punto di arresto del telescopio in base alla posizione corrente e alla velocità massima ammessa. Se il punto di arresto calcolato cade al di fuori dei limiti consentiti, la velocità massima consentita dei motori DC viene diminuita passando al valore inferiore tabulato nelle tabelle TblVelDCAIpha e/o TblVelDCdelta. Indicando con (α_i, δ_i) la posizione corrente del telescopio e con (α_f, δ_f) quella finale calcolata, il controllo del percorso per l'asse Alfa prevede la verifica che entrambi i percorsi da (α_i, δ_i) a (α_f, δ_i) e da (α_f, δ_i) a (α_f, δ_f) ricadano completamente all'interno dei limiti ammessi. In caso contrario la velocità massima ammessa per l'asse Alfa viene diminuita. Lo stesso tipo di controllo viene seguito per l'asse Delta. Nel caso i percorsi siano completamente inclusi all'interno delle zone permesse, viene calcolato anche il punto di arresto per il valore superiore di velocità tabulato e se i percorsi sono ancora inclusi il limite di velocità viene incrementato. Questi calcoli e controlli vengono eseguiti su variabili a due Byte che corrispondono ai due Byte centrali dei valori a quattro Byte degli encoder SSI in quanto il byte meno significativo è influente e quello più significativo è costante.

Due Action di questa POU (SlowMovChkAlpha e SlowMovChkDelta) generano un evento di Errore e disabilitano i movimenti lenti del telescopio (motori a STEP) quando la distanza dal limite di puntamento è inferiore al parametro uiLimBndDst. Lo scopo di queste Action è di prevenire un seppur minimo sconfinamento dovuto al movimento lenti che richiederebbe la presenza di personale in cupola per riportare manualmente il telescopio entro i limiti ammessi.

CLK_sync

Questa POU si occupa della sincronizzazione dell'orologio interno del master mPLC (Real Time Clock, RTC) con il GPS. Dato che questo orologio non fornisce la frazione del secondo, il clock interno della CPU è utilizzato per ottenere un riferimento temporale con la precisione di qualche decimo di secondo rispetto al riferimento GPS.

Lo slave EMB-SC4-GPS, che riceve la stringa del segnale orario dal GPS, non necessita di alcuna configurazione software essendo preimpostato dal costruttore per ricevere dati dalla porta seriale in un buffer di 16 byte secondo il formato: 8 bit, nessuna parità e 1 bit di stop. La velocità di comunicazione è impostata a 38400 baud tramite il DipSwitch a bordo dello slave. La durata di trasmissione della stringa dal GPS è di 22 ms ed ogni volta lo slave riceve il carattere di controllo \$ incrementa di 1 il contatore 1 srGPSRxC: un ciclo di programma (50ms) dopo l'incremento il nuovo dato è considerato valido fino al nuovo incremento.

CyclicUpdates

In questa POU qui sono raggruppate tutte quelle operazioni da eseguire ad ogni ciclo di programma come per esempio l'interrogazione degli slave, l'aggiornamento delle variabili legate alla data e all'ora, l'aggiornamento e la gestione di quelle legate allo stato dei comandi manuali o dei sensori ecc.

DataComIn e DataComOut

Queste POU provvedono alla ricezione e alla trasmissione dei dati da/per sPLC e cPLC attraverso gli slave DPS1 secondo i protocolli descritti nel paragrafo 3.7.2 .

DcDriverAlfa e DcDriverDelta

Queste POU gestiscono i segnali digitali e analogici di controllo dei motori DC Alfa (Ha) e Delta e sono le uniche POU che manipolano la memoria specchio delle uscite coinvolte: tutti i moduli che devono comandare i motori DC devono manipolare solo le variabili di ingresso di queste POU.

Queste POU sono basate su di una macchina a stati controllata dalla variabile d'uscita Status all'interno del secondo costrutto CASE. Il primo costrutto, basato sulla variabile d'ingresso Option, gestisce invece il comportamento della POU in base agli ingressi e alle loro variazioni. Se la variabile Option è posta al valore 1 o 2 viene attivata la rampa d'arresto d'emergenza e nel caso del valore 2 il freno dinamico del motore viene mantenuto indefinitamente anche quando il telescopio è fermo.

Nel caso sia assegnato il valore 0 alla variabile Option, la variabile d'ingresso TargetVel permette d'impostare la velocità desiderata entro il valore massimo ammesso, gestito dai controlli del puntamento. Nel caso la variabile d'ingresso abbia un valore superiore, viene automaticamente impostato il valore massimo.

Se viene rivelato un cambio di direzione, il telescopio viene arrestato, vengono modificati i segnali digitali di comando della direzione e infine viene impostata la velocità desiderata.

Quando la variabile globale EnChecks è TRUE vengono eseguiti i seguenti controlli di:

- presenza delle tensioni di alimentazione di statori, frizioni e elettrovalvole dei freni;
- presenza del segnale di funzionamento regolare dei driver DC;
- coerenza del segnale analogico di comando dei driver col comando impostato;

Se la variabile globale EnChecksDcCur è TRUE viene seguito anche il controllo dell'assorbimento di corrente da parte del motore DC.

Quando la variabile globale EnChecksPressure è TRUE viene eseguito il controllo della pressione del sistema pneumatico.

In caso di errore, la variabile d'uscita `ErrorCode` assume un valore specifico, la rampa di arresto di emergenza viene innescata e fino a quando il telescopio non sarà fermo, gli ingressi della POU verranno ignorati. Inoltre il valore di `ErrorCode` gestito in `PLC_PRG` causerà la transizione allo stato di *Error* del sistema.

La macchina a stati che controlla le uscite dei motori è basata sulla variabile `Status` il cui valore evolve durante le varie fasi della movimentazione ed è modificato in caso di cambiamento della velocità impostata in modo da entrare nella fase più opportuna. Gli stati caratterizzati dai valori da 0 a 79 controllano il funzionamento normale del sistema durante il quale il comando di velocità applicato ai driver dei motori DC raggiunge il valore impostato in `TargetVel` tramite una rampa di accelerazione con `jerk` costante cioè con derivata prima della accelerazione costante e definita dal valore del `jerk` e della accelerazione massima. Al raggiungimento della accelerazione massima il `jerk` viene posto a 0 per poi essere nuovamente posto al valore costante ma con segno invertito in modo da raggiungere la velocità desiderata con accelerazione circa nulla. Questa gestione delle accelerazioni del telescopio permetterà di minimizzare l'eccitazione delle oscillazioni proprie e migliorare la fluidità del movimento. Inoltre l'impostazione di rampe di accelerazione piuttosto "dolci" premette di preservare gli organi meccanici che sebbene non presentino particolari tracce di usura, presentano però tracce di danneggiamenti dovuti ad accelerazioni violente (in particolare il motoriduttore dell'asse Alfa). Lo stato 80 controlla la rampa di arresto di emergenza che viene eseguita con accelerazione costante pari ad 1,5 volte l'accelerazione massima ammessa. Gli stati da 116 a 140, attivi solo quando la variabile d'ingresso `Option` è uguale a 3, controllano il moto con accelerazione costante pari a quella massima ammessa (il `jerk` non è costante come nel caso normale). Infine nello stato 150, attivo solo per `Option` uguale a 4, il valore impostato della velocità è applicato direttamente all'uscita di controllo dei driver senza lacuna rampa e il controllo della corrente assorbita dal motore viene disabilitato. Questa opzione è abilitata unicamente dietro azionamento di un interruttore a chiave in consolle ed è utilizzata durante lo smontaggio dello specchio principale del telescopio quando occorre un controllo diretto dei motori DC.

Per minimizzare il tempo di calcolo, in queste POU vengono impiegate variabili intere ed una serie di parametri che vengono ricalcolati all'avvio del sistema: fino a che la variabile booleana di ingresso `InitCosnants` non è posta a `TRUE` dalla POU di inizializzazione (`TblParInit`) non è possibile muovere i motori DC.

Il periodo di scansione di queste POU di 100ms costituisce la base tempi implicita nei calcoli delle rampe di velocità ed è ottenuto dal raddoppio del periodo di esecuzione del programma principale di 50ms eseguendo alternativamente la POU di controllo del motore DC per l'asse orario e per l'asse di declinazione.

La manipolazione della memoria specchio delle uscite coinvolte col controllo dei movimenti veloci avviene alla fine della POU dopo l'elaborazione delle istruzioni specifiche dello stato corrente.

DCMove

Fork

HardCommandHandler

Questa POU rivela lo stato dei comandi manuali del telescopio cioè lo stato dei comandi in consolle e delle pulsantiere dei movimenti veloci e lenti.

Al fine di garantire l'affidabilità dei comandi che controllano i movimenti veloci, i segnali digitali dei pulsanti e degli interruttori sono gestiti tramite due segnali ad onda quadra a 10Hz sfasati di mezzo periodo. Ogni pulsante o interruttore è costituito da un deviatore ai cui contatti normalmente aperto e normalmente chiuso sono collegati i due segnali ad onda quadrata. Il segnale di ritorno, prelevato dal comune, è l'una o l'altra onda a seconda della posizione del pulsante.

L'assenza di un segnale ad onda quadra segnala quindi un guasto nel circuito. I comandi analogici in consolle sono abilitati da un interruttore digitale che garantisce di poterli disabilitare in qualsiasi momento anche in caso di anomalie. Questa POU si occupa della generazione delle onde quadrate e della comparazione del segnale di ritorno per discriminare lo stato dei pulsanti o l'eventuale malfunzionamento.

Per quanto riguarda i comandi dei movimenti lenti, questa POU si limita ad implementare un controllo anti rimbalzo sullo stato dei pulsanti che richiede il perdurare degli ingressi digitali nello stesso stato per almeno due cicli consecutivi di programma prima di registrare un loro cambiamento di stato.

Le variabili di uscita di questa POU riportano lo stato degli ingressi digitali di comando.

Manual

Questa POU, eseguita negli stati *ManualMoving* e *Initialization*, controlla il movimento del telescopio sulla base dei comandi manuali. Nel caso vengano azionati i movimenti veloci, il *Tracking* viene disabilitato e la forcilla dei movimenti fini del Delta viene riportata al centro della sua corsa. Inoltre viene gestito il disinnesto dei freni per liberare gli assi del telescopio, tipicamente per seguire operazioni manuali di bilanciamento, a seguito dell'attivazione dei comandi a chiave denominati "Frizione" presenti sulla consolle.

Questa POU si basa sulle variabili di uscita della POU *HardCommandHandler* che rileva lo stato dei comandi manuali e restituisce una variabile booleana posta al valore TRUE fintanto che sono in corso operazioni concernenti l'azionamento manualmente del telescopio ed è posta a FALSE altrimenti.

SDriverAlfa

Questa POU gestisce i segnali digitali di controllo dei motori a STEP Alfa (Ha) ed è l'unica POU che manipola la memoria specchio delle uscite coinvolte: tutti i moduli che devono comandare questo motore a STEP devono manipolare solo le variabili di ingresso di questa POU.

Questa POU si basa su di una macchina a stati controllata dalla variabile d'uscita *Status* all'interno di un costrutto CASE alla fine della POU. I diversi stati corrispondono alle condizioni di arresto, accelerazione, velocità costante e decelerazione. Il periodo del segnale di controllo del driver STEP, impostato tramite la variabile d'ingresso *TargetPeriod*, viene raggiunto tramite una opportuna rampa di accelerazione o decelerazione. Per semplicità la rampa consiste in un incremento/decremento discreto del periodo ad ogni ciclo di esecuzione e per periodi superiori ad una soglia prefissata non vengono applicate rampe ma direttamente i valori impostati. La manipolazione della memoria specchio avviene solo alla fine della POU dopo l'elaborazione delle istruzioni specifiche dello stato corrente.

Un costrutto IF basato sulla variabile d'ingresso *Stop* precede il costrutto CASE e predispone l'arresto del motore a STEP in caso del valore TRUE della variabile d'ingresso oppure imposta il valore del periodo secondo la variabile *TargetPeriod* purché sia entro limiti ammessi dalle risorse hardware.

Il primo costrutto IF di questa POU è controllato dal risultato dell'espressione booleana (*Tracking AND NonSidTrack*) delle due variabili booleane d'ingresso e permette la gestione dell'inseguimento non siderale del telescopio tramite il costrutto CASE basato sulla variabile d'ingresso *TrkStrategy*. Il valore di questa variabile definisce infatti la strategia d' inseguimento:

- il valore 0 imposta un periodo costante pari alla variabile d'ingresso *uiTrkPrd*;
- il valore 1 continua ad alternare l'impostazione di un periodo pari alla variabile d'ingresso *uiTrkPrd* per un tempo definito dalla variabile d'ingresso *uiTrkSlowT* e un periodo pari a (*uiTrkPrd-1*) per un tempo definito dalla variabile d'ingresso *uiTrkFastT* con lo scopo di ottenere un periodo effettivo intermedio tra *uiTrkPrd* e (*uiTrkPrd-1*) che

non può essere direttamente impostato a causa della discretizzazione degli ingressi della unità slave di controllo del driver STEP;

- il valore 3 impone l'arresto dell'asse.

Il secondo costrutto IF di questa POU è controllato dal risultato dell'espressione booleana (Tracking AND NonSidTrack) delle due variabili booleane d'ingresso e permette la gestione dell'inseguimento siderale del telescopio. Nel caso i valori dei parametri uiSidTrkFastT e uiSidTrkSlowT siano uguali a zero viene impostato un periodo costante pari al parametro uiSPSideral. Nel caso siano diversi da zero viene continuamente alternata l'impostazione di un periodo pari a uiSPSideral per un tempo definito da uiSidTrkSlowT e un periodo pari a (uiSPSideral-1) per un tempo definito da uiSidTrkFastT per ottenere un periodo effettivo intermedio tra uiSPSideral e (uiSPSideral-1) che non può essere direttamente impostato a causa della discretizzazione degli ingressi dalla unità slave di controllo del driver STEP.

Per minimizzare il tempo di calcolo, in queste POU vengono impiegate variabili intere e alcune variabili d'ingresso e/o parametri derivati da quelli fondamentali sono calcolati nella POU TblParCalc durante l'inizializzazione del sistema.

Il periodo di scansione di questa POU di 50ms, pari al periodo di scansione di PLC_PRG, costituisce la base tempi implicita nei calcoli delle rampe di velocità e richiede la esecuzione di questa POU ad ogni ciclo del programma principale.

SDriverDelta

Questa POU gestisce i segnali digitali di controllo dei motori a STEP Delta ed è l'unica POU che manipola la memoria specchio delle uscite coinvolte: tutti i moduli che devono comandare questo motore a STEP devono manipolare solo le variabili di ingresso di questa POU.

Questa POU si basa su di una macchina a stati controllata dalla variabile d'uscita Status all'interno di un costrutto CASE alla fine della POU. I diversi stati corrispondono alle condizioni di arresto, accelerazione, velocità costante e decelerazione. Il periodo del segnale di controllo del driver STEP, impostato tramite la variabile d'ingresso TargetPeriod, viene raggiunto tramite una opportuna rampa di accelerazione o decelerazione. Per semplicità la rampa consiste in un incremento/decremento discreto del periodo ad ogni ciclo di esecuzione e per periodi superiori ad una soglia prefissata non vengono applicate rampe ma direttamente i valori impostati. La manipolazione della memoria specchio avviene solo alla fine della POU dopo l'elaborazione delle istruzioni specifiche dello stato corrente.

Un costrutto IF basato sulla variabile di ingresso Stop precede il costrutto CASE e predispone l'arresto del motore a STEP in caso del valore TRUE della variabile oppure imposta il valore del periodo secondo la variabile TargetPeriod purché sia entro limiti ammessi dalle risorse hardware.

Il primo costrutto IF di questa POU è controllato dal risultato dell'espressione booleana (Tracking AND NonSidTrack) delle due variabili booleane d'ingresso e permette la gestione dell'inseguimento non siderale del telescopio tramite il costrutto CASE basato sulla variabile d'ingresso TrkStrategy. Il valore di questa variabile definisce infatti la strategia d'inseguimento:

- Valore 0: imposta un periodo costante pari alla variabile d'ingresso uiTrkPrd;
- Valore 1: continua ad alternare l'impostazione di un periodo pari alla variabile d'ingresso uiTrkPrd per un tempo definito dalla variabile d'ingresso uiTrkSlowT e un periodo pari a (uiTrkPrd-1) per un tempo definito dalla variabile d'ingresso uiTrkFastT con lo scopo di ottenere un periodo effettivo intermedio tra uiTrkPrd e (uiTrkPrd-1) che non può essere direttamente impostato a causa della discretizzazione degli ingressi della unità slave di controllo del driver STEP;
- Valore 2: per velocità di tracking molto basse, che richiederebbero periodi oltre il massimo impostabile, viene impostato un periodo vicino al limite massimo (6 o 10ms) e vengono impostati anche il numero di STEP da eseguire, tramite la variabile

d'ingresso udiNStep, e la cadenza con la quale questa sequenza di STEP deve essere ripetuta, tramite la dalla variabile d'ingresso udiRepetition; normalmente il valore del numero di STEP è impostato al massimo possibile in modo da ottenere un moto continuo ma solo ed esclusivamente in questo caso è utilizzato per ottenere una velocità media inferiore alla minima possibile; inoltre in questa modalità il motore STEP è alimentato anche durante il fermo tra le ripetizioni delle sequenza di STEP, a differenza di quanto normalmente avviene nello stato di arresto;

Valore 3: impone l'arresto dell'asse.

Nel caso di tracking siderale cioè nel caso l'espressione booleana (Tracking AND NOT NonSidTrack) delle variabili d'ingresso sia TRUE, l'asse di declinazione viene arrestato.

Per minimizzare il tempo di calcolo, in questa POU vengono impiegate variabili intere e alcune variabili d'ingresso e/o parametri derivati da quelli fondamentali sono calcolati nella POU TblParCalc durante l'inizializzazione del sistema.

Il periodo di scansione di questa POU di 50ms, pari al periodo di scansione di PLC_PRG, costituisce la base tempi implicita nei calcoli delle rampe di velocità e richiede la esecuzione di questa POU ad ogni ciclo del programma principale.

StepMove

TablesInit

VelAccChk

Questa POU controlla che velocità e accelerazione del telescopio siano sempre entro i limiti ammessi e che la velocità effettiva sia coerente con quella impostata. In caso contrario il sistema viene arrestato e posto nello stato *Error*.

I valori di velocità e accelerazione vengono filtrati con filtro esponenziale controllato dalle variabili di ingresso diVelFltK1Alpha e diVelFltK2Alpha per l'asse orario e da diVelFltK1Delta, e diVelFltK2Delta per l'asse di declinazione che assumo il ruolo di parametri e vengono inizializzate all'avvio nella POU TblParCalc. In origine i parametri sono stati impostati in modo che il tempo caratteristico del filtro sia pari a 12 cicli cioè 1,2s. Il periodo di esecuzione della POU è infatti di quello di PLC_PRG pari a 50ms ma il controllo è alternato tra l'asse orario e quello di declinazione in modo che il periodo per ogni asse è di 100ms. Il valor istantaneo della velocità, che poi viene filtrato, è calcolato sul tempo effettivamente rilevato e non sul periodo di esecuzione in modo che un ritardo, o un improbabile anticipo, nella esecuzione della POU non infici il valore istantaneo. Solo il filtraggio sarebbe influenzato da un ritardo o anticipo di esecuzione ma difficilmente gli effetti sarebbero rilevanti.

3.2.3 Tabelle del puntamento del telescopio.

Come nel caso di sPLC, i limiti di puntamento del telescopio sono memorizzati in due coppie di tabelle con i valori permessi di Ha in funzione di Delta e viceversa. I valori memorizzati non sono realmente Ha e Delta ma i valori grezzi degli encoder assoluti SSI di questi assi (non è cioè sottratto lo zero delle coordinate e i dati non sono convertiti in angoli). Per ragioni di capienza di memoria, sono memorizzati solo i 2B centrali dei valori a 4B degli encoder SSI: il Byte meno significativo corrisponde ad uno spostamento massimo del telescopio trascurabile (circa 5mm) rispetto al margine con cui sono definiti i limiti di puntamento, mentre il Byte più significativo non cambia mai il suo valore, a condizione che gli encoder sia montati opportunamente (l'incremento del Byte più significativo corrisponderebbe sia sull'asse Ha che Delta a più di 8 giri completi). Le singole tabelle sono archiviate in file nella memoria flash e vengono caricate in memoria all'avvio. I file sono di tipo binario non formattato e sono organizzati in record di 10B: 2B per il valore di

riferimento di Delta (Ha), 2B per il valori di inizio del primo intervallo di Ha (Delta) permesso, 2B per il valore di fine del primo intervallo, 2B per il valori di inizio del secondo intervallo di Ha (Delta) permesso e 2B per il valore di fine del secondo intervallo. I record non sono delimitati da alcun carattere/valore e sono memorizzati consecutivamente l'uno dopo l'altro. Il numero di record (righe) per ogni tabella è costante e pari a 400: nel caso di una tabella di soli n record, i record utilizzati sono quelli da 0 a n mentre i valori di quelli da n a 399 sono posti a 0. Ogni coppia di tabelle rappresenta gli stessi limiti semplicemente l'una in funzione di Delta e l'altra in funzione di Ha. L'utilizzo dei due tipi di tabelle permette di minimizzare il tempo di calcolo necessario per la verifica in tempo reale che la distanza di arresto sia nei due assi rientri all'interno dei limiti consentiti.

La prima delle due coppie di tabelle è intesa per l'uso da parte di un utente normale mentre la seconda da parte di un utente esperto. La prima, la più restrittiva, non permette di puntare oltre 60° di angolo zenitale per non compromettere la qualità ottica del telescopio che ne risentirebbe non solo durante il puntamento stesso, ma anche nelle fasi seguenti. La seconda coppia di tabelle, meno restrittiva, consente di portarsi ad angoli zenitali maggiori.

Lo strumento BFOSC deve SEMPRE essere orientato nella direzione Nord-Sud, cioè con il criostato del rivelatore orientato verso Nord quando il telescopio punta allo Zenit, per poter attivare il puntamento automatico per mezzo dei movimenti veloci. In questo modo viene esclusa la possibilità di una collisione in velocità tra BFOSC e le strutture dell'edificio.

Durante il tracking il pianale mobile deve essere portando nella posizione di parcheggio, come descritto nel manuale d'uso, per evitare collisioni dello strumento BFOSC. La collisione con lo spigolo delle scale sud nel caso lo strumento BFOSC sia ruotato sono controllate dalle piastre sensibili che se attivate interrompono il tracking.

Le tabelle del puntamento permesso sono memorizzate anche sul PC di supervisione e controllo per permettere la visualizzazione della posizione del telescopio rispetto ai limiti ammessi. Solo una tabella, Ha in funzione di DE, è memorizzata per ogni coppia ed il formato dei dati è a 4B. Il nome dei file è "HaStd_PcPuntamento.dat" e "HaExp_PcPuntamento.dat" per le tabelle standard ed esperto rispettivamente.

3.2.4 Altre tabelle di controllo e di registro

Per velocizzare le l'esecuzione del programma al runtime, all'avvio vengono caricate o calcolate le seguenti tabelle coi valori notevoli di alcune grandezze.

3.2.4.i Tabelle degli assorbimenti massimi ammessi per i motori DC

Gli assorbimenti massimi ammessi sono memorizzati in due tabelle, una per l'asse orario e l'altra per quello di declinazione, che vengono caricate nei vettori RefADCDriverAlpha e RefADCDriverDelta durante l'inizializzazione del sistema dai file "A:\CurrentLimitsHA.dat" e "A:\CurrentLimitsD.dat" presenti nella memoria flash di mPLC. I vettori, di tipo byte, hanno un numero di elementi pari al parametro DimTDCDriver (in origine pari a 63) aumentato di una unità e i rispettivi files sono di tipo non formattato. Il numero di elementi di questi vettori è un sottomultiplo di 256 cioè del numero dei possibili valori della variabile di controllo dei motori DC (1Byte). Il limite di corrente corrispondente ad un certo valore della variabile di controllo dei motori è ottenuto indicizzano i vettori con un indice pari al valore della variabile di controllo per il parametro Tinc (in origine pari a 4, cioè a $256/[\text{DimTDCDriver}+1]$). Quando i valori delle correnti superano i limiti imposti per più del numero prefissato di volte (parametro CountErLim) il sistema viene arrestato e posto nello stato *Error*.

3.2.4.ii Registro degli assorbimenti dei motori DC

I valori effettivi delle correnti assorbite dai motori DC, filtrati con filtro esponenziale, sono registrate in due matrici, una per asse, di dimensioni (DimTDCDriver+1)×51 che rappresentano gli istogrammi dei valori rilevati. Dato il valore della variabile di controllo del motore DC e della corrente misurata, il valore dell'elemento di indici [vriabile_controllo/Tinc, (corrente-10)/5] viene incrementato di una unità. Gli elementi di indice [*,50] sono utilizzati come marcatori per verificare l'integrità della memoria ritentiva in cui sono memorizzate queste matrici a causa di problemi noti di affidabilità di questa memoria. Questi istogrammi, i cui valori sono di tipo byte, vengono regolarmente salvati nella scheda di memoria SD su mPLC nei files non formattati di nome "B:\DCdrvAlphaCurLog_XXX.dat" e "B:\DCdrvAlphaCurLog_XXX.dat" dove "XXX" rappresenta un numero incrementale, pari approssimativamente al numero di giorni dal 1 gennaio 2000.

3.2.4.iii Tabelle dei comandi di velocità dei motori DC e relative distanza di arresto.

I comandi di velocità dei driver dei motori DC sono controllati dalle uscite analogiche dell'apposito slave di mPLC a loro volta controllate da due variabili con una dinamica di 8bit. Non tutti i valori possibili vengono utilizzati per il controllo ma solo quelli riportati nei vettori TblVelDCAAlpha e TblVelDCDelta inizializzati nella POU TblParCalc con valori dal minimo (parametro della velocità di arresto senza applicazione di rampe: byvel2stop) al massimo ammesso (parametri delle velocità massime byKvAlpha e byKvDelta) ad intervalli di 10 unità. Per ogni valore di TblVelDCAAlpha viene calcolata la distanza di arresto in step di encoder che viene memorizzata nel vettore TblDistDCAAlpha. Questo vettore è utilizzato durante il puntamento automatico per impostare la velocità di movimento dell'asse orario in base alla distanza dalla destinazione. Infine nel vettore uiTblBndDCAAlpha vengono memorizzate le distanze di arresto moltiplicate 3 e divise per 256. Quest'ultimo vettore è utilizzato nel controllo della velocità in base alla distanza dai limiti di puntamento (POU BoundaryChk): la massima velocità ammessa è quella la cui corrispondente distanza di arresto moltiplicata per 3 è inferiore alla distanza dal limite del puntamento. Il fattore 256 deriva dalla gestione delle tabelle del puntamento con variabili 2B anziché a 4B come i valori degli encoder (per maggiori dettagli si veda il paragrafo 3.2.3). La distanza di arresto definita nel parametro uiSLimDCAAlpha viene associata alla velocità minima non nulla (byvel2stop) in modo che al di sotto di questa distanza dal limite di puntamento non sia possibile azionare il motore DC. Similmente vengono definiti i vettori TblDistDCAAlpha e uiTblBndDCAAlpha in corrispondenza di TblVelDCDelta per l'asse di declinazione.

3.3 Sottosistema di sicurezza (sPLC)

Il controllo di posizione, velocità e accelerazione del telescopio avviene tramite il encoder incrementali A/B collegati al master. All'avvio i valori degli encoder A/B sono inizializzati con quelli correnti degli encoder SSI collegati a mPLC e resi disponibili a sPLC secondo l'interfaccia descritta in 3.7.2.ii .

Il controllo di accelerazione e velocità è eseguito con una cadenza di 0.5 – 1 s (da confermare). La accelerazione massima permessa è definita a priori, mentre la velocità massima permessa dipende dallo stato del sistema (ponting, tracking, idle... disponibile nell'interfaccia descritta nella sezione 3.7.2.ii).

In funzione della velocità del telescopio (v) la distanza di arresto (d) viene calcolata in secondo la seguente formula:

$$\begin{cases} \text{se } v \leq 2v_m & d = v \frac{k_a}{k_j} \\ \text{se } v > 2v_m & d = \frac{3}{2}v \frac{k_a}{k_j} + \frac{1}{2} \frac{(v - 2v_m)^2}{k_a} - v_m \frac{k_a}{k_j} \end{cases} \quad \text{con } v_m = \frac{k_a^2}{2k_j} \text{ e } k_a, k_j \text{ costanti}$$

Questa formula considera un profilo di velocità continuo con derivata prima continua ottenuto imponendo che il Jerk (derivata prima dell'accelerazione) possa assumere solo i valori $(\pm k_j, 0)$ con $k_j = \text{costante} \geq 0$. La costante positiva k_a è l'accelerazione massima ammessa. Questa formula non viene applicata in tempo reale ma è utilizzata per derivare una tabella di 10 voci (da confermare) di d in funzione di v che viene utilizzata al runtime.

Il sistema sPLC controlla che il puntamento del telescopio cada entro i limiti consentiti memorizzati in opportune tabelle (paragrafo 3.3.2).

Il sistema sPLC abilita al funzionamento il mPLC tramite il segnale software di Alarm stop (bit 0 di byFlags in tabella 3.13) posto a 0 e tramite il segnale hardware di uscita (paragrafo 2.3) posto a 1. Questi due segnali ridondanti sono sempre modificati contemporaneamente e coerentemente tra loro da sPLC. Un'ulteriore condizione necessaria per la abilitazione di mPLC è che il codice di allarme (byAlarmCode in tabella 3.13) sia uguale a 1, che è il valore impostato da sPLC, dopo lo start-up, in assenza di anomalie. Inoltre sPLC abilita attraverso le proprie uscite (paragrafo 2.3) le uscite di mPLC che controllano i motori. Nel caso sPLC rilevi qualsiasi anomalia toglie l'abilitazione a mPLC mettendo Alarm Stop a 1 e il segnale hardware a 0, disabilita le uscite di mPLC e assegna ad byAlarmCode un valore maggiore di 1 che definisce il tipo di allarme.

3.3.1 Azioni

1. Dopo una fase di inizializzazione, sPLC abilita il controllo dei motori DC e STEP da parte di mPLC abilitando con le sue uscite le uscite di mPLC, invia a mPLC il segnale digitale hardware di abilitazione (paragrafo 2.3), pone a 0 il segnale software di Alarm Stop (bit 0 di byFlags in tabella 3.13) e pone a 1 il AlarmCode (tabella 3.13 sezione 3.7.2.ii).
2. Controllo dello stato della comunicazione con mPLC tramite il contatore disponibile nell'interfaccia descritta in 3.7.2.ii. Tale contatore viene incrementato di una unità ad ogni nuova scrittura dati. Il ritmo di scrittura prestabilito è di una scrittura ogni 150 ms ed è costante e indipendentemente dallo stato di mPLC. Dalla non osservanza di questo ritmo sPLC può dedurre l'interruzione della comunicazione. In caso di interruzione sPLC toglie l'abilitazione a mPLC (Alarm Stop a 1, abilitazione hardware a 0), disabilita le uscite di mPLC e pone i motori a velocità zero, comandando il circuito con rampa di arresto per i motori DC, e dopo un opportuno periodo di tempo toglie alimentazioni/abilitazioni ai motori DC e STEP. Il relativo codice di allarme è inviato a mPLC (AlarmCode).
3. Su richiesta di mPLC, sPLC pone motori a velocità zero comandando il circuito con rampa di arresto per i motori DC e dopo un opportuno periodo di tempo toglie alimentazioni/abilitazioni ai motori DC e STEP.
4. Controllo della posizione, velocità e accelerazione del telescopio. In base allo stato di mPLC (tracking, pointing...) viene selezionata la velocità massima ammessa. In base alla velocità del telescopio viene controllata che la distanza di arresto tabulata rientri nella zona permessa. Per essere conservativi, il controllo deve essere effettuato non solo per il punto finale di arrivo nel quale il telescopio è previsto fermarsi, ma anche per i 2 percorsi intermedi fissando alfa e delta (a rettangolo). Se qualche parametro non rientra tra i valori permessi sPLC toglie l'abilitazione a mPLC (Alarm Stop a 1, abilitazione hardware a 0), disabilita le uscite di mPLC e pone i motori a velocità zero, comandando il circuito con rampa di arresto per i motori DC, e dopo un opportuno periodo di tempo toglie alimentazioni/abilitazioni ai motori DC e STEP. Opportuni codici di allarme sono inviati a mPLC (AlarmCode).

5. Se viene rilevata una discrepanza tra la posizione del telescopio secondo sPLC e secondo gli encoder SSI (discrepanza nel byte più significativo di un encoder), sPLC toglie l'abilitazione a mPLC (Alarm Stop a 1, abilitazione hardware a 0), disabilita le uscite di mPLC e pone i motori a velocità zero, comandando il circuito con rampa di arresto per i motori DC, dopo un opportuno periodo di tempo toglie alimentazioni/abilitazioni ai motori DC e STEP e invia un opportuno codice di errore a mPLC (AlarmCode).
6. Controllo di coerenza limit switch forcella Delta e direzione impostata di movimento: se incoerente sPLC disabilita motori STEP Delta e abilita un opportuno flag (bit 1 di byFlags, vedi 3.7.2.ii) il valore di AlarmCode rimane a 1 (il sistema non viene bloccato).
7. Da definire: raffinare tecnica di intervento. Velocità reale vs velocità impostata. Per ora non usato. Telescopio sbilanciato il telescopio si muove anche se la velocità è zero, oppure non deve superare certa velocità. In base alla velocità impostata la velocità che devo leggere non deve essere superiore di un certo tot e non superare una velocità limite massima.

3.3.2 Tabelle delle posizioni consentite del telescopio.

Come nel caso di mPLC, i limiti di puntamento del telescopio sono memorizzati in 2 coppie di tabelle dei valori permessi di Ha in funzione di Delta e viceversa. I valori memorizzati non sono realmente Ha e Delta ma i valori grezzi degli encoder assoluti di questi assi (non è cioè sottratto l'offset dello zero delle coordinate e i dati non sono convertiti in angoli). Per ragioni di capienza di memoria sono memorizzati solo i 2B centrali dei valori a 4B restituiti dagli encoder SSI: il Byte meno significativo corrisponde ad uno spostamento massimo del telescopio trascurabile (circa 5mm) rispetto al margine con cui saranno definiti i limiti di puntamento (alcuni cm), mentre il Byte più significativo non cambia mai il suo valore, a condizione che gli encoder siano montati opportunamente (l'incremento del Byte più significativo corrisponderebbe a 2^{24} conteggi che corrispondono sia sull'asse Ha che Delta a più di 8 giri del telescopio). Ogni record delle tabelle è di 10B: 2B per il valore di riferimento di Delta (Ha), 4B per i valori di inizio e di fine del primo intervallo di Ha (Delta) permesso, 4B per i valori di inizio e di fine del secondo intervallo di Ha (Delta) permesso. Il numero record (righe) per ogni tabella è costante e pari a 400 (da confermare): nel caso di una tabella reale più corta, i record utilizzati sono quelli da 0 a n mentre i dati di quelli da n a 399 sono posti a 0. Ogni coppia di tabelle rappresenta gli stessi limiti semplicemente l'una in funzione di Delta e l'altra in funzione di Ha. Questo permette di minimizzare il tempo di calcolo necessario per verificare che la distanza di arresto necessaria sia in Delta che in Ha rientri all'interno dei limiti consentiti.

Le due coppie di tabelle sono intese per l'uso da parte di un utente normale l'una e un utente esperto l'altra: la prima ha limiti più restrittivi e esclude con ampio margine, almeno sotto certe condizioni, collisioni non solo del telescopio ma anche della strumentazione con le strutture dell'edificio, la seconda è intesa per l'utilizzo da parte di utenti esperti per puntamenti limite e in generale garantirà solo la non collisione del telescopio. La strategia di applicazione delle tabelle è ancora da definire in quanto all'inizio i movimenti veloci potranno essere comandati solo manualmente (da confermare).

3.4 Sottosistema di comunicazione (cPLC)

3.4.1 Dati di sistema

Nell'area di memoria X di cPLC sono riservati gli 8 blocchi di 24B lo scambio dei dati necessari ai fini di supervisione e controllo tra mPLC, dPLC e il PC di controllo. Nel paragrafo 3.6 sono

illustrate le interfacce e i protocolli di comunicazione tra i vari sottosistemi. I dati contenuti nei diversi blocchi di memoria, dettagliati nelle tabelle di seguito, riguardano:

- blocco 1: stato del telescopio: dati controllati da mPLC e letti dal PC a da dPLC;
- blocco 2: stato dei motori: dati controllati da mPLC e letti dal PC a da dPLC;
- blocco 3: stato sistemi ausiliari (fuoco e cupola): dati controllati da cPLC e letti dal PC a da dPLC;
- blocco 4: comando dei sistemi ausiliari (fuoco, cupola copertura a petali dello specchio primario): dati controllati dal PC e letti da cPLC (vedi parafo 3.9 per il loro uso);
- blocco 5: comando principale del telescopio: dati controllati dal PC e letti da mPLC (vedi parafo 3.9 per il loro uso) eccetto parametri "Reserved" ai Byte 20 e 21 controllati da cPLC e letti da mPLC;
- blocco 6: parametri di controllo della movimentazione del telescopio (parte 1):: dati controllati manualmente tramite accesso alla memoria di cPLC, o tramite dPLC o tramite apposita applicazione sul PC (da confermare) e letti da mPLC, da dPLC e dal PC;
- blocco 7: parametri di controllo della movimentazione del telescopio (parte 2): dati controllati manualmente tramite accesso alla memoria di cPLC, o tramite dPLC o tramite apposita applicazione sul PC (da confermare) e letti da mPLC, da dPLC e dal PC;
- blocco 8: parametri di conversione degli encoder assoluti: dati controllati manualmente tramite accesso alla memoria di cPLC, o tramite dPLC o tramite apposita applicazione sul PC (da confermare) e letti dal PC;
- blocco 9: output generico di dati da mPLC a cPLC per funzioni di debug attivabile e modificabile all'occorrenza;
- blocco 10: output generico di dati da mPLC a cPLC per funzioni di debug attivabile e modificabile all'occorrenza;
- blocco 11: parametri di controllo della movimentazione del telescopio (parte 3): dati controllati manualmente tramite accesso alla memoria di cPLC, o tramite dPLC o tramite apposita applicazione sul PC (da confermare) e letti da mPLC, da dPLC e dal PC.

Tabella 3.2 Blocco di memoria 1: dati principali (Plc -> pc)
Indirizzi memoria X 0 -> 23 – Indirizzi ModBus 0 -> 11

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
diHrAngle	4B	0	Telescope Hour Angle in absolute encoder count
diDelta	4B	4	Telescope Declination in absolute encoder value
Hour	1B	8	Hour of the telescope coordinates
Minute	1B	9	Minute of the telescope coordinates
Second	1B	10	Second of the telescope coordinates
TimeCor	1B	11	Correction of the telescope coordinates time in tenth of Second
bySysStat	1B	12	System Status
bySubSysStat	1B	13	Sub System Status
bySub2SysStat	1B	14	Sub Sub System Status
bySysAlarm	1B	15	System Alarm(s) Status (1=ok)
wSysFlags-mPLC	2B	16	Flags of the mPLC: <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: non-sidereal tracking: when true (1) NON-sidereal tracking is set – bit 1: Tracking On: when TRUE (1) the telescope is tracking – bit 2: Delta Fork end of travel North when true (1) end-travel reached – bit 3: Delta Fork end of travel South when true (1) end-travel reached – bit 4: Delta Fork centered when true (1) fork is centred – bit 5: Step motors paddle velocity selector 0 = slow, 1 = fast – bit 6: ManualMov when true (1) the telescope movement is manually controlled – bit 7: ClkGPS when true (1) the PLC clock is synchronized with GPS – bit 8: Monitor of the manipulated flag of the air pressure in the telescope pneumatic system 1 = ok, 0= low – bit 9: Flag monitoring the sensed status of the DC motor power supply: 1 = tension present , 0 = no tension; – bit 10: Flag monitoring the sensed status of the clutches, brakes and stators motor power supply: 1 = tension present, 0 = no tension; – bit 11: Flag monitoring the sensed status of the Step motor power supply: 1 = tension present , 0 = no tension; – bit 12: Flag monitoring the sensed status of the telescope services power supply: 1 = tension present , 0 = no tension; – bit 13: Flag of instrument (BFOSC) positioned in nominal orientation North-South (1= North-South); – bit 14: Expert User (1= Expert User, 0= Standard User); – bit 15:
wSysFlags-sPLC	2B	18	Flags received from sPLC through slave 10 DPS1b <ul style="list-style-type: none"> – bit 0:

			<ul style="list-style-type: none"> – bit 1: – bit 2: – bit 3: – bit 4: – bit 5: – bit 6: – bit 7: – bit 8: – bit 9: – bit 10: – bit 11: – bit 12: – bit 13: – bit 14: – bit 15:
byTimeDateMonth	1B	20	mPLC clock Month – NOT reliable: never synchronized with GPS!
byTimeDateDay	1B	21	mPLC clock Day - NOT reliable: never synchronized with GPS!
wSysFlags-cPLC	2B	22	<p>Flags of the cPLC</p> <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: Primary Mirror shutter open (0=not open, 1=open) – bit 1: Primary Mirror shutter closed (0=not closed, 1=closed) – bit 2: Remote/automatic fast movement enabling (0=disabled, 1=enabled) – bit 3: Dome access door 1 (0=open, 1=closed) – bit 4: Dome access door 2(0=open, 1=closed) – bit 5: Dome access door 3(0=open, 1=closed) – bit 6: Dome access door 4(0=open, 1=closed) – bit 7: Mobile platform safe Parking (0=out of position, 1=in position) – bit 8: active user interface (0=PC, 1= dPLC) – bit 9: dome rotation enabling (0=disabled, 1=enabled) i.e. balcony access check. – bit 10: hatch powering: dome sockets INSERTED or NOT POWERED – bit 11: free – bit 12: dome inverter 1 or 2 ERROR(s) – bit 13: power failure of the system that enable the dome rotation and hatch opening – bit 14: Dome rotation manual commands activated – bit 15: Calibration lamp Inserted

Tabella 3.3 Blocco di memoria 2: dati motori (Plc -> pc)
Indirizzi memoria X 24 -> 47 – Indirizzi ModBus 12 -> 23

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
byDCFlagsAlfa	1B	0	Flags DC driver Alfa: – bit 0: enable (1:= enable) – bit 1: direction – bit 2: brake (1:= disengaged) – bit 3: clutch (1:= engaged) – bit 4: driver ok (1:= driver ok) – bit 5: – bit 6: – bit 7:
byDCVelAlfa	1B	1	Current velocity command to DC driver Alfa
byDCFlagsDelta	1B	2	Flags DC driver Delta: – bit 0: enable (1:= enable) – bit 1: direction – bit 2: brake (1:= disengaged) – bit 3: clutch (1:= engaged) – bit 4: driver ok (1:= driver ok) – bit 5: – bit 6: – bit 7:
byDCVelDelta	1B	4	Current velocity command to DC driver Delta
bySFlagsALFA	1B	4	Flags Step motor Alfa – bit 0:enable – bit 1:direction – bit 2: go – bit 3: – bit 4: – bit 5: – bit 6: – bit 7:
bySFlagsDelta	1B	5	Flags Step motor Delta: – bit 0:enable – bit 1:direction – bit 2: go – bit 3: – bit 4: – bit 5: – bit 6: – bit 7:
byDCVoltAlfa	1B	6	Motor tension monitor from DC driver Alfa
byDCCurAlfa	1B	7	Motor current monitor from DC driver Alfa
byDCVoltDelta	1B	8	Motor tension monitor from DC driver Delta
byDCCurDelta	1B	9	Motor current monitor from DC driver Delta
wSPeriodAlfa	2B	10	Period Step motor Alfa

wSPeriodDelta	2B	12	Period Step motor Delta
byMaxSVelAlfaP	1B	14	Alfa Maximum positive velocity allowed according with safety checks
byMaxSVelAlfaN	1B	15	Alfa Maximum negative velocity allowed according with safety checks
byMaxSVelDeltaP	1B	16	Delta Maximum positive velocity allowed according with safety checks
byMaxSVelDeltaN	1B	17	Delta Maximum negative velocity allowed according with safety checks
byiCltBrkEn	1B	18	Input signals for clutch, brake and stator status (Alfa and Delta) <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: Delta brake status monitor 1= tension present* – bit 1: Delta clutch status monitor 1 = tension present – bit 2: Alfa brake status monitor 1= tension present – bit 3: Alfa clutch status monitor 1 = tension present – bit 4: DC motor Alfa: stator status monitor 1= tension present – bit 5: DC motor Delta: stator status monitor 1= tension present – bit 6: – bit 7:
byiDCFlags	1B	19	Flags DC motors: <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: Air Pressure gauge 1 = ok, 0 = low – bit 1: Dc Drivers Power Supply status (1 = ok) – bit 2: DC Motor Alfa direction monitor – sensed by current direction – bit 3: DC Motor Delta direction monitor – sensed by current direction – bit 4: – bit 5: – bit 6:
ByOldSysStat	1B	20	System status at the previous cycle
ByProcSysStat	1B	21	System status at the current cycle
	2B	22	Empty

Tabella 3.4 Blocco di memoria 3: dati ausiliari (Plc -> pc)
Indirizzi memoria X 48 -> 71 – Indirizzi ModBus 24 -> 35

VARIABLE	DATA TYPE	OFFSET	DESCRIPTION
xdiFcs	4B	0	Telescope focus (current position of the secondary mirror) Signed
xbyDmPos	1B	4	Dome position
Dummy	1B	5	Dummy to complete the “Dome position” word
wDmHatchFlags	2B	6	Dome hatch flags: <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: Communication established with Hatch control system (communication OK) – bit 1: Hatch control system ERROR (hPLC ERROR) – bit 2: Hatch CLOSED (1= closed, 0= NOT closed) – bit 3: Hatch OPEN (1= open, 0= NOT open) – bit 4: Low pressure hydraulic system – bit 5: Battery low charge – bit 6: Battery full charge – bit 7: Open and Hydraulic pump working – bit 8: Closing Interlock active – bit 9: Trolley bar powered – bit 10: – bit 11: – bit 12: – bit 13: – bit 14: – bit 15: Opening command signal sent to hPLC (after a timeout of 30s seconds without this signal, hPLC closes the dome hatch)
byDomeLight	1B	8	Currently set Dome light level (dimmer)
Dummy	1B	9	Dummy always = 0 to complete the “Dome light” word
	1B	10	Free
	Free
	1B	23	Free

Tabella 3.5 Blocco di memoria 4: comandi ausiliari (pc -> Plc)
Indirizzi memoria X 72 -> 95 – Indirizzi ModBus 36 -> 47

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
bycPLCCommandCode	1B	0	Command code: command to be executed (see tabella 3.25)
bycPLCCommandCodeCounter	1B	1	Command counter incremented by 1 at each new command and always $\neq 0$ (with 0 the command is ignored)
dwFocusToSet	4B	2	Focus set point to be applied
xbyDomePosToSet	1B	6	Position which the dome has to be moved to
Dummy	1B	7	Dummy to complete the “Dome position” word
xbyDmLight2Set	1B	8	Dome light level to set (dimmer)
Dummy	1B	9	Dummy always = 0 to complete the “Dome light” word
	1B	10	Free
	Free
	1B	23	Free

Tabella 3.6 Blocco di memoria 5: comandi moto telescopio (pc -> Plc)
Indirizzi memoria X 96 -> 119 – Indirizzi ModBus AMMESSI 48 -> 57 (totali 48->59)

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
diHrAnglePoint	4B	0	Telescope Hour Angle to point in absolute encoder count
diDeltaPoint	4B	4	Telescope Declination to point in absolute encoder value
byHourPoint	1B	8	Hour of the coordinates to point
byMinutePoint	1B	9	Minute of the coordinates to point
bySecondPoint	1B	10	Second of the coordinates to point
byTenthSecPoint	1B	11	Tenth of second of the coordinates to point
byCommandCode	1B	12	Command code: command to be executed
byCommandCounter	1B	13	Command counter incremented by 1 at each new command and always $\neq 0$ (with 0 the command is ignored)
diObjPrpMtnAlpha	4B	14	Target object proper motion <u>multiplied by $1./\cos(\delta)$</u> for Alpha (Ha) axis in "/hour (signed) !!!!!!!!WARNING !!!!!!! It MUST BE: -100000 < diObjPrpMtnAlpha < 10000
diObjPrpMtnDelta	4B	18	Target object proper motion for Delta axis in "/hour (signed) !!!!!!!!WARNING !!!!!!! It MUST BE: -100000 < diObjPrpMtnDelta < 100000
	2B	22	Empty

Tabella 3.7 Blocco di memoria 6: parametri (cPlc -> mPLC, cPlc -> pc)
Indirizzi memoria X 120 -> 143 – Indirizzi ModBus 60 -> 71

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
byKaAlfa	1B	0	DC Motors, Alfa Maximum acceleration allowed
byKjAlfa	1B	1	DC Motors, Alfa Allowed jerk values: 0, +kj, -kj
byKvAlfa	1B	2	DC Motors, Alfa Maximum velocity allowed
byKaDelta	1B	3	DC Motors, Delta Maximum acceleration allowed
byKjDelta	1B	4	DC Motors, Delta Allowed jerk values: 0, +kj, -kj
byKvDelta	1B	5	DC Motors, Delta Maximum velocity allowed
byKamin	1B	6	DC Motors, Minimum acceleration approaching target velocity
byVel2stop	1B	7	DC Motors, Limit velocity to stop without ramp
wSPSideral	2B	8	Default step motor period to track sky
diDCTargetDist	4B	10	Distance from the target coordinate, in encoder step, at which DC motor are disengaged
wSKa	2B	14	Step Motor period increment during ramp
wSPerNoRamp	2B	16	Step Motor: limit period above which ramp is not applied
uiSidTrkSlowT	2B	18	Time interval in tenth of second during which the base sideral tracking period is applied. In case of constant period this param has to be set to 0
uiSidTrkFastT	2B	20	Time interval in tenth of second during which the applied tracking period is (SideralBasePeriod - 1). In case of constant period this param has to be set to 0
	2B	22	Empty

Tabella 3.8 Blocco di memoria 7: parametri (cPlc -> mPLC, cPlc -> pc)
Indirizzi memoria X 144 -> 167 – Indirizzi ModBus 72 -> 83

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
byDCVoltAlfaLimAcc	1B	0	Limit for difference between velocity set and command sent to the driver during acceleration for Alfa axis
byDCVoltAlfaLim	1B	1	Limit for difference between velocity set and command sent to the driver at constant velocity for Alfa axis
byDCVoltDeltaLimAcc	1B	2	Limit for difference between velocity set and command sent to the driver during acceleration for Delta axis
byDCVoltDeltaLim	1B	3	Limit for difference between velocity set and command sent to the driver at constant velocity for Delta axis
byCurFltK1Alfa	1B	4	Motor current weighting coefficient 1 for Alpha axis. The motor current filter is exponential ($1/T \cdot \exp(-(t/T))$) and diCurFltK1 it is to the new value: it is the value of the normalized exponential at t=0 multiplied by 100, i.e. $1/T \cdot 100$
byCurFltK2Alfa	1B	5	Motor current weighting coefficient 2 for Alpha axis. The motor current filter is exponential ($1/T \cdot \exp(-(t/T))$) and diCurFltK2 it is applied to the integral of old values: it is $\exp(-(1/T)) \cdot 100$
byCurFltK1Delta	1B	6	Motor current weighting coefficient 1 for Delta axis. The motor current filter is exponential ($1/T \cdot \exp(-(t/T))$) and diCurFltK1 it is to the new value: it is the value of the normalized exponential at t=0 multiplied by 100, i.e. $1/T \cdot 100$
byCurFltK2Delta	1B	7	Motor current weighting coefficient 2 for Delta axis. The motor current filter is exponential ($1/T \cdot \exp(-(t/T))$) and diCurFltK2 it is applied to the integral of old values: it is $\exp(-(1/T)) \cdot 100$
byDCPaddleSlow	1B	8	Fast movements paddle – DC motors – low velocity
byDCPaddleFast	1B	9	Fast movements paddle – DC motors – high velocity
wSPaddleSlow	2B	10	Slow movements paddle – Step motors – long period → low velocity
wSPaddleFast	2B	12	Slow movements paddle – Step motors – short period → high velocity
uiSLimDCAlfa	2B	14	Alfa axis security control: limit distance in encoder step approaching boundary of movement area using DC movements. Below this limit DC motor can't be used
uiSLimDCDelta	2B	16	Delta axis security control: limit distance in encoder step approaching boundary of movement area using DC movements. Below this limit DC motor can't be used
byHaltChkDelay	1B	18	Delay, in seconds, used in velocity check during fast halting (emergency halting) DC motors in DcDriver POU
byDcDelay	1B	19	Delay time inside DcDriver expressed in number of program cycles
CountErLim	1B	20	Number of errors internally detected after which an error signal is issued by the DcDriver
byVel2stopOpt4	1B	21	Limit velocity to stop without ramp with the option 4 of DC driver: NO control of jerk and acceleration

	2B	22	Empty
--	----	----	-------

**Tabella 3.9 Blocco di memoria 8: parametri (cPlc -> pc)
Indirizzi memoria X 168 -> 191 – Indirizzi ModBus 84 -> 95**

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
dwEncGainAlfa	4B	0	Encoder step on sky (°/step) Alfa
dwGainDecimalAlfa	2B	4	Number of decimal digit in dwEncGainAlfa
dwEncGainDelta	4B	6	Encoder step on sky (°/step) Delta
dwGainDecimalDelta	2B	10	Number of decimal digit in dwEncGainDelta
dwOffsetHourAngle	4B	12	Value of the Hour Angle encoder for Hour Angle = 0
dwOffsetDelta	4B	16	Value of the Delta encoder for Delta = 0

**Tabella 3.10 Blocco di memoria 11: parametri (cPlc -> mPLC, cPlc -> pc)
Indirizzi memoria X 240 -> 263 – Indirizzi ModBus 120 -> 131**

VARIABLE	DATA TYPE	OFF SET	DESCRIPTION
iSReferenceDist	2B	0	Pointing: targhet distance appoaching target at which the slow motion velocity (step motors) changes from high to low
iMinDistDCMove	2B	2	Minimum target distance below which the telescope is offest before pointing it MUST be > diDCTargetDist
CntGn2sPLCAAlpha	1B	4	This is about CoutGainAlpha with some margin and it is used to compute $CntGn2sPLCAAlpha * byKvAlpha$ as the maximum velocity allowed and it is compared with the velocity measured. It is properly initialized at startup into input var of VelAccChk POU. This parameter is also sent to sPLC that carries out the same computation to obtain the upper limit for the velocity measured by means of its encoders. sPLC uses this parameters to compute the maximum acceleration also, see below
CntGn2sPLCDelta	1B	5	This is about CoutGainDelta some margin and it is used to compute $CntGn2sPLCDelta * byKvDelta$ as the maximum velocity allowed and it is compared with the velocity measured. It is properly initialized at startup into input var of VelAccChk POU. This parameter is also sent to sPLC that carries out the same computation to obtain the upper limit for the velocity measured by means of its encoders. sPLC uses this parameters to compute the maximum acceleration also, see below
CntGnAccAlpha	1B	6	his is about CoutGainAlpha with some margin and it is used to compute $CntGnAccAlpha * byKaAlpha$ as the maximum acceleration allowed that is compared with the measured value. It is properly initialized at startup into input var of VelAccChk POU.
CntGnAccDelta	1B	7	This is about CoutGainDelta with some margin and it is used to compute $CntGnAccAlpha * byKaDelta$ as the maximum acceleration allowed that is compared with the measured value. It is properly initialized at startup into input var of VelAccChk POU.
byKaMultiplier	1B	8	This is used to compute $byKaAlpha * byKaMultiplier$ which is passed to sPLC as acceleration limit. sPLC compute the acceleration limit as $(byKaAlpha * byKaMultiplier) * CntGn2sPLCAAlpha$ for the Alpha axis where $(byKaAlpha * byKaMultiplier)$ is passed by mPLC. For the Delta axis it is $(byKaDelta * byKaMultiplier) * CntGn2sPLCDelta$.
byVTolAlpha	1B	9	Alpha Velocity tollerance /100 used into velocity check of Alpha axis, properly initialized at startup into input var of VelAccChk POU
byVTolDelta	1B	10	Delta Velocity tollerance /100 used into velocity check of Delta axis, properly initialized at startup into input var of VelAccChk POU

byDummyInput411	1B	11	Free
....		...	Free
byDummyInput403	1B	19	Free
byMemI4Flags	1B	20	4th Input memory block flags: <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: disable DC motor Current Log writing on the SD card (1= write disabled, 0= write enabled) – bit 1: – bit 2: – bit 3: – bit 4: – bit 5: – bit 6: – bit 7: – bit 8: – bit 9: – bit 10: – bit 11: – bit 12: – bit 13: – bit 14: – bit 15:
byDummyInput401	1B	21	Free
	2B	22	Empty

3.5 Sottosistema di controllo del portellone della cupola (hPLC)

Questo sottosistema è dedicato alla supervisione e controllo dell'apertura e della chiusura del portellone della cupola secondo i comandi ricevuti da cPLC. I comandi sono veicolati tramite uno dei quattro canali digitali di comunicazione implementati per mezzo del collegamento wireless (paragrafi 2.5 e 3.7.2.iv). L'unica operazione che il master hPLC può e deve intraprendere autonomamente è la chiusura del portellone nel caso venga perso il segnale di controllo da cPLC. Nel caso, quindi, di una interruzione del funzionamento degli altri sottosistemi, ed in particolare di cPLC, il portellone della cupola verrebbe chiuso da hPLC a protezione del telescopio. Grazie alla alimentazione a batterie e alla riserva di energia dell'accumulatore idraulico (paragrafo 2.5), questa azione di sicurezza è efficace anche nel caso di mancanza improvvisa della alimentazione elettrica di rete. Il sottosistema hPLC controlla, quindi, continuamente lo stato del segnale di comando da cPLC per verificare la presenza del comando per mantenere il portellone aperto che è codificato come una onda quadrata con semiperiodo di 8 secondi. Se il segnale non commuta per 30 secondi (TimeOut), il master hPLC chiude il portellone della cupola. Il semiperiodo dell'onda quadrata del comando di apertura è quasi quattro volte più breve del TimeOut in modo da garantire che la cupola non si chiuda inopportuno a causa di isolati errori di comunicazione. La chiusura immediata del portellone può invece essere comandata da cPLC commutando il segnale con semiperiodo di 2 secondi: in caso di peggioramento improvviso delle condizioni meteo, in particolare in caso di pioggia, il portellone può essere chiuso rapidamente grazie e a questo comando.

Se durante la chiusura comandata dall'operatore vengono attivati i bordi anti-schiacciamento, hPLC disattiva la chiusura come funzione di interblocco: anche se i bordi anti-schiacciamento

vengono disattivati, la chiusura del portellone non viene ripresa automaticamente. L'unico modo per riattivare da remoto la chiusura, è quello di:

1. attivare il comando di apertura (indipendentemente dal fatto che cupola si possa realmente aprire in quanto, in generale, mancherà l'alimentazione trifase alla cupola);
2. attendere circa 50s per l'esaurirsi del timer collegato al precedente comando di chiusura;
3. riattivare il comando di chiusura.

Solo nel caso in cui i bordi anti-schiacciamento fossero attivati durante una chiusura a seguito della mancanza di attività del segnale di comando da cPLC (Timeout), hPLC tenterà automaticamente di disattivare l'interblocco per due volte a distanza di 10s, cioè riattiverà automaticamente la chiusura. Se in entrambi i tentativi i bordi anti-schiacciamento risultassero ancora attivi, l'interblocco sarebbe attivato definitivamente e potrebbe essere sbloccato da remoto solo come descritto sopra. Questi tentativi assicurano che in caso di una chiusura di emergenza attivata dalla perdita di connessione col resto del sistema, il portellone non rimanga aperto a causa di una interferenza meccanica transitoria.

In caso di attivazione dell'interblocco di chiusura è comunque sempre possibile commutare sul comando manuale del portellone e procedere alla chiusura manuale una volta rimossa la causa dell'attivazione dei bordi anti-schiacciamento.

Gli altri tre canali digitali di comunicazione sono utilizzati per inviare le seguenti informazioni a cPLC (paragrafo 3.7.2.iv):

- portellone chiuso;
- portellone aperto;
- pompa dell'impianto idraulico in funzione;
- batterie di alimentazione scariche;
- batterie di alimentazione completamente cariche;
- pressione bassa dell'impianto idraulico (accumulatore scarico);
- interblocco di chiusura attivato dai bordi anti-schiacciamento;
- sistema hPLC correttamente funzionante.

Il stato chiuso del portellone è desunto direttamente degli interruttori di finecorsa, senza l'elaborazione da parte del master hPLC, in quanto l'affidabilità di questa informazione è cruciale per la salvaguardia del telescopio, specialmente in caso maltempo.

L'informazione della pompa del sistema idraulico in funzione potrà essere utile in futuro se sarà installato un sistema a contatti striscianti per l'alimentazione trifase della pompa. Per motivi di sicurezza, infatti, è molto probabile che tale sistema sarà in tensione solo quando necessario per ricaricare l'accumulatore idraulico. Questo accadrebbe durante l'apertura del portellone e quando la pressione scendesse al di sotto della soglia minima necessaria per garantire la capacità di chiusura. L'informazione della pompa in funzione permetterebbe di alimentare i contatti striscianti solo per il tempo strettamente necessario e permetterebbe di ritornare alle attività osservative non appena la ricarica fosse completata, cioè non appena la pompa si arrestasse.

Le informazioni riguardanti lo stato delle batterie e del sistema idraulico sono trasmesse sul canale digitale n.4 tramite segnali ad onda quadrata, cioè caratterizzati dal periodo di commutazione e non dallo stato alto o basso del segnale (segnale modulato). In assenza di notifiche, su questo canale è trasmesso continuamente un segnale con semiperiodo di 22 secondi che indica il normale funzionamento di hPLC (segnale "OK"): l'assenza di un segnale variabile nel tempo su questo canale indica un malfunzionamento del sottosistema. L'eventuale malfunzionamento può riguardare anche i componenti hardware e software della unità master hPLC supervisionata dal sistema di autodiagnosi e dal il watch-dog interno.

3.5.1 Programmazione del master hPLC

Il master del sottosistema hPLC è costituito da una logica programmabile modello SR2B122BD della famiglia Zelio di Schneider Electric. Questa logica può essere programmata in linguaggio Ladder o in linguaggio a Blocchi Funzionali tramite l'ambiente di sviluppo proprietario reperibile tra gli allegati del presente documento. Lo scaricamento del programma dal PC alla logica richiede l'uso del cavetto di interfaccia: durante lo sviluppo è stato utilizzato il modello SR2CBL01 di Schneider Electric con interfaccia RS232 dal lato del PC. L'applicativo è stato realizzato nel linguaggio grafico a Blocchi Funzionali ed è mostrato in figura 3.5.1, in figura 3.5.2 e in figura 3.5.3.

Tutti gli ingressi digitali della logica sono filtrati, via software, con una base tempi di circa 0,6s ad eccezione dell'ingresso I4 che serve per verificare lo stato dei bordi anti-schiacciamento ed è filtrato con un periodo di circa 0,2s.

Il segnale di comando da cPLC, collegato all'ingresso I1 (figura 3.5.2 in alto a sinistra), è convertito in singoli impulsi in corrispondenza dei cambiamenti di stato dal modulo B04 collegato subito dopo l'ingresso. Il modulo B15 è un timer di 5s per il riconoscimento del comando di chiusura: se il segnale d'ingresso commuta nuovamente entro questo lasso di tempo, il modulo B65 viene attivato e il segnale alto all'uscita di B67 comanda la chiusura del portellone. Il componente B07 è invece responsabile della chiusura in assenza del segnale di comando da cPLC: se il segnale di ingresso non commuta nuovamente entro 30s dall'ultima commutazione, l'uscita del modulo assume il valore alto e comanda la chiusura. Se è attivo uno dei due comandi di chiusura, l'uscita del modulo B26 è alta e comanda la chiusura tramite il modulo B20. Il modulo B28, che comanda l'apertura, è controllato da una versione invertita del segnale in uscita da B26: il comando di apertura è ottenuto semplicemente dalla inversione di quello di chiusura. Il modulo B153 introduce un ritardo di 6S sul fronte di discesa in modo da discriminare se la transizione sull'ingresso I1 è legata ad un comando di chiusura o di apertura.

Il modulo B13 è un timer che disabilita le uscite per i primi 50s dall'accensione della logica in modo che l'operatore abbia il tempo di passare al controllo remoto del portellone dopo averlo aperto manualmente. Inoltre, in questo lasso di tempo i timer B07 e B65 si portano nello stato operativo. I moduli "Display" come B75 hanno la sola funzione di mostrare messaggi sul display della logica.

Tramite il modulo B20, il comando di chiusura è inibito dal segnale di "portellone chiuso" collegato all'ingresso I2. Questo segnale è ritardato di 3s (modulo B21) per assicurare i due battenti del portellone siano ben accostati l'uno contro l'altro prima di interrompere la spinta del sistema idraulico. Inoltre un timer (B36) impedisce che l'uscita Q1, che comanda l'elettrovalvola di chiusura, permanga più di 5 minuti nello stato attivo. La chiusura del portellone, infatti, non impiega più di alcune decine di secondi: un protrarsi a lungo indica un malfunzionamento non destinato a risolversi spontaneamente e se l'elettrovalvola rimanesse alimentata indefinitamente rischierebbe di danneggiarsi. Sull'uscita Q2, che comanda l'elettrovalvola di apertura, vige una funzione uguale (B35) ma con un tempo d'intervento pari a 10 minuti per tener conto dei tempi morti dovuti alla ricarica dell'accumulatore idraulico. L'apertura, infatti, viene sospesa quando la pressione diventa troppo bassa per garantire la capacità di chiudere il portellone e viene ripresa solo dopo che la poma, che si attiva automaticamente, avrà riportato l'accumulatore alla pressione massima ammessa. In questo modo si ha la garanzia che quando il portellone sarà completamente aperto, l'accumulatore avrà carica sufficiente per garantire la capacità di chiusura anche se la pompa non è alimentata. Infine i segnali di portellone aperto, ingresso I3, pressione idraulica bassa, ingresso IE, e di tensione della batteria bassa, inibiscono il comando di apertura attraverso il modulo B124.

Il Fip-Flop B150 svolge la funzione di interblocco della chiusura agendo sul modulo B20 quando vengono attivati i bordi anti-schiacciamento. Lo stato dei bordi anti-schiacciamento è rivelato

quando l'uscita che comanda la chiusura (Q1) è attiva: se il teleruttore che pilota l'elettrovalvola è disattivato (ingresso I4) significa che i bordi sono premuti e quindi il Flip_flop viene attivato. Il reset dell'interblocco avviene tramite il modulo B154 quando viene ricevuto il comando di apertura o quando avviene il reset automatico. Nel caso, infatti, la chiusura avvenisse a seguito della mancanza di attività del segnale di comando (modulo B07 attivo) e si attivasse l'interblocco, il modulo B159 attiverebbe il reset automatico costituito dal modulo B163 che genera un segnale con ritardo di 10s e dal contatore B157 che abilita un massimo di due tentativi di reset tramite il modulo B165.

Quando l'uscita Q2 è attiva, l'ingresso IC (figura 3.5.3) assume il valore basso se la pompa del sistema idraulico è attiva oppure quello alto se la pompa non è attiva. Se l'uscita Q2 non è attiva l'ingresso IC è privo di significato. Se il portellone è completamente aperto, l'uscita Q2 può essere mantenuta attiva per rivelare lo stato della pompa senza danneggiare il sistema idraulico in quanto l'interruttore di finecorsa interrompe il collegamento verso l'elettrovalvola di comando. Il modulo B93 assicura che l'uscita Q2 sia attiva, con questo scopo, solo se il portellone è aperto (ingresso I3), se non è attiva la chiusura e se è attivo il modulo B139. Questo Fip-Flop viene attivato nelle condizioni che attivano la pompa stessa cioè quando è presente l'alimentazione trifase, ingresso ID, e il segnale di bassa pressione idraulica è attivo, ingresso I4. Per semplicità costruttiva l'ingresso ID rivela la presenza soltanto di una delle fasi che abilitano la pompa tramite un relè con bobina a 230Vac. Il Fip-Flop B139 si disattiva in assenza dell'alimentazione a 230Vac o quando la pompa si arresta, ingresso IC. Il modulo B144 garantisce che l'attivazione dell'uscita Q2 non permanga per più di 15 minuti onde evitare di danneggiare il contattore di comando dell'elettrovalvola nel caso in cui le batterie fossero sotto carica e fornissero una tensione superiore ai 26,4Vdc nominali del contattore. In generale, lo stato alto del modulo B93 corrisponde allo stato di portellone aperto e pompa attiva ma potrebbe non corrispondere in quanto il Flip-Flop B139 ha la priorità sul set per prevenire oscillazioni dovute a ritardi dei componenti elettromeccanici che influirebbero negativamente sulla trasmissione delle informazioni tramite l'uscita Q3. Il modulo B169 garantisce quindi che lo stato alto di B93 sia coerente con lo stato attivo della pompa e il modulo B168 previene i ritardi dei componenti elettromeccanici.

Lo stato dell'interblocco di chiusura, della pompa idraulica, della uscita Q2 e l'apertura del portellone determinano lo stato della uscita Q3 tramite i moduli B100, B166, B44 e i timer a valle di questi. Il modulo di ritardo B166 assicura che i tentativi automatici di reset dell'interblocco non influiscano negativamente sulla trasmissione delle informazioni. L'uscita Q3 è collegata al canale wireless numero 3 di comunicazione verso cPLC.

Lo stato della pressione idraulica (ingresso I4), il livello della tensione delle batterie ed eventuali allarmi interni della logica determinano lo stato dell'uscita Q4 attraverso i moduli B88, B90, B55, B109, B61 e i timer a valle di questi. Questa uscita è collegata al canale wireless numero 4 di comunicazione verso cPLC. La tensione delle batterie, in particolare, è rivelata tramite un partitore collegato all'ingresso IB che è l'unico ingresso utilizzato in modalità analogica. Questo ingresso è impostato per accettare un segnale con escursione 0-10Vdc e per applicare un filtraggio passa basso con banda di 0.1Hz.

Per ulteriori dettagli sui segnali e protocolli di comunicazione da/verso cPLC tramite i quattro canali digitali, si veda il paragrafo 3.7.2.iv .

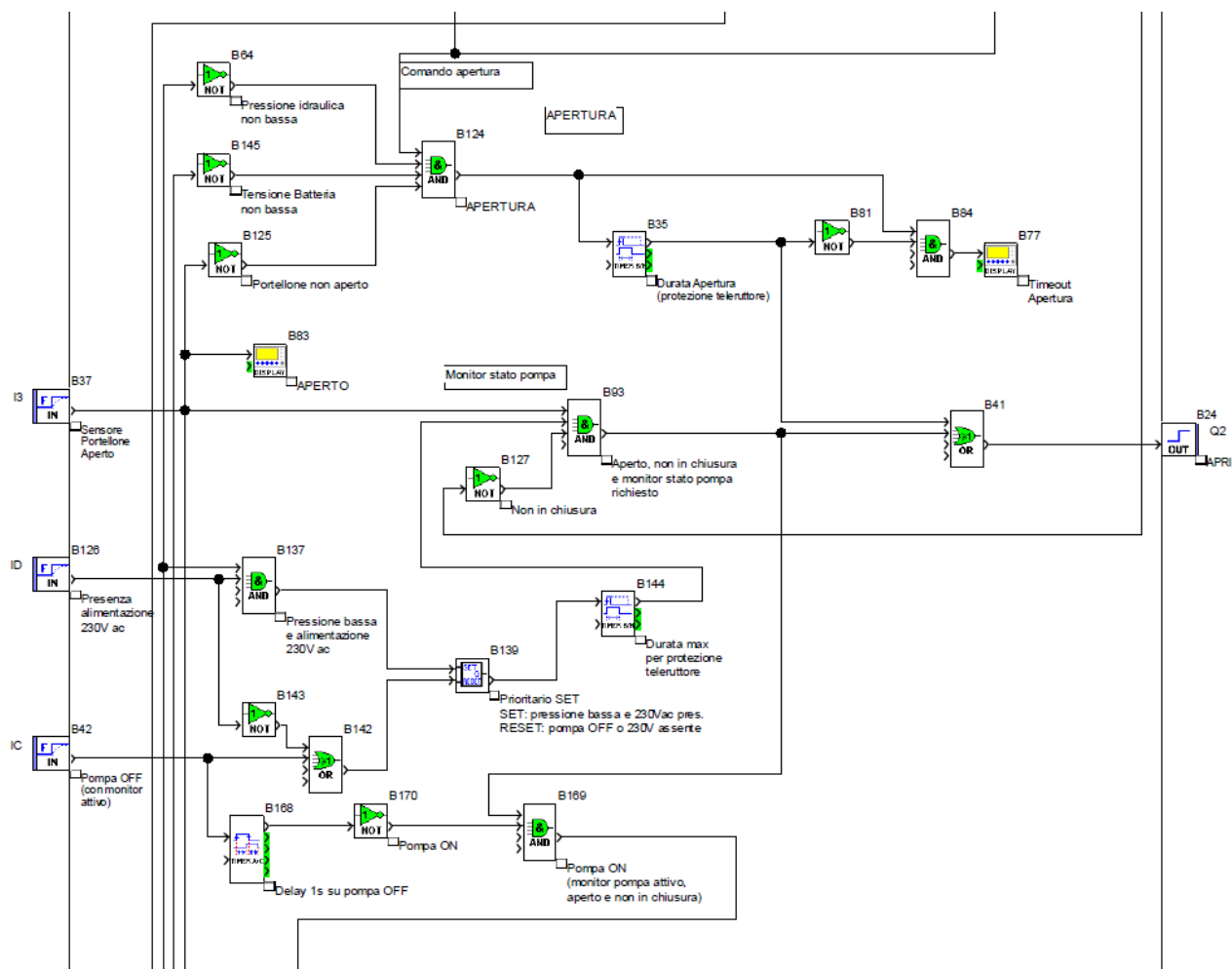


Figura 3.5.2 Programma grafico a Blocchi Funzionali del master hPLC, parte 2 di 3

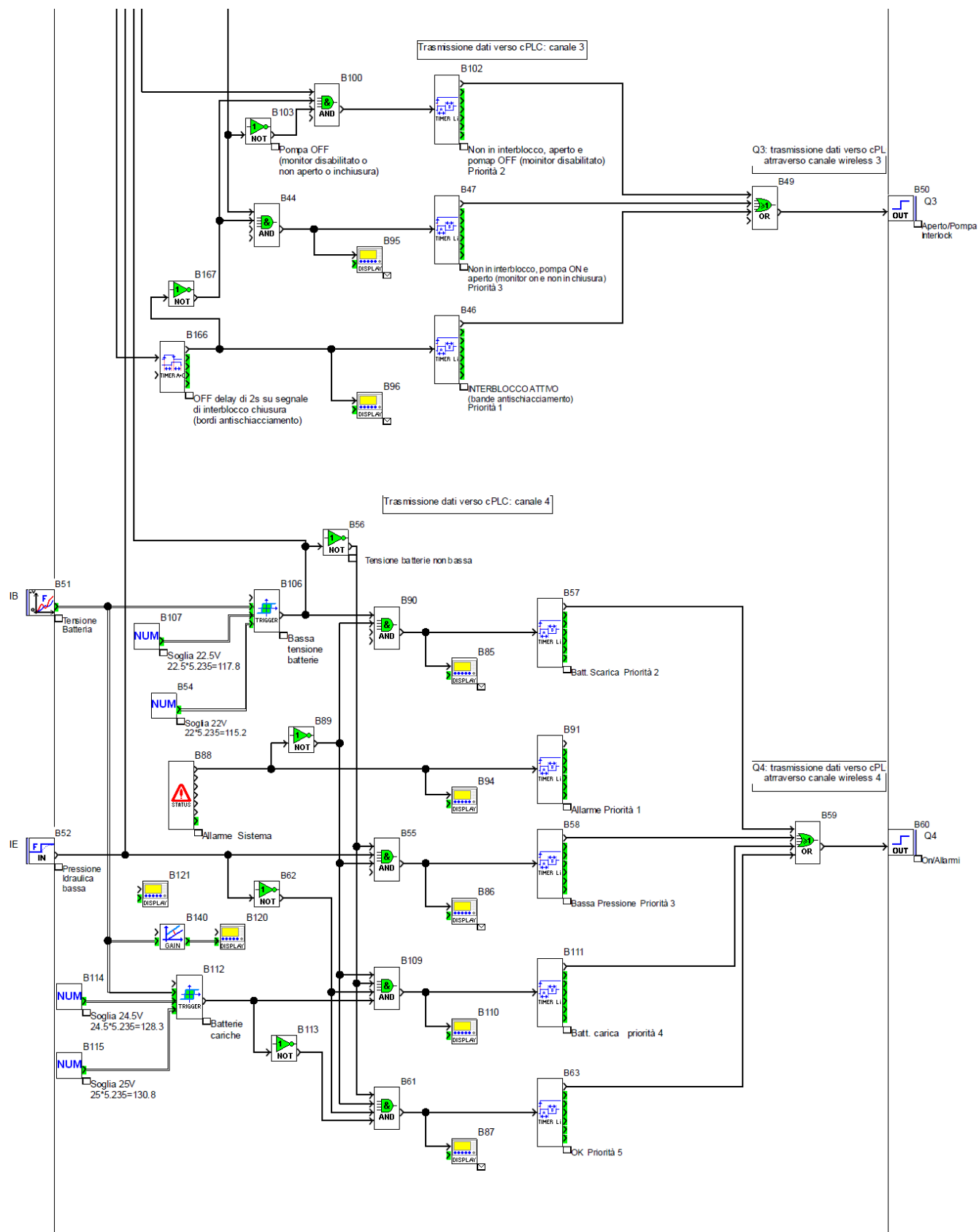


Figura 3.5.3 Programma grafico a Blocchi Funzionali del master hPLC, parte 3 di 3

3.6 Sottosistema di interfaccia utente secondaria (dPLC)

3.7 Interfacce e protocolli di comunicazione

3.7.1 PC \leftrightarrow cPLC

Il PC di supervisione e controllo accede tramite la porta seriale dello slave SC4 alla memoria X di cPLC che può leggere e scrivere tramite protocollo di comunicazione ModBus. Il driver ModBus di cPLC si comporta come slave ModBus che esegue i comandi del master ModBus residente sul PC. La responsabilità della correttezza degli indirizzi e dei dati scritti nella memoria di cPLC ricade interamente sul master ModBus che non deve modificare dati al di fuori dei blocchi di memoria previsti per lo scambio dati PC \rightarrow PLC (paragrafo 3.4).

3.7.2 PLC \leftrightarrow PLC

Lo scambio dati tra i diversi PLC avviene tramite gli slave DPS1 che mettono a disposizione un buffer di comunicazione full-duplex di 24B. Ognuna delle due unità master collegate vede un buffer di 24B d'uscita ed uno uguale d'ingresso: lo slave copia i dati dal buffer d'uscita del primo master a quello d'ingresso del secondo e viceversa. Lo slave DPS1, però, non garantisce l'aggiornamento simultaneo di tutti i dati nel buffer di comunicazione: bisogna attendere che i dati siano stabili per almeno due letture consecutive prima di considerarli validi. I dati devono quindi permanere buffer d'uscita per il tempo necessario per permettere che lo slave copi i dati nel rispettivo buffer d'ingresso e il relativo master li legga almeno due volte. Il tempo necessario è largamente dominato dal periodo di lettura del master. Il periodo di scansione del programma principale del mPLC è previsto essere di 50 ms (da confermare), il periodo minimo di scrittura sugli slave DP1 è quindi fissato in 150 ms (da confermare) per un totale di circa 6.5 cicli di scrittura al secondo (1 ciclo = scrittura di nuovi dati nel buffer).

Il protocollo di comunicazione riserva i primi 2B del buffer come header di comunicazione e i rimanenti 22B per lo scambio dati. Il 1° Byte del header contiene al bit 6 e al bit 7 due flags di comunicazione assegnati l'uno al primo master e l'altro al secondo. Ogni master controlla il flags assegnatogli complementandolo ad ogni scrittura di nuovi dati nel suo buffer di uscita e copia l'altro flag così come era all'ultima lettura valida del suo buffer d'ingresso. Il 2° Byte dell'header contiene il codice di comunicazione che identifica i dati trasmessi. A parte specifiche operazioni che potranno prevedere specifici codici, la trasmissione dati consiste essenzialmente nello scambio di blocchi di dati che rispecchiano porzioni di memoria dei diversi master e il codice di comunicazione consiste quindi in un identificativo del blocco di dati di memoria trasmesso.

3.7.2.i cPLC \leftrightarrow mPLC

Il mPLC controlla il bit 7 del 1° Byte dell'header di comunicazione e il cPLC controlla il bit 6. Il bit 0 dell'header è riservato allo scambio reciproco del il segnale di abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti (0=disabilitati, 1=abilitati);

Lo scambio dati tra cPLC e mPLC interessa solo i primi 22B dei blocchi 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10 e 11 di memoria indicati nel paragrafo 3.4 . In particolare i blocchi 1 e 2 rappresentano lo stato del telescopio e sono trasmessi mPLC \rightarrow cPLC, il blocco 5 rappresenta i comandi impartiti al telescopio (dal PC o da dPLC) ed è trasmesso cPLC \rightarrow mPLC e i blocchi 6, 7 e 9 rappresentano i parametri di configurazione di mPLC che possono essere modificati da dPLC o da PC (da confermare) e sono trasmessi cPLC \rightarrow mPLC.

Nella tabella 3.11 è riportata la corrispondenza tra i blocchi di memoria di mPLC e cPLC e i codici di comunicazione per trasferire i diversi blocchi nelle direzioni indicate.

Tabella 3.11 corrispondenza tra i blocchi di memoria di mPLC e cPLC e codici di comunicazione

MPLC	CPLC	DESCRIZIONE	VERSO COMUNICAZIONE	CODICE
byMemBlockO1	Blocco di memoria 1 Tabella 3.2	Dati principali di stato	mPLC → cPLC	1
byMemBlockO2	Blocco di memoria 2 Tabella 3.3	Dati motori	mPLC → cPLC	2
byMemBlockI1	Blocco di memoria 5 Tabella 3.6	Comandi telescopio	mPLC ← cPLC	1
byMemBlockI2	Blocco di memoria 6 Tabella 3.7	Parametri	mPLC ← cPLC	2
byMemBlockI3	Blocco di memoria 7 Tabella 3.8	Parametri	mPLC ← cPLC	3
byMemBlockO3	Blocco di memoria 9	Output per sviluppo	mPLC → cPLC	3
byMemBlockO4	Blocco di memoria 10	Output per sviluppo	mPLC → cPLC	4
byMemBlockI4	Blocco di memoria 11 Tabella 3.10	Parametri	mPLC ← cPLC	4

3.7.2.ii sPLC ↔ mPLC

Il mPLC controlla il bit 7 del 1° Byte dell'header di comunicazione e il sPLC controlla il bit 6.

Il blocco di dati scambiati tra i due sistemi è sempre lo stesso sia in una direzione che in quella inversa (da confermare). Le tabelle seguenti riportano la struttura dei dati scambiati e non includono i 2B dell'header. I codici di comunicazione sono sempre uguali a 1 in entrambe le direzioni (da confermare). Dato che i dati scambiati e realmente in uso tra le due unità si limitano a valori a 1B o a flag (1bit) non sono implementati né la permanenza dei dati per 150mms in trasmissione né la doppia lettura in ricezione (ma sono almeno parzialmente predisposti).

Tabella 3.12 Dati scambiati da mPlc a sPlc (mPlc → sPlc)

VARIABLE	DATA OFFSET	DATA LENGTH	COMMENT
byCounter	0B	1B	Communication counter incremented by 1 at each new output data
byFlags	1B	1B	<p>Communications Flags:</p> <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: Alarm Stop (1 = request to sPLC to stop all motions) – bit 1: limits table for expert user (1 = expert user table, 0 = standard user table) – bit 2: disable limit table (1 = disabled) – bit 3: recovery (1=recovery) – bit 4: 1 = auto fast movements enabled (disable operator button, platform and dome doors checks) – bit 5: Brakes manually disengaged – bit 6: – bit 7:
bySysStat	2B	1B	System Status
DPS1boCountGain2sPLC	3B	1B	<p>OLD PARAMETER REPLACED BY CntGn2sPLCApha AND CntGn2sPLCDelta LATER ON</p> <p>This is about CoutGainAlfa and CoutGainDelta with some margin and it is used by sPLC to compute CountGain2sPLC*byKvAlfa as the maximum velocity allowed. The same is for CountGain2sPLC*byKvDelta, CountGain2sPLC*byKaAlfa andCountGain2sPLC*byKaDelta</p>
diHrAngle	4B	4B	Telescope Hour Angle in absolute encoder count
diDelta	8B	4B	Telescope Declination in absolute encoder count
byDCFlagsAlfa	12B	1B	<p>Flags DC driver Alfa:</p> <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: enable (1:= enable) – bit 1: direction – bit 2: brake (1:= disengaged) – bit 3: clutch (1:= engaged) – bit 4: driver ok (1:= driver ok) – bit 5: SEI alarm (1:= alarm) – bit 6: cage – bit 7:
byDCVelAlfa	13B	1B	Current velocity command to DC driver Alfa
byDCFlagsDelta	14B	1B	<p>Flags DC driver Delta:</p> <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: enable (1:= enable) – bit 1: direction – bit 2: brake (1:= disengaged) – bit 3: clutch (1:= engaged) – bit 4: driver ok (1:= driver ok) – bit 5: SEI alarm (1:= alarm) – bit 6: cage

			– bit 7:
byDCVelDelta	15B	1B	Current velocity command to DC driver Delta
CntGn2sPLCAlfa	16B	1B	This is about CoutGainAlfa with some margin and it is used by sPLC to compute CntGn2sPLCAlfa*byKvAlfa as the maximum velocity allowed. The same for the maximum acceleration computed as CntGn2sPLCAlfa*byKaAlfa
CntGn2sPLCDelta	17B	1B	This is about CoutGainDelta with some margin and it is used by sPLC to compute CntGn2sPLCDelta*byKvDelta as the maximum velocity allowed. The same for the maximum acceleration computed as CntGn2sPLCDelta*byKaAlfa
byKaAlfa	18B	1B	Alfa Maximum acceleration allowed
byKvAlfa	19B	1B	Alfa Maximum velocity allowed
byKaDelta	20B	1B	Delta Maximum acceleration allowed
byKvDelta	21B	1B	Delta Maximum velocity allowed

Tabella 3.13 Dati scambiati da sPLc a mPLc (sPLc → mPLc)

VARIABLE	DATA OFFSET	DATA LENGTH	COMMENT
byCounter	0B	1B	Communication counter incremented by 1 at each new output data
byFlags	1B	1B	Communications Flags: <ul style="list-style-type: none"> – bit 0: Alarm Stop (1 = request to mPLC to stop all motions) – bit 1: Delta STEP motor disabled (direction incoherent with limit switches) – bit 2: bit 2: balcony door opened – bit 3: dome acc. Door (1 = door open) – bit 4: fast movement enabled (1 = enabled) – bit 5: boundary control (1=telescope outside allowed region, 0=inside) – bit 6: – bit 7:
byAlarmCode	2B	1B	AlarmCode: <ul style="list-style-type: none"> – 0: initialization – system disabled – 1: OK – system enabled and running – 2..255: Alarm specific Code – SYSTEM HALTED
byDummy20	3B	1B	
.....			
byDummy5	17B	1B	
byDummy4	18B	1B	
byDummy3	19B	1B	
byDummy2	20B	1B	
byDummy1	21B	1B	

3.7.2.iii cPLC \leftrightarrow dPLC

Il cPLC controlla il bit 6 del 1° Byte dell'header di comunicazione e il dPLC controlla il bit 7. Il bit 5 è utilizzato per segnalare che dPLC prende il controllo del puntamento del telescopio estromettendo il PC. Quando questo bit è commutato allo stato alto nella comunicazione da dPLC \rightarrow cPLC, il controllo passa a dPLC e cPLC attiva un timeout di 3s legato allo stato attivo della comunicazione: se entro questo periodo il bit 7 dell'header non commuta, la comunicazione è considerata inattiva e il controllo torna al PC. Il cPLC segnala col bit 5 cPLC \rightarrow dPLC lo stato del controllo del telescopio: 0=controllo al PC e 1= controllo al dPLC.

Lo scambio dati tra cPLC e dPLC interessa solo i primi 22B dei blocchi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 di memoria indicati nel paragrafo 3.4 . In particolare i blocchi 1 e 2 rappresentano lo stato del telescopio e sono trasmessi cPLC \rightarrow dPLC, il blocco 5 rappresenta i comandi impartiti al telescopio ed è trasmesso dPLC \rightarrow cPLC e i blocchi 6, 7 e 8 rappresentano i parametri di configurazione del sistema che possono essere modificati da dPLC e sono trasmessi cPLC \leftrightarrow dPLC. Il secondo byte dell'header di comunicazione contiene il codice identificativo del blocco di memoria trasmesso che coincide col numero identificativo dei blocchi di memoria da 1 a 8 (come riportato nelle tabelle elencate nel paragrafo 3.4). Al fine di ottimizzare la frequenza di aggiornamento dei dati riguardanti lo stato del telescopio, normalmente mostrati del display di dPLC, i blocchi di memoria sono trasmessi da cPLC \rightarrow dPLC secondo la sequenza costantemente ripetuta: blocco 1, blocco 2, blocco 1, blocco 3, blocco 1, blocco 6, blocco 1, blocco 7, blocco 1, blocco 8. I dati scambiati da dPLC \rightarrow cPLC dipendono invece la specifica richiesta dell'utente che interagisce con dPLC.

3.7.2.iv cPLC \leftrightarrow hPLC

Lo scambio dati tra cPLC e hPLC avviene tramite due ricetrasmittitori wireless: il primo, collegato a cPLC, è dotato di interfaccia seriale RS232 (XBee RS-232 Adapter) mentre il secondo, collegato a hPLC, è dotato di quattro canali digitali di I/O (XBee Digital I/O Adapter). Tramite la porta RS232 di uno slave SC4, il master cPLC comanda il primo ricetrasmittitore e controlla l'impostazione e la lettura dello stato dei canali di I/O del secondo. I comandi di impostazione e di lettura si susseguono alternandosi l'uno all'altro con la cadenza del secondo in modo che ognuno sia ripetuto con un ciclo costante di due secondi. Su ogni canale digitale possono essere veicolate informazioni diverse, eventualmente secondo una opportuna gerarchia, modificando lo stato del canale con una cadenza precisa trasmettendo, cioè, segnali a onda quadrata con diversa frequenza (modulazione). In tabella 3.14 sono elencati i quattro canali con la specificazione di:

- direzione in cui viaggia l'informazione: cioè se da cPLC a hPLC (cPLC \rightarrow hPLC) o viceversa;
- priorità, ove applicabile, delle diverse informazioni trasmesse sullo stesso canale con la priorità 1 pari alla più alta: sul canale verrà trasmessa solo l'informazione attiva (vera) con la priorità più alta;
- descrizione dell'informazione trasmessa;
- semiperiodo, in secondi, dell'onda quadra utilizzata per trasmettere l'informazione (modulazione), cioè il tempo di permanenza del segnale nello stesso stato; nel caso sul canale sia veicolata una sola informazione o che uno stato preciso, alto o basso, abbia un significato preciso, il tempo di permanenza è perpetuo ed è indicato con ∞ .

Il comando di apertura e chiusura del portellone è veicolato sul canale n.1 da cPLC verso hPLC. Il comando di apertura è una onda quadra con periodo di otto secondi mentre quello di chiusura ha un periodo di 2 secondi. Il master hPLC, sorveglia quindi le variazioni del segnale: se entro il periodo di Timeout pari a 30 secondi non avviene alcuna variazione, il master hPLC procede alla chiusura del portellone della cupola per motivi di sicurezza.

L'informazione del portellone chiuso è veicolata da sola sul canale n.2 essendo cruciale per la salvaguardia del telescopio, specialmente in caso di maltempo. Questo segnale è quindi desunto direttamente dagli interruttori di finecorsa che rivelano la chiusura del portellone senza alcuna gestione da parte del master hPLC. Lo stato basso del segnale indica che il portellone non è chiuso mentre quello alto indica che lo è.

L'informazione del portellone aperto è invece veicolata sul canale n.3 su cui è però veicolato anche un altro segnale con priorità maggiore: l'attivazione dell'interblocco di chiusura per l'intervento dei bordi anti schiacciamento (paragrafo 3.5). In tale evenienza viene attivata un'onda quadrata con semiperiodo di 16s e non è disponibile l'informazione riguardante l'apertura che comunque non dovrebbe essere di interesse durante la chiusura. L'informazione del portellone non aperto è codificata con il segnale perpetuamente basso, mentre quando è aperto viene abilitata la trasmissione di un'onda quadrata con periodo differente a seconda che la pompa del sistema idraulico sia o non sia in funzione.

Il canale n.4 trasmette sempre informazioni tramite un'onda quadrata: l'assenza di un segnale variabile nel tempo su questo canale indica un malfunzionamento del sistema hPLC. L'eventuale malfunzionamento può riguardare anche le componenti software della stessa unità master hPLC. Il sistema di autodiagnosi e/o il watch-dog dell'unità possono infatti rivelare un errore e bloccare l'unità. Le informazioni trasmesse mediante questo canale riguardano l'alimentazione (batterie scariche o completamente cariche) e l'impianto idraulico (pressione bassa) mentre in assenza di notifiche viene trasmesso il segnale di "OK" con un semiperiodo di 22s.

Tabella 3.14 Segnali di comunicazione digitali tra cPLC e hPLC

CANALE	DIREZIONE	PRIORITÀ	DESCRIZIONE	SEMIPERODO (S)
1	cPLC→hPLC	-	Comando CHIUSURA portellone	2
		-	Comando APERTURA portellone	8
2	cPLC←hPLC	-	Stato portellone CHIUSO (segnale proveniente dagli interruttori di finecorsa del portellone)	∞ (livello segnale ALTO)
		-	Stato portellone NON chiuso (segnale proveniente dagli interruttori di finecorsa del portellone)	∞ (livello segnale BASSO)
3	cPLC←hPLC	1	Interblocco di chiusura attivato dai bordi anti-schiacciamento	16
		2	Stato portellone NON aperto	∞ (livello segnale BASSO)
		3	Stato portellone APERTO e stato pompa sistema idraulico NON in funzione	4
		3	Stato portellone APERTO e pompa sistema idraulico in funzione	10
4	cPLC←hPLC	1	Malfunzionamento del sistema hPLC o allarme interno del master hPLC	∞
		2	Livello basso della tensione di alimentazione dalle batterie (batterie SCARICHE)	4
		3	Livello basso della pressione del sistema idraulico (accumulatore idraulico scarico)	10
		4	Livello alto della tensione di alimentazione dalle batterie (batterie completamente cariche)	16
		5	Sistema OK	22

3.8 Codici di stato e sottostato

Lo stato del sottosistema mPLC che controlla il movimento del telescopio è descritto dalle variabili bySysStat, bySubSysStat, bySub2SysStat e bySysAlarm riportate nel blocco di memoria 1 descritto nel paragrafo 3.4 . Esse rappresentano rispettivamente lo stato, il sotto-stato, il sotto-sotto-stato e la condizione di allarme del sistema. Le variabili bySysStat, bySubSysStat fanno parte anche dei dati scambiati tra mPLC e sPLC (tabella 3.12).

Il significato dei valori di bySysStat è specificato nella tabella di seguito.

Tabella 3.15 Codici di stato del sistema (bySysStat)

VALUE	STATUS
0	Initialization
1	Disabled
2	Idle
3	Tracking
4	Pointing
5	Manual moving
6	Error
7	Alarm
8	Park

Il significato dei codici di bySubSysStat dipende dal valore di bySysStat come mostrato nelle tabelle seguenti.

**Tabella 3.16 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato
INITIALIZATION (bySysStat= 0)**

VALUE	SUBSTATUS

**Tabella 3.17 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato
DISABLED (bySysStat= 1)**

VALUE	SUBSTATUS

Tabella 3.18 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato IDLE (bySysStat= 2)

VALUE	SUBSTATUS

Tabella 3.19 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato TRACKING (bySysStat= 3)

VALUE	SUBSTATUS

Tabella 3.20 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato POINTING (bySysStat= 4)

VALUE	SUBSTATUS

Tabella 3.21 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato MANUAL MOVING (bySysStat= 5)

VALUE	SUBSTATUS

Tabella 3.22 Codici di sotto-stato del sistema (bySubSysStat) valevoli nello stato ERROR (bySysStat= 6)

VALUE	SUBSTATUS
1	Alfa axis: DC motor current NOT coherent with tabulated reference value (see log on the PLC)
2	Delta axis: DC motor current NOT coherent with tabulated reference value (see log on the PLC)
3	Fast movements (DC motors) Paddle error
4	
5	DC drivers power supply or clutches, brakes and stators power supply failure
6	Alfa axis: Clutch, Brake or DC motor stator failure (Voltage not present)
7	Alfa axis: analog command sent to the DC driver NOT coherent with the set value
8	Air pressure too low
9	Slaves Initialization Failure
10	Alfa axis: error signal from DC driver
11	Delta axis: Clutch, Brake or DC motor stator failure (Voltage not present)
12	Delta axis: analog command sent to the DC driver NOT coherent with reference value
13	Delta axis: error signal from DC driver
14	Manual movements commands (paddles and/or velocity knobs) not at 0 at startup.
15	Alfa axis measured velocity above limit
16	Alfa axis measured acceleration above limit
17	Delta axis measured velocity above limit
18	Delta axis measured acceleration above limit
20	Boundary error: system outside allowed area
21	Recovering from boundary error: system outside allowed area and manual moving enabled WITHOUT position control (both sPLC and mPLC controls disabled)
22	Recovering from boundary error: manual moving enabled WITHOUT position control , system inside allowed area (checked by mPLC, sPLC controls are disabled)
23	Pointing error: Pointing status (bySysStat = 4) invalid bySubSysStat code
24	Tracking stopped close to the boundaries of the allowed pointing region.
28	Alfa axis: actual velocity NOT coherent with the set value
29	Delta axis: actual velocity NOT coherent with the set value
30	mPLC WatchDog triggered by main program (PLC_PRG) timeout. Power down required.
31	mPLC WatchDog triggered by exception: integer division by zero. Power down required.
32	mPLC WatchDog triggered by exception: float division by zero. Power down required.
33	mPLC WatchDog triggered by exception: hardware error. Power down required.
34	mPLC WatchDog triggered by exception: illegal instruction. Power down required.

35	mPLC WatchDog triggered by exception: floating point invalid operation. Power down required.
36	mPLC WatchDog triggered by exception: kernel error. Power down required.
37	mPLC WatchDog triggered by exception: out of memory. Power down require.
40	Pointing error: target outside boundaries
41	Pointing error: path to target not found either directly or through Zenith. Manual movement or intermediate pointing required.
42	Pointing error: byPathChk POU returned invalid code (checking path to target)
43	Pointing error: byPathChk POU returned invalid code (checking path to Zenith)
44	Pointing error: target outside boundaries (error found checking path from Zenith to target)
45	Pointing error: path from Zenith to target not found. Manual movement or intermediate pointing required
46	Pointing error: byPathChk POU returned invalid code (checking path from Zenith to target)
47	Pointing error: path to Zenith for parking not found . Manual movement or intermediate pointing required.
48	Pointing error: byPathChk POU returned invalid code (checking path to Zenith for parking)
49	Pointing error: parking status (bySysStat = 8) invalid bySubSysStat code
50	Connection lost between mPLC and sPLC or between mPLC and slave modules involved in DC motors control
51	Manual movements commands (paddles and/or velocity knobs) not at 0 during recovery procedure.
52	PointingError: target too close and system unable to offset. Manual movement or intermediate pointing required.

Tabella 3.23 Codici di allarme valevoli nello stato ALARM (bySysStat= 7)

VALUE	SUBSTATUS
0	initialization
1	mPLC enabled and system running
2	Fast movement detected without mobile platform in safe parking position
3	Fast movement detected while NOT enabled (dome access doors open or platform not in safe parking position or enabling button not activated)
4	Stop button
5	HA not inside limit in table of HA=f(Delta)
6	Delta not inside limit in table of De=f(HA)
7	HA velocity above limit (pointing, traking = 1/10 of pointing, brakes disengaged 5* vpoint)
8	Delta velocity above limit (pointing, traking = 1/10 of pointing, brakes disengaged 5* vpoint)
9	HA acceleration above limit (pointing, brakes disengaged 8* vpoint)
10	Delta acceleration above limit (pointing, brakes disengaged 8* vpoint)
11	Discrepancy encoder HA
12	Discrepancy encoder Delta
13	mPLC communication error
14	Idle state and v not 0
15	Stop request from mPLC
16	HA axis Encoders discrepancy at startup (DE axis not checked)
17	DE axis Encoders discrepancy at startup

3.9 Codici e protocollo di comando.

Il PC di supervisione comanda le diverse funzioni connesse col puntamento e il tracking del sistema impostando la variabile byCommandCode del blocco di memoria 5 (tabella 3.6) secondo i valori specificati in tabella 3.24. Nello stesso blocco sono presenti anche le variabili:

- diHrAnglePoint, diDeltaPoint: angolo orario e declinazione a cui il telescopio deve puntare nel sistema di riferimento degli encoder;
- byHourPoint, byMinutePoint, bySecondPoint, byTenthSecPoint: ore, minuti, secondi e decimi di secondo a cui sono riferiti angolo orario e declinazione di puntamento;
- byCommandCounter: è un contatore che viene incrementato ad ogni invio di un nuovo comando assume tutti i valori tra 1 e 255: il suo cambiamento segnala la presenza di un nuovo comando; il valore 0 non è valido: con questo valore il comando non viene eseguito;
- dwSPNonSideralAlfa: velocità di traking non siderale in ascensione retta in secondi d'arco per ora ("h): corrisponde al moto proprio dell'oggetto da inseguire diviso per il coseno della declinazione (moto proprio/ cos(declinazione))
- dwSPNonSideralDelta: velocità di traking non siderale in declinazione in secondi d'arco per ora ("h): corrisponde al moto proprio dell'oggetto da inseguire

I comandi per l'impostazione del tracking siderale / non siderale vengono eseguiti unicamente se il sistema si trova negli stati Idle o Tracking. Il PLC fa un'eco dello stato del tracking non siderale sul bit 0 (1 = non siderale, 0 = siderale) della variabile wSysFlags-mPLC del blocco di memoria 1.

Il comando 9 (tabella 3.24) evita la sincronizzazione dell'orologio interno di mPLC con il GPS e viene eseguito unicamente se il sistema si trova nello stato Initialization.

Tabella 3.24 Codici di comando movimento telescopio (byCommandCode) blocco di memoria 5 di cPLC

BYCOMMANDCODE	
0	STOP
1	Start Pointing
2	Start Tracking
3	Recover from error: force a system in error status to idle status
4	Recover from alarm: force a system in alarm status to idle status
5	Recover from boundary error (bySubSysStat= 20): force the system in the proper recovery procedure in error status and bySubSysStat=21
7	Set non-sidereal tracking
8	Set sidereal tracking
9	Skip clock synchronization with GPS
10	Park: the telescope is parked pointing to Zenith
100	Set Standard User
101	Enable expert user mode with expert ID 1
1xx (xx = 02-20)	Enable expert user mode with expert ID xx (xx = 02-20)

In ogni stato (paragrafo 3.8) possono essere abilitati solo alcuni comandi da parte del PC, in particolare:

- stato Initialization: il telescopio è fermo e tutti i comandi sono ignorati ad eccezione del comando 9 che evita la sincronizzazione dell'orologio di mPLC con il GPS;
- stati Idle e Tracking: il telescopio esegue tutti i comandi eccetto i comandi Recover;
- stato Pointing: il telescopio esegue solo il comando STOP;
- stato Manual moving: il telescopio non esegue nessun comando;
- stati Error e Alarm: il telescopio esegue solo gli specifici comandi di Recover.

In particolare la procedura di ripristino dopo un allarme di superamento dei limiti di posizionamento è la seguente:

- se lo sconfinamento della posizione corrente o quella prevista di arresto è rilevato da sPLC, il sistema viene bloccato da sPLC e mandato il allarme (codice di sistema 7) con codice di allarme 5 o 6 a seconda di quale asse abbia sconfinato; al ricevimento di un codice di comando 4 (recovery from alarm) il sistema entra nello stato *Error* (codice di sistema 6) con codice di sottostato 20;
- se lo sconfinamento della posizione corrente o quella prevista di arresto è rilevato da mPLC, il sistema viene bloccato da mPLC e mandato *Error* (codice di sistema 6) con codice di sottostato 20;
- se il sistema in stato *Error* e sottostato 20 riceve il codice di comando 5, **il sottostato diviene 21 e sono abilitati i movimenti manuali, senza alcun controllo di posizione**, per permettere all'operatore di riportare manualmente il sistema all'interno dell'area permessa di movimento. **In questo sottostato i controlli di posizione sia di sPLC che di mPLC sono disabilitati: è responsabilità dell'operatore muovere il sistema correttamente onde evitare collisioni o qualsiasi altro inconveniente.**

- se il sistema è in *Error* e sottostato 21, mPLC controlla se la posizione del sistema è rientrata all'interno dell'area di movimento permessa; al verificarsi di questo evento il codice di sottostato diviene 22: in questa condizione il codice di comando 3 permette di riportare il sistema nello stato Idle.

I comandi ausiliari del sistema (fuoco, copertura a petali dello specchio primario, cupola,) sono eseguiti da cPLC in base allo stato della variabile bycPLCCommandCode del blocco di memoria 4 (tabella 3.5) che può assumere i valori specificati in tabella 3.25. Nello stesso blocco sono presenti anche le variabili:

- bycPLCCommandCodeCounter: è un contatore che viene incrementato ad ogni invio di un nuovo comando assume tutti i valori tra 1 e 255: il suo cambiamento segnala l'invio di un nuovo comando al sistema; il valore 0 non è valido: con questo valore il comando non viene eseguito;

Tabella 3.25 Codici di comando ausiliari (bycPLCCommandCode) Blocco di memoria 4 di cPLC

BYCOMMANDCODE	
0	STOP
10	Park: the telescope is parked pointing to Zenith, the hatch is closed and the dome is moved into the defined park position (to be confirmed)
128	Set focus
129	Open primary mirror shutter (to be confirmed)
130	Close primary mirror shutter (to be confirmed)
131	Move the dome
132	Stop the dome
133	Open the dome hatch
134	Close the dome hatch
135	Set dome lights level (lights trimmer)
138	Insert spectral calibration lamp
139	Remove spectral calibration lamp
150	Trolley insertion into bar
151	Trolley bar power on
152	Trolley bar power off

3.9.1 Conversione coordinate: Ha e Delta \leftrightarrow sistema di riferimento assoluto encoder.

I due encoder SSI fornisco un riferimento assoluto del puntamento del telescopio. Per consentire la conversione in Ha e Delta, i valori dei rispettivi encoder per Ha = 0 e Delta = 0 sono forniti in tabella 3.9 (Offset). Per convertire il conteggio assoluto dell'encoder in Delta, si sottrae al valore encoder l'offset e si moltiplica per il fattore di conversione da step a secondi d'arco (parametro "Encoder step on sky" in tabella 3.9). Il procedimento inverso consiste nel dividere per il fattore di conversione e poi sommare l'offset. Per la conversione del valore del rispettivo encoder in Ha bisogna tenere conto della discordanza tra l'encoder e Ha (l'encoder incrementa al decrescere di Ha). Il valore di Ha si ottiene sottraendo all'offset il valore dell'encoder, moltiplicando poi per fattore di conversione ed eventualmente sommando una angolo giro se il valore ottenuto fosse

negativo. Per la conversione da H_a a posizione assoluta encoder occorre valutare se il valore di H_a è superiore all'angolo piatto e nel qual caso sottrarre un angolo giro, dopodiché occorre dividere per il fattore di conversione, cambiare di segno ed infine sommare l'offset.

3.10 Interfaccia utente primaria (PC)

4 Movimenti veloci

4.1 Abilitazione e controllo

La gestione dei movimenti veloci è sicuramente il compito più delicato del sistema di controllo del telescopio a causa del pericolo di collisione dovuto alle caratteristiche peculiari dell'edificio e della montatura. Inoltre, il telescopio può entrare in collisione con il pianale mobile sottostante ma soprattutto vi possono essere persone entro il volume interessato dal suo movimento.

Per garantirne l'incolumità nel caso siano presenti persone in cupola, i movimenti veloci possono essere azionati solo manualmente dal personale autorizzato attraverso la racchetta o le manopole della consolle. L'azionamento automatico, può avvenire solo in assenza di persone e solo dopo abilitazione manuale da parte del personale autorizzato che confermi l'assenza di persone nel locale cupola. Nel paragrafo 4.2 viene descritta in dettaglio la procedura di abilitazione dei movimenti automatici denominati nel resto del documento come "automatici/remoti" in quanto eseguiti a seguito di un comando impartito tramite il PC di supervisione da un operatore che può essere collegato in locale o in remoto.

Al fine di garantire l'affidabilità dei comandi manuali (racchetta e manopole in consolle), i segnali digitali dei pulsanti e degli interruttori sono gestiti tramite due segnali ad onda quadra a 10Hz sfasati di mezzo periodo. Ogni pulsante o interruttore è costituito da un deviatore ai cui contatti normalmente aperto e normalmente chiuso sono collegati i due segnali ad onda quadrata. Il segnale di ritorno, prelevato dal comune, è quindi l'una o l'altra onda a seconda della posizione del pulsante: l'assenza di un segnale ad onda quadra segnala quindi un guasto nel circuito. Nel caso della racchetta questo sistema previene falsi comandi dovuti al danneggiamento del cavo di collegamento a causa, per esempio, di uno schiacciamento dello stesso. Nel caso dei comandi a manopola in consolle, essendo di tipo analogico, è previsto un interruttore di abilitazione (digitale) che garantisce di poterli disabilitare in caso di anomalie.

Per garantire che non avvengano collisioni col pianale mobile, i movimenti veloci automatici/remoti possono essere abilitati solo se il pianale si trova in una posizione di sicurezza ben definita e di fuori del raggio d'azione del telescopio e rivelata da un apposito sensore (paragrafo 4.2). Durante la movimentazione manuale è invece responsabilità dell'operatore evitare collisioni col pianale mobile.

Per garantire che non avvenga il ribaltamento dello specchio primario, cioè che il telescopio non punti al di sotto dell'orizzonte, o che non avvengano collisioni con le strutture dell'edificio, nella fattispecie i piloni Sud e Nord, le catene (parapetto) e gli spigoli del ballatoio interno della cupola, il puntamento del telescopio è sorvegliato dai due sottosistemi mPLC e sPLC contemporaneamente ed indipendentemente, come già introdotto del paragrafo 3.1 . Il primo utilizza come riferimento di posizione gli encoder assoluti SSI mentre il secondo utilizza gli encoder relativi A/B (paragrafi 2.2.1 e 2.3.1). Per rendere assoluti i riferimenti di questi ultimi, i loro valori sono memorizzati nella memoria ritentiva di sPLC in modo da essere confrontati coi valori correnti degli encoder assoluti SSI all'accensione del sistema. In caso di concordanza, gli encoder A/B vengono inizializzati con questi valori altrimenti viene generato un allarme ed è necessario verificare immediatamente il regolare funzionamento del sistema di controllo del puntamento. L'operatore dovrà quindi ripristinare il sistema dalla condizione di allarme e procedere **immediatamente** alla verifica del controllo del puntamento portando manualmente il telescopio ai limiti est, ovest, nord e sud prestando **la massima cautela**. Nel caso l'allarme fosse dovuto ad un malfunzionamento, infatti, l'arresto automatico in prossimità dei limiti potrebbe non intervenire oppure potrebbe verificarsi un

arresto precoce: in entrambi i casi il sistema dovrà essere considerato non funzionante e il telescopio dovrà essere messo fuori servizio.

La comparazione tra i valori degli encoder SSI e A/B viene continuamente eseguita da sPLC durante il normale funzionamento generando un allarme in caso di discrepanza. Parallelamente, con un ritmo di 10 volte al secondo per mPLC e circa 30 volte al secondo per sPLC, vengono controllate accelerazione e velocità del telescopio affinché rientrino entro i valori ammessi e viene calcolata la distanza di arresto sulla base della velocità e di valori tabulati. La distanza di arresto deve risultare completamente contenuta all'interno della mappatura ammessa (paragrafi 3.2.3 e 3.3.2) a partire dalle coordinate correnti fino al punto di arresto e per questo motivo mPLC adegua automaticamente la velocità massima consentita del telescopio in modo da rispettare largamente questa condizione. Nel caso si verifichi comunque uno sconfinamento mPLC genera un errore mentre sPLC genera un allarme ed attiva la frenatura automatica (con rampa esponenziale, vedi oltre). In questi casi sarà compito dell'operatore riportare manualmente il telescopio all'interno del puntamento permesso abilitando i movimenti manuali tramite l'interfaccia principale e prestando la massima cautela in quanto tutti i sistemi automatici di controllo del puntamento saranno disabilitati durante questa operazione di ripristino. Non appena il puntamento rientrerà entro i limiti consentiti, il sistema di controllo lo segnalerà tramite l'interfaccia principale in modo che l'operatore possa ripristinare il normale funzionamento.

La programmazione delle due unità master di mPLC e sPLC è basata su linguaggi differenti ed è stata realizzata da sviluppatori differenti in modo da minimizzare la probabilità che persistano bachi funzionali che inficino contemporaneamente entrambi i sistemi con conseguenza imprevedibili.

Il segnale analogico di controllo dei driver di potenza dei motori DC, responsabili dei movimenti veloci, è controllato dallo slave E552 di mPLC attraverso la scheda elettronica di interfaccia descritta nel paragrafo 2.2.2 . Questa scheda è abilitata da un segnale digitale in assenza del quale il comando analogico dei driver viene portato a zero dalla scheda stessa secondo una rampa esponenziale decrescente. Il segnale di abilitazione è controllato da un circuito costituito dalla serie di tre contatti normalmente aperti controllati da sPLC, mPLC e cPLC rispettivamente. Qualunque dei tre sistemi riveli una anomalia può arrestare il telescopio aprendo questo circuito in quanto la rampa esponenziale è regolata in modo da salvaguardare le componenti meccaniche anche nel caso il telescopio si stesse muovendo alla massima velocità. In tabella 4.1 sono specificati i collegamenti che costituiscono questo circuito.

Il sottosistema mPLC può arrestare il telescopio in caso di emergenza nei seguenti modi:

1. portando a zero l'uscita analogica dello slave E552 normalmente utilizzato per il controllo della velocità;
2. negando l'abilitazione della scheda di interfaccia;
3. negando l'abilitazione dei driver DC;
4. riattivando i freni (disabilitando l'alimentazione delle elettrovalvole);
5. togliendo l'alimentazione ai driver DC.

La seconda opzione è utilizzata nel caso fosse perso il controllo dello slave E552 cioè che la prima non fosse applicabile. La terza non è mai utilizzata da sola in quanto non ottiene una "frenata attiva" bensì il telescopio continuerebbe a muoversi per inerzia. La quarta, utilizzata assieme alla terza, costituisce l'extrema ratio nel caso il sistema non riesca ad arrestare il telescopio con le opzioni 1 e 2, ma può danneggiare gli organi meccanici a causa della assenza di rampa di decelerazione. L'ultima opzione non è normalmente utilizzata in quanto, come la terza, non ottiene una frenata attiva ma è utilizzata per disabilitare il sistema dopo che è avvenuto un arresto di emergenza.

Il sottosistema sPLC può arrestare il telescopio in caso di emergenza con le stesse modalità di mPLC ad eccezione della prima (attraverso lo slave E552) che non è sotto il suo controllo. In caso di emergenza, quindi, questo sottosistema arresta il telescopio togliendo l'abilitazione alla scheda di interfaccia (opzione 2) e nel caso questa operazione non fosse efficace, non si registrasse cioè la

dovuta decelerazione, riattiverebbe i freni (opzione 3 e 4). L'alimentazione dei driver viene interrotta una volta che il sistema sia arrestato con l'unica eccezione nel caso in cui l'allarme fosse dovuto ad un movimento inaspettato del telescopio nello stato Idle in cui si suppone permanga nello stato di arresto. In questo caso l'alimentazione viene mantenuta indefinitamente per mantenere l'azione frenante dei driver DC. Il sistema sPLC ha la priorità sul sistema mPLC in quando è in grado di abitarne e disabilitarne le uscite: in caso di allarme, il sistema sPLC estromette mPLC (a parte il segnale di abilitazione della scheda di interfaccia sopradescritto), prende il controllo del telescopio e ne arresta il moto.

Il sottosistema cPLC non rileva il puntamento o il moto del telescopio ma si limita a controllare lo stato attivo di mPLC sulla base dello scambio dati attraverso il modulo DPS1. L'incremento di un contatore rivela lo stato attivo di mPLC e della comunicazione: un mancato incremento protratto nel tempo indicherebbe un malfunzionamento di mPLC e in tal caso cPLC revocherebbe l'abilitazione al controllo dei movimenti veloci togliendo l'abilitazione alla scheda di interfaccia ed arrestando, di conseguenza, il telescopio.

Tabella 4.1 Circuito di abilitazione della scheda di interfaccia per il comando dei movimenti veloci (driver DC)

ID. FILO	NUMERO QUADRO	UNITÀ	CANALE
59	1	Master sPLC (Tabella 2.8)	8.2
	1	Scheda elettronica d'interfaccia (Paragrafo 2.2.2)	EM_HA
60	1	Master sPLC (Tabella 2.8)	8.3
	1	Scheda elettronica d'interfaccia (Paragrafo 2.2.2)	EM_D
61	1	Master sPLC (Tabella 2.8)	8.2
	1	Master sPLC (Tabella 2.8)	8.3
	1	Relè 10 Relè di disaccoppiamento del segnale da cPLC	14 (NA)
163	1	Relè 10 Relè di disaccoppiamento del segnale da cPLC	11 (comune)
	1	Exp36b Slave 7 di mPLC (Tabella 2.3)	8.0
162	1	Exp36b Slave 7 di mPLC (Tabella 2.3)	8.0
	1	Scheda elettronica d'interfaccia (Paragrafo 2.2.2)	COM_D
47	1	Relè 10 Relè di disaccoppiamento del segnale da cPLC	A2
	3	PWR 2, 24V 5A servizi Alimentazione 24V dei servizi del telescopio	Negativo
161	1	Relè 10 Relè di disaccoppiamento del segnale da cPLC	A1
	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.1
48	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.1
	3	PWR 2, 24V 5A servizi Alimentazione 24V dei servizi del telescopio	Positivo
47	3	PWR 2, 24V 5A servizi Alimentazione 24V servizi telescopio	Negativo

4.2 Abilitazione movimenti automatici/remoti

Per garantire l'incolumità delle persone e del telescopio, i movimenti veloci automatici/remoti devono essere abilitati manualmente dal personale autorizzato e non devono essere presenti persone in cupola né oggetti ingombranti nel raggio d'azione del telescopio. L'operatore abilita i movimenti automatici/remoti grazie ad un pulsante posto all'esterno delle porte d'accesso alla cupola dopo aver eseguito le seguenti operazioni e controlli:

1. portare il pianale mobile in posizione di parcheggio di sicurezza;
2. **verificare che non vi siano persone in cupola;**
3. **verificare che non vi siano oggetti ingombranti nel raggio d'azione del telescopio;**
4. chiudere tutte le porte di accesso alla cupola.

I sensori posti sul pianale mobile e sulle porte permettono la verifica delle condizioni 1 e 4 da parte del sistema, mentre **la verifica dell'assenza di persone e di corpi ingombranti è responsabilità dell'operatore (punti 2 e 3).**

Nel caso il sistema riveli l'apertura di una delle porte di accesso l'abilitazione dei movimenti automatici decade immediatamente.

Lo stato delle porte e del pianale mobile è controllato parallelamente da mPLC, cPLC e sPLC che si scambiano segnali hardware e software di abilitazione reciproca. In particolare, quando mPLC e sPLC rivelano che le porte sono chiuse, il pianale mobile si trova nella posizione di parcheggio di sicurezza ed il pulsante di abilitazione è premuto, inviano a cPLC due segnali hardware ed uno software di consenso all'abilitazione dei movimenti veloci remoti/automatici. Se cPLC rileva a sua volta il corretto stato di porte, pianale e pulsante, invia due segnali, uno hardware ed uno software, a mPLC di abilitazione ed attiva un segnale luminoso lampeggiante giallo posto al di sopra della porta principale di accesso alla cupola (porta n.1). In presenza dei due segnali e uno ulteriore di tipo software ricevuto da sPLC, mPLC è abilitato ad eseguire i movimenti veloci automatici/remoti. Non appena uno dei sistemi rivela l'apertura di una porta o lo spostamento del pianale, la catena di abilitazioni viene interrotta, i movimenti veloci automatici/remoti disabilitati e il segnale lampeggiante spento. In tabella 4.2 e tabella 4.3 sono specificati rispettivamente i collegamenti hardware e i segnali software di abilitazione tra i diversi sottosistemi.

Quando i movimenti veloci automatici/remoti sono disabilitati, sPLC controlla che la velocità dei movimenti del telescopio sia sempre tanto bassa da essere riconducibile ai soli motori a STEP (velocità impercettibile). Nel caso venga rivelata una velocità maggiore, sPLC passa allo stato di allarme e arresta il telescopio. L'attivazione dei movimenti veloci controllati manualmente è segnalata da mPLC a sPLC tramite un segnale software (bit n.2 del secondo Byte del buffer di comunicazione, tabella 3.13) in modo che sPLC consenta questi movimenti veloci.

Tabella 4.2 Segnali hardware di abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti tra mPLC, cPLC e sPLC

ID. FILO	NUMERO QUADRO	UNITÀ	CANALE	DESCRIZIONE
48	3	PWR 2, 24V 5A servizi Alimentazione 24V servizi telescopio	Positivo	Alimentazione
	1	Master sPLC (Tabella 2.8)	8.5	
113	1	Master sPLC (Tabella 2.8)	8.5	Consenso abilitazione da sPLC a cPLC
	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	1.6	
	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.0	
220	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.0	Segnale di abilitazione da cPLC a mPLC
	1	Exp36b Slave 7 di mPLC (Tabella 2.3)	0.7	Segnale di abilitazione da cPLC a mPLC
	2	Fusibile 0,1A gG		Fusibile a protezione del segnalatore luminoso lampeggiante
48	3	PWR 2, 24V 5A servizi Alimentazione 24V servizi telescopio	Positivo	Alimentazione
	1	Exp36b Slave 7 di mPLC (Tabella 2.3)	8.1	
164	1	Exp36b Slave 7 di mPLC (Tabella 2.3)	8.1	Consenso abilitazione da mPLC a cPLC
	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	1.7	
26	2	Fusibile 0,1A gG		Alimentazione protetta con fusibile del segnalatore luminoso lampeggiante
	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.2	
	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.3	
221	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.2	Accensione alla massima intensità del segnalatore luminoso lampeggiante
222	2	Master cPLC (Tabella 2.10)	8.3	Accensione alla minima intensità del segnalatore luminoso lampeggiante
47	3	PWR 2, 24V 5A servizi Alimentazione 24V servizi telescopio	Negativo	Alimentazione

Tabella 4.3 Segnali software di abilitazione dei movimenti veloci automatici/remoti tra mPLC, cPLC e sPLC

DESCRIZIONE	SOTTO SISTEMA	N. SLAVE (DPS1)	BIT
Consenso abilitazione mPLC → cPLC (paragrafo 3.7.2.i)	mPLC	9	9.60.0
	cPLC	29	29.0.0
Abilitazione cPLC → mPLC (paragrafo 3.7.2.i)	mPLC	9	9.0.0
	cPLC	29	29.60.0
Abilitazione sPLC → mPLC (paragrafo 3.7.2.ii)	mPLC	10	4 del secondo byte del buffer (10.3.4) (Tabella 3.13)
	sPLC	1	4 del secondo byte del buffer (1.63.4) (Tabella 3.13)