

**REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO
AUTOMATICO PER LA CUPOLA DEL TELESCOPIO
CASSINI**

RAPPORTO TECNICO 09-12-2004

Versione 1.0

I. Bruni¹, R. Gualandi¹, S. Bernabei¹, G. Innocenti¹, P. Salomoni¹, C. Ciattaglia¹

¹. Osservatorio Astronomico di Bologna – INAF

Abstract

Al fine di ottimizzare l'efficienza dell'osservazione notturna presso il telescopio G. D. Cassini di Loiano, è in atto una sostanziale fase di ammodernamento tecnologico; in particolare stiamo cercando di minimizzare gran parte dei “tempi morti” di origine tecnica che precedono e accompagnano le fasi di misura fotometrica e spettroscopica. In questo contesto è stato progettato e realizzato il sistema di rotazione automatico attualmente in funzione sulla cupola del telescopio da 152cm.

Introduzione

In questo rapporto viene illustrato la realizzazione del controllo automatico per la rotazione della cupola sfruttando un lettore di codici a barre. La progettazione ha presentato alcune difficoltà legate principalmente alla particolare struttura del telescopio, al suo ambientamento in cupola e al tipo di materiale di cui quest'ultima è costituita.

La soluzione presentata è di basso costo, poco invasiva e di precisione sufficiente in modo che non si verifichi vignettaggio.

Descrizione dell'hardware

La necessità di conoscere, istante per istante, la posizione corrente di un punto qualsiasi scelto come riferimento è di fondamentale importanza per un controllo a posizionamento numerico. Per questo motivo abbiamo prestato particolare attenzione al tipo di trasduttore da utilizzare come sensore di posizione. Dopo aver testato diversi prototipi, encoders ottici incrementali e radar ad ultrasuoni, è stato deciso di utilizzare un comune lettore di codici a barre come encoder assoluto. Lo scanner digitale è un UNISCAN C3R fornito dalla Bancolini System di Bologna.



Questa idea ha risolto molti problemi tecnici emersi con le tecniche adottate inizialmente: in particolar modo sia quelli conseguenti ad accoppiamenti meccanici sugli organi in movimento sia quelli dovuti al deterioramento e usura nel tempo del materiale coibente di cui è costituita la cupola.

Lo scanner utilizzato è un modello basato su tecnologia CCD che legge e decodifica opportunamente l'immagine del codice a barre focalizzata sul sensore a stato solido. Le caratteristiche salienti del lettore sono elencate a fine rapporto.

Questo lettore consente un elevato livello di programmazione per operare in numerose modalità. In questo caso lo scanner viene fatto operare in “auto-triggered mode”, ovvero in acquisizione

continua affinché sia eseguita la scansione automatica di ogni nuovo codice che appare all'interno del suo campo visivo. I codici sono serigrafati su plastica adesiva bianca.

La pista di lettura, costituita dalla sequenza di codici a barre, è stata riportata sulla superficie cilindrica di base della cupola per cui la distanza tra la matrice CCD e le etichette adesive rimane sostanzialmente costante.

Il lettore è fissato saldamente nell'intercapedine alla base della cupola dietro il pilone Nord della montatura Inglese che sostiene il telescopio. Il successo della decodifica del valore del codice letto dipende dal rapporto segnale rumore dell'immagine generata sul sensore CCD. Esso è massimizzato da un sistema di illuminazione a led rossi integrato a bordo del lettore stesso, ma dipende fortemente anche da altri fattori quali la distanza dai codici e la geometria con cui avviene la fase di lettura.

Il posizionamento dell'apertura della cupola viene effettuato pilotando da calcolatore il motore di rotazione cupola, gestito fino ad oggi solo manualmente. Per questo motivo è stata realizzata una scheda di interfaccia collegata alla porta di I/O parallela del calcolatore di controllo, per cui a tre distinti valori numerici di 8 bit in uscita corrispondono gli stati di rotazione EST, OVEST e STOP. Essenzialmente la scheda di interfaccia monta a bordo una coppia di relè che, quando opportunamente eccitati, chiudono i contatti che erogano tensione al controllo motore trifase consentendo alla cupola di ruotare.

Il lettore comunica al calcolatore di controllo la stringa numerica stampata sul codice mediante il protocollo di comunicazione seriale RS232 con un baud rate selezionabile tra 4800 e 11500 bps.

Tecnica di posizionamento della cupola

Portare il portellone di apertura della cupola nella posizione corrispondente alla bocca del telescopio non è un problema di facile soluzione analitica a causa della montatura equatoriale di tipo Inglese. Per questa ragione infatti non si può pensare di risolvere il problema del posizionamento automatico con una trasformazione delle coordinate equatoriali della stella in coordinate altazimutali.

Una tale soluzione sarebbe possibile solo se l'osservatore (il telescopio) fosse al centro del sistema di riferimento e se tale origine coincidesse con il centro della cupola, ovvero se l'asse ottico del telescopio passasse sempre per questo punto privilegiato in qualsiasi condizione di puntamento.

Nel caso del telescopio Cassini ciò non si verifica mai, quindi è stato necessario trovare una soluzione diversa.

La soluzione adottata consiste nel creare una mappatura spaziale opportuna che ad ogni posizione del telescopio faccia corrispondere una determinata posizione della cupola.

Questa mappatura si traduce in una famiglia di curve, una per ogni valore di declinazione, che relazionano l'angolo orario del telescopio con la corretta posizione del portellone di apertura della cupola.

La base cilindrica della cupola è stata suddivisa in 64 step ognuno segnato da un codice numerico il cui valore è un numero intero compreso tra 1 e 64. Per convenienza, alla posizione relativa al numero 1 il portellone di apertura si trova a NORD. Ogni settore copre un angolo al centro di 5.6° che sulla superficie interna della cupola corrisponde ad un arco di 46cm di lunghezza.

A suggerire un passo così fitto sono state alcune considerazioni sugli spazi di arresto percorsi della cupola a causa della sua inerzia; al momento in cui il motore di spostamento cupola viene fermato dalla velocità di regime, lo spazio di arresto coperto dalla cupola è sempre inferiore a 5° circa.

Larghezza portellone di apertura	2.9 mt
Diametro interno cupola	9 mt
Numero divisioni	64
Angolo corrisp. a 1 step	5.6°/step
Velocità di regime	1 step/sec

Quando il codice numerico calcolato viene raggiunto, lo spazio di arresto è tale da non oltrepassare il codice successivo.

A partire da -12° fino a $+80^\circ$ abbiamo descritto una curva di mappatura per ogni grado di declinazione, mentre la limitazione in angolo orario è definita dal raggiungimento delle due masse d'aria di estinzione atmosferica calcolate con la formula di Bemporad..

Quindi ad ogni curva trovata empiricamente viene associato un polinomio più o meno complesso ottenuto dal miglior fit lineare (e sigmoidale in particolari casi) sui punti misurati. Ogni polinomio mette in relazione l'angolo orario corrente del telescopio con la relativa posizione corretta della cupola rivelata dal codice letto dallo scanner .

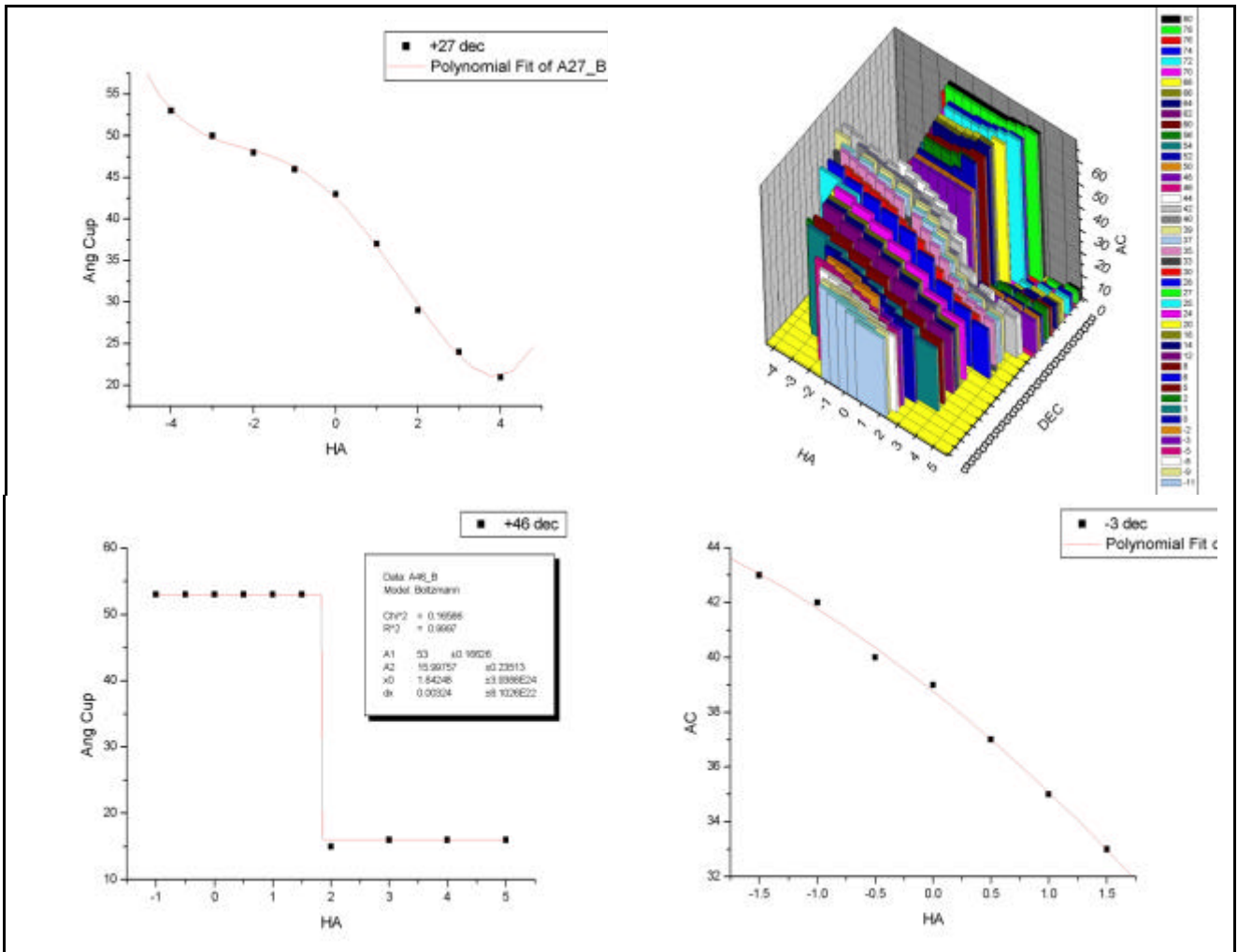


Fig. 1

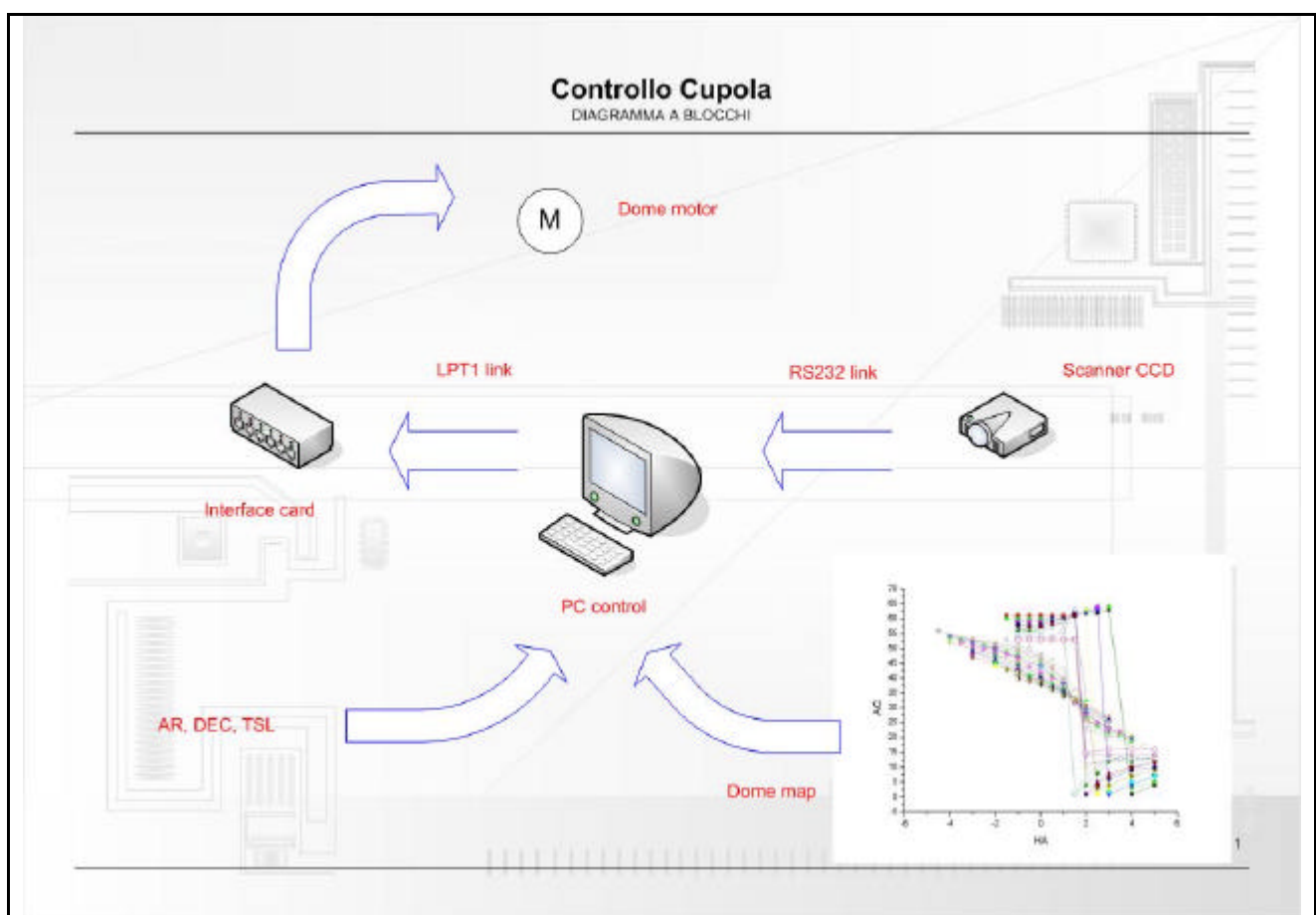
Il passo della mappatura, fissato ad un grado di declinazione, è fondamentalmente giustificato dall'evidenza che due curve polinomiali relative a due valori di declinazione contigui sono, nella maggior parte dei casi, tra loro molto simili

In *fig. 1* sono mostrati esempi di best fit ottenuti per declinazioni di $+27^\circ$, $+46^\circ$, -3° ed il grafico di tutte le curve empiriche misurate (ogni colore corrisponde ad un valore diverso di declinazione).

Il software di gestione

La versione 1.0 del software che gestisce l'automazione è scritto in linguaggio VB 6.0 (per sistema operativo Windows® 98/Me ed XP) in quanto la maggior parte delle librerie per il controllo dell'I/O sono native. Dalla porta seriale RS232, il computer di controllo riceve le informazioni sulla posizione corrente del portellone di apertura della cupola.

L'algoritmo poi, in base alle coordinate equatoriali correnti del telescopio ed al tempo siderale locale, decide quale curva tra tutte più si avvicina al valore di declinazione impostato. Quindi il codice confronta la posizione della cupola corrente con quella calcolata per mezzo del corrispettivo polinomio di posizionamento, provvedendo opportunamente a spedire la parola di 8 bit attraverso la porta di comunicazione parallela LPT che controlla l'azione del motore di cupola (muovi in direzione EST, muovi in direzione OVEST e STOP).



Le informazioni sulla posizione corrente del telescopio quali AR, DEC e TSL vengono intercettate dal computer che ne gestisce il puntamento aggiornando le corrispettive variabili nel codice del software di controllo.

Affinchè ogni movimento della cupola sia intercettato, ogni 0.5 secondi il software esegue una chiamata sulla porta seriale così da aggiornare il valore corrente della lettura del codice. Successivamente ad un flag di avvenuto posizionamento, un controllo temporizzato si assicura che, azionando se necessario il motore di spostamento, all'angolo orario corrente del telescopio corrisponda la nuova posizione della cupola calcolata. .

L'interfaccia visuale del codice di controllo permette tuttavia di disabilitare l'automatismo temporaneamente e definitivamente a favore di azioni totalmente manuali. Non è previsto buon

funzionamento del sistema nei casi in cui l'angolo orario del telescopio eccede dal limite imposto delle due masse d'aria, in quanto alcuni fit polinomiali calcolati possono assumere andamenti non corretti.

Il modello costruito è quindi approssimato, ma garantisce entro i limiti di funzionamento imposti un buon inseguimento nella maggior parte dei puntamenti. A breve il modello sarà sostituito da un algoritmo che, in modo più generale, risolve il problema analitico calcolando le coordinate del punto di intersezione dell'asse ottico dello strumento (una retta nello spazio tridimensionale) con la cupola (una semisfera descritta da una quadrica).

Specifiche tecniche

1. Pinout DB9 femmina

Pin
1
2 Bar code data output
3
4 +5V
5
6
7 Supply ground
8 Cord shield
9

2. Caratteristiche

OPTICAL	
Light Source:	Visible red LED, @ 630 nm.
Reading System:	Linear Imager with 3648 pixels
Reading Distance:	from 25 mm to 203 mm on medium density barcode
Reading Width:	127 mm code at 180 mm distance
Resolution:	5 mil (1,27 mm) at 90 mm distance
Skew Angle:	+/- 30°
Pitch Angle:	+/- 15°
Horizontal Scanning Speed:	51 mm per second
PCS Value:	30%
Scanning Rate:	up to 270 scans per second
PHISYCAL	
Dimension:	13,5 cm (L) x 7,9 cm (D) x 15,2 cm (H)
Weight:	180 gr
Case:	Polycarbonate / ABS
Supply Voltage:	5Vdc +/- 10%
Power Consumption:	typical operating 275 mA, standby 125 mA
USER ENVIRONMENT	
Operating Temperature:	min 0°C, max 50°C
Storage Temperature:	min -40°C, max 60°C
Relative Humidity:	form 0 to 95% non condensing
Shock:	the unit works normally after 25 1,8 m drops to concrete
Ambient Light Immunity:	from 0 to 70.000 lux
ESD Protection:	15 kV
MTFB:	more than 100.000 operating hours
Readable Barcodes:	UPC/EAN/JAN, Code 39, Interleaved 2 of 5, Code 2 of 5, code 11, code 128, PDF 417 (specific PDF model)
Supported Interfaces:	Keyboard Wedge for PC, Apple ADB, USB, RS 232-C and RS 232-TTL, Wand Emulation, Laser Emulation.

3.

Baud Rate

Baud Rate sends the data from the scanner to the terminal at the specified rate. The host terminal must be set for the same baud rate as the scanner.

Default = 9600.



4. Trigger mode

Default for Uniscan C3R.



5. Factory default settings

Factory Default Settings bar code below.



Factory Default Settings