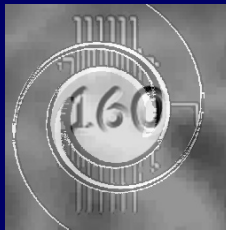


Realizzazione pratica di accessori per il miglioramento delle riprese CCD



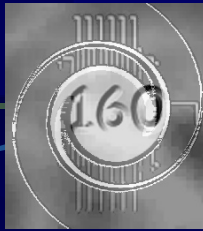
Enrico Prosperi

MPC 160 – Oss. di Castelmartini, Larciano (PT)



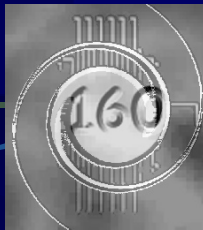
Necessità

- Mancanza di attrezzature che soddisfino specifiche esigenze di ripresa
- Elevato costo degli accessori presenti sul mercato
- Difficoltà legate a problemi talvolta di difficile individuazione e/o soluzione



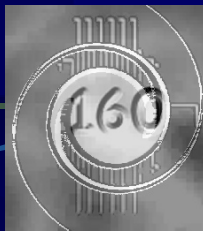
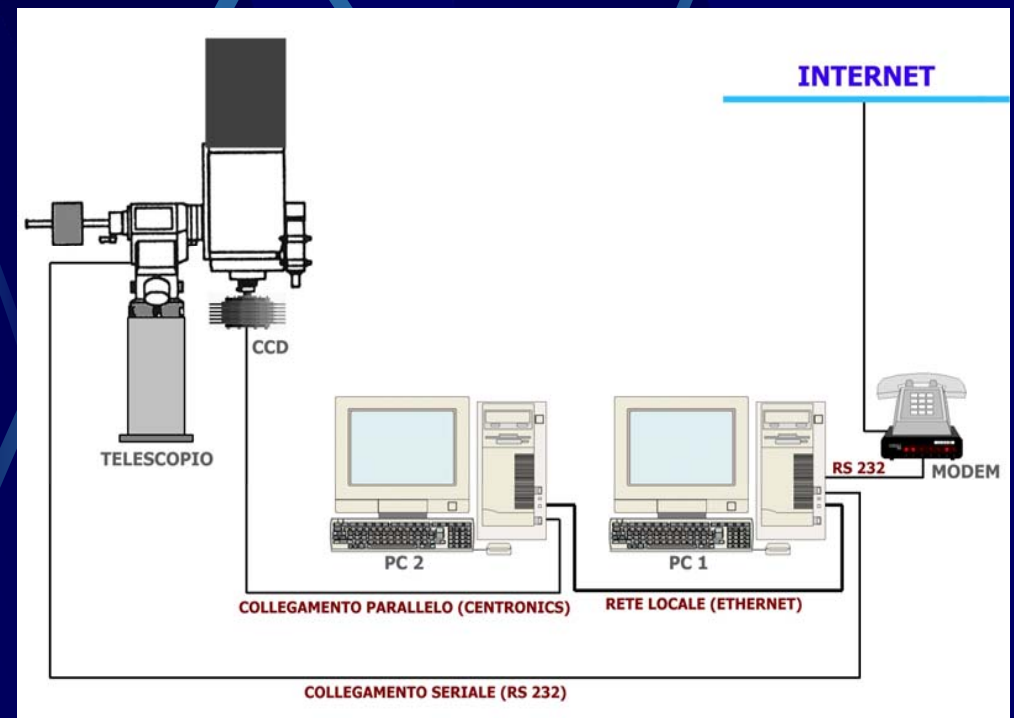
Virtù

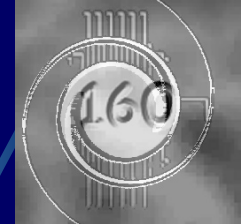
- Far fronte con i propri strumenti di analisi ai problemi ed alle difficoltà che insorgono via via.
- Soddisfazione legata al “visibile” miglioramento dei propri risultati di “imaging” e osservativi.
- Acquisizione nel tempo di esperienze e capacità di far fronte ai problemi.



Controllo remoto della strumentazione

- Diffusione - anche a livello del singolo astrofilo - dell'esigenza di controllo in remoto della propria strumentazione
- Problemi ed esigenze ulteriori
- Controllo !!!





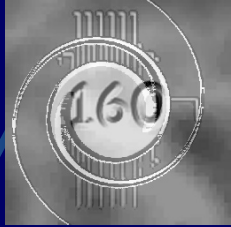
Conseguenze: i problemi si moltiplicano

- L'introduzione dell'elettronica in astronomia ha risolto problemi storici:
 - Riprese di immagini: camere CCD.
 - Controllo del moto in inseguimento e puntamento: inseguimento automatico e sistemi GOTO.
- sorgono tuttavia tutta una schiera di problemi un tempo sconosciuti e legati al nuovo tipo di immagini e all'esigenza di rendere remoto il controllo della strumentazione e degli apparati.

Alcuni esempi

- Calibrazione immagini digitali (bias, dark, flat)
- Elaborazione immagini digitali (meccanismi e procedure)
- Foccheggiamento remoto (automatico o controllato)
- Controllo interferenze meccaniche (webcam)
- Procedure remote (al di fuori del controllo umano)
- ...





Focus: Due problemi

- Calibrazione delle immagini CCD
 - Flat-field
 - Analisi del problema
 - Discorso sulle soluzioni e gli apparati che ho sperimentato nel corso degli anni.
- Ripetibilità nel corso del tempo delle riprese CCD
 - Costanza del rapporto S/N (almeno per quello di origine termica) nel corso della serata e delle stagioni.
 - Stabilizzazione della temperatura del sensore CCD
 - CIRCOLAZIONE DI LIQUIDO refrigerante

Il Flat-Field (immagine di spianamento)

A che serve?

1. Per correggere la vignettatura e i disturbi introdotti dalla combinazione ottica impiegata
2. Per la compensazione degli artefatti dovuti alla presenza di granelli di polvere e di sporco presenti lungo il percorso ottico (in particolare quelli presenti sulle finestre ottiche della camera CCD e sul chip del sensore)

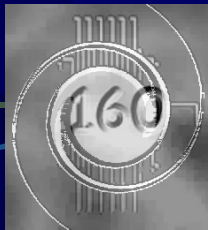
Quindi:

- a. Si deve rifare ogni volta che la combinazione ottica varia
- b. Deve essere eseguita con l'ottica a fuoco (e quindi dopo la messa a fuoco!)

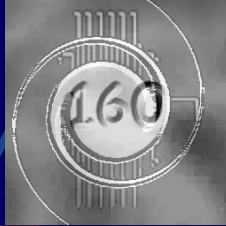
Tra le immagini di calibrazione questa è la più difficile da sintetizzare

Come si ottiene?

- Occorre riprendere una sequenza di n (**dispari e $n \geq 5$**) immagini con posa non troppo breve (almeno **10÷15 sec**) e, ovviamente, non sature (buona regola è che il valore medio dell'immagine sia **attorno a metà della dinamica della camera**) di uno sfondo uniforme:
 1. quello del fondo del cielo 30'-45' dopo il tramonto, oppure
 2. quello di una superficie illuminata uniformemente, oppure
 3. con un apparato concepito e ottimizzato per questo scopo

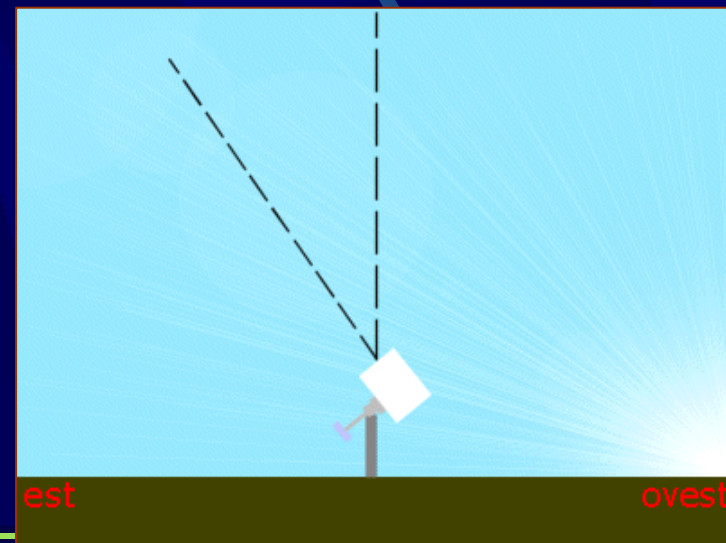
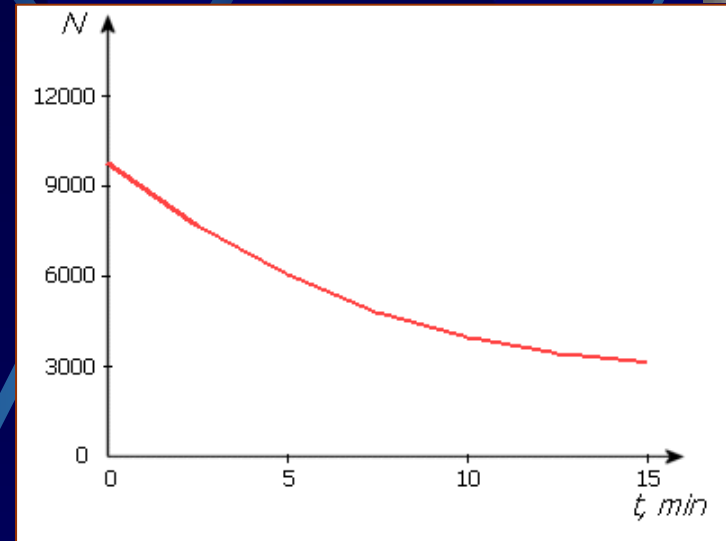


1. Flat dal fondo cielo



Le difficoltà consistono in

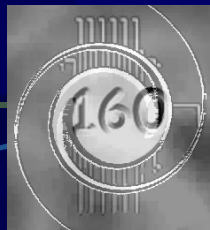
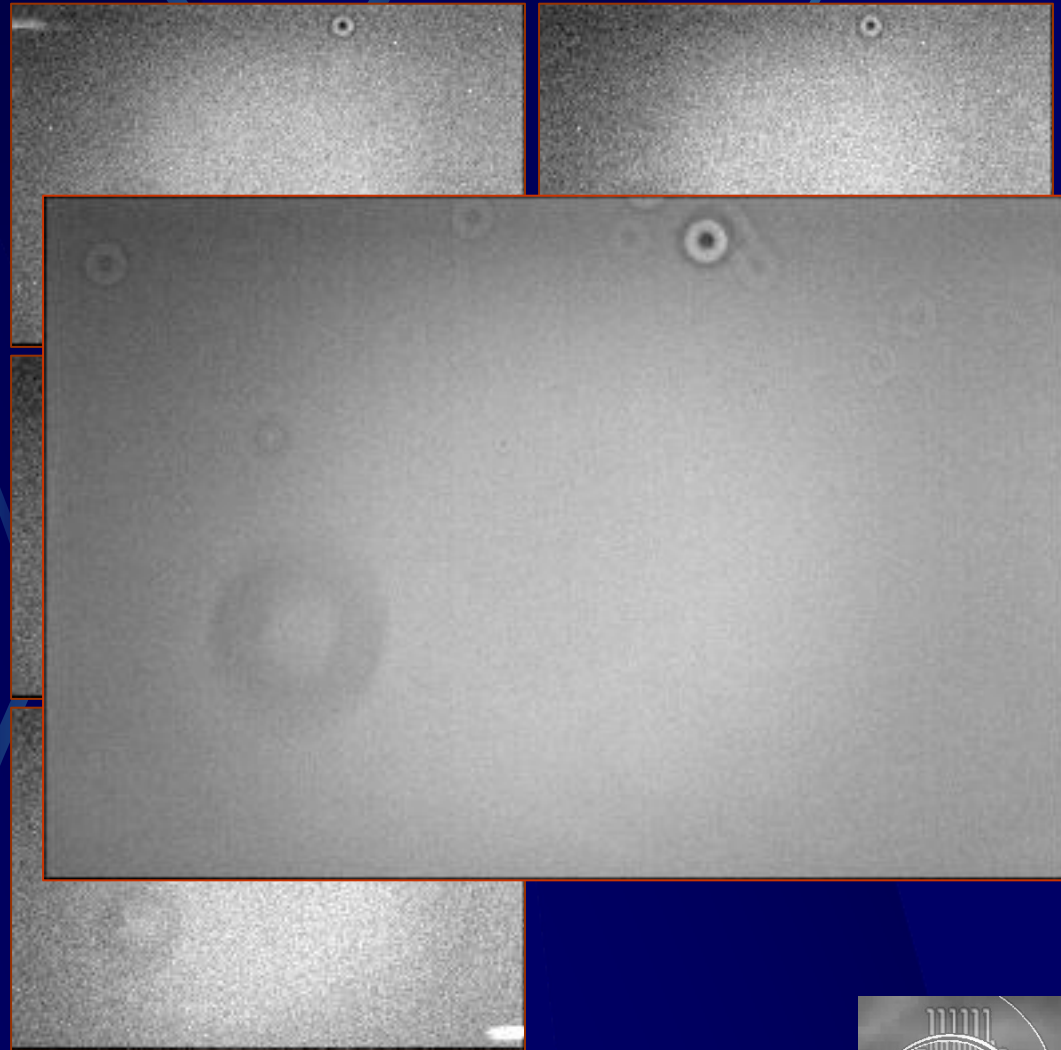
- Necessità di dover mettere **preventivamente** a fuoco
- **Attesa** fino a che il cielo abbia raggiunto la giusta luminosità
 - Da **non saturare** le singole immagini
 - Da consentire **esposizioni di circa 20"**
- **Brevità** del tempo utile
- **Variazione di luminosità** del cielo nel corso delle riprese
- **Gradiente di luminosità** della volta celeste



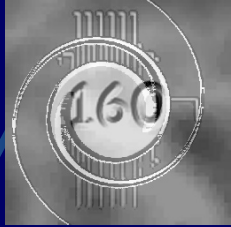
Sintesi del Master Flat

Algoritmo per la sintesi del Master Flat-field

- Si acquisisce un numero n di flat ($n \geq 5$): $f_i, i=1, \dots, n$
- Si sottrae ad ogni flat il master bias (B)
 $f_i^* = f_i - B \quad i=1, \dots, n$
- Per $i=1, \dots, n$
 1. si calcola il fattore moltiplicativo k_i da associare al master dark (D) e relativo all'immagine di flat corrente
 2. Si sottrae il dark scalato
 $f_i^- = f_i^* - k_i \cdot D$
- Si scalano i singoli f_i^- con fattore moltiplicativo in modo da rendere omogeneo il valor medio di tutti i flat
- Si calcola il valore mediano degli n flat: questo sarà il Master Flat



Il Master Flat



Si acquisisce un numero n di flat ($n=9$):
 $f_i, i=1, \dots, 9$

Si sottrae ad ogni flat il master bias (B)

$$f_i^* = f_i - B \quad i=1, \dots, 9$$

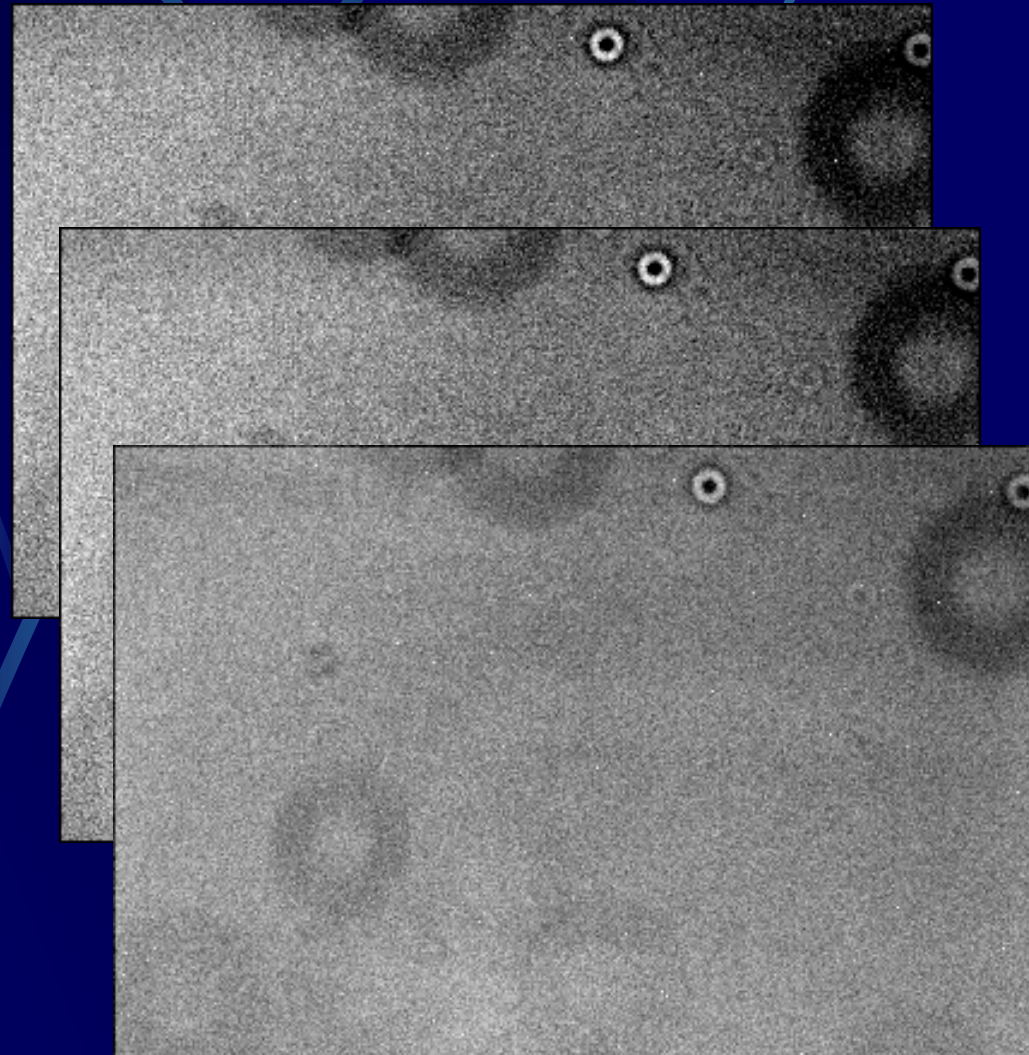
Per $i=1, \dots, 9$

1. si calcola il fattore moltiplicativo k_i da associare al master dark (D) e relativo all'immagine di flat corrente
2. Si sottrae il dark scalato

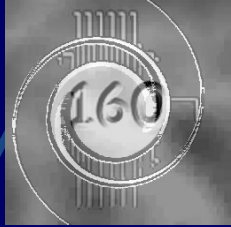
$$f_{\sim i} = f_i^* - k_i \cdot D$$

Si scalano i singoli $f_{\sim i}$ con fattore moltiplicativo in modo da rendere omogeneo il valor medio di tutti i flat ($B_g = \text{MaxLev}/2$)

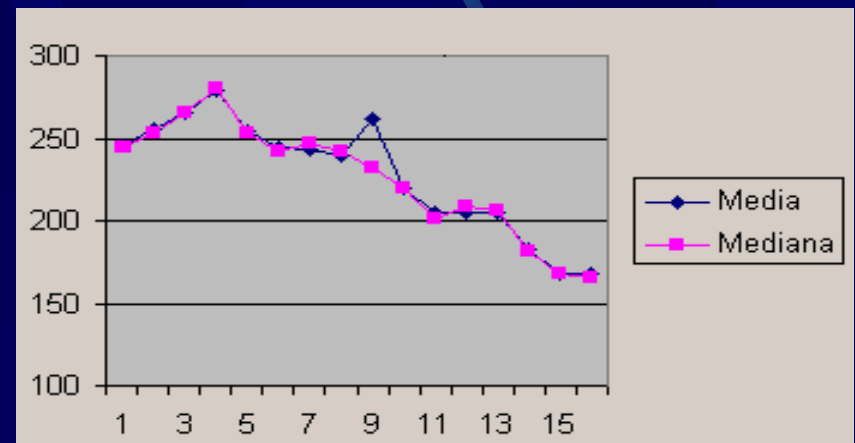
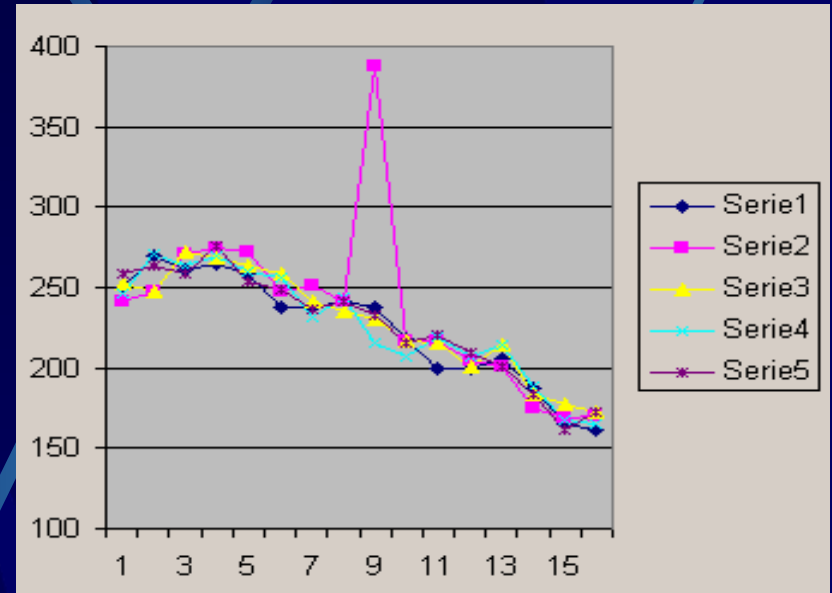
Si calcola il valore mediano dei 9 flat: questo sarà il Master Flat



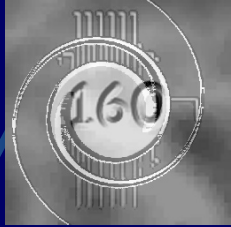
Il valore mediano



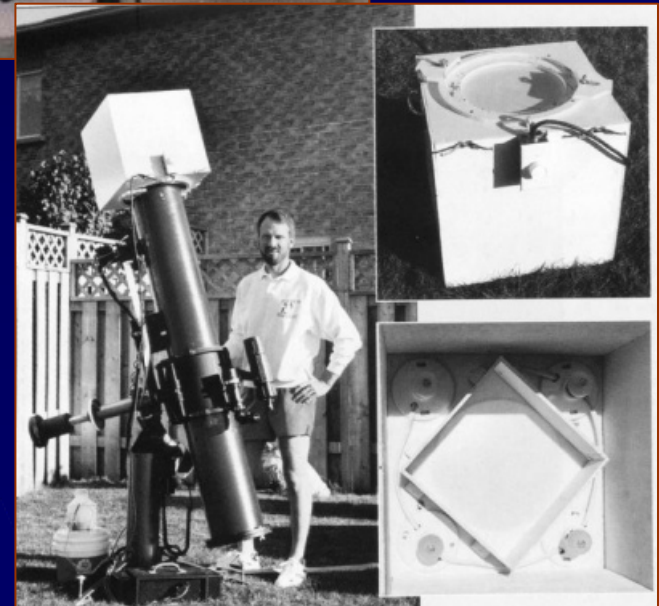
- Vale la pena di puntualizzare il concetto di elemento mediano. Infatti, questo è del tutto diverso da quello di media
 - Ragionando per sequenze di dati monodimensionali (vedi figura)
 - Il mediano si determina (nel caso di un numero dispari di sequenze o serie) come l'elemento centrale della sequenza ordinata dei dati corrispondenti ad una determinata posizione.
 - Se invece il numero di serie è pari, è il valore medio tra i due elementi centrali.



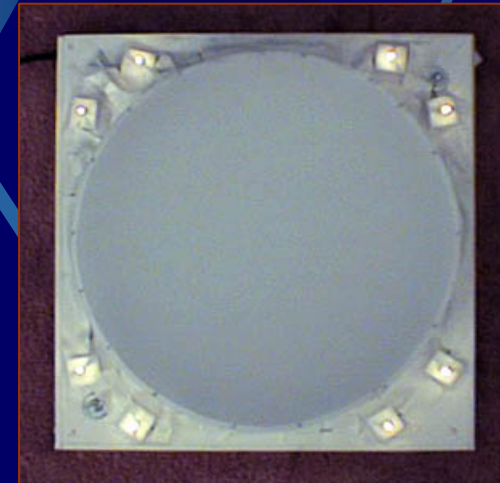
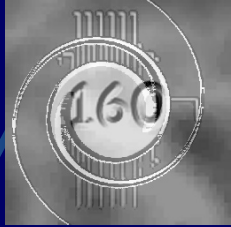
Flat con appositi apparati



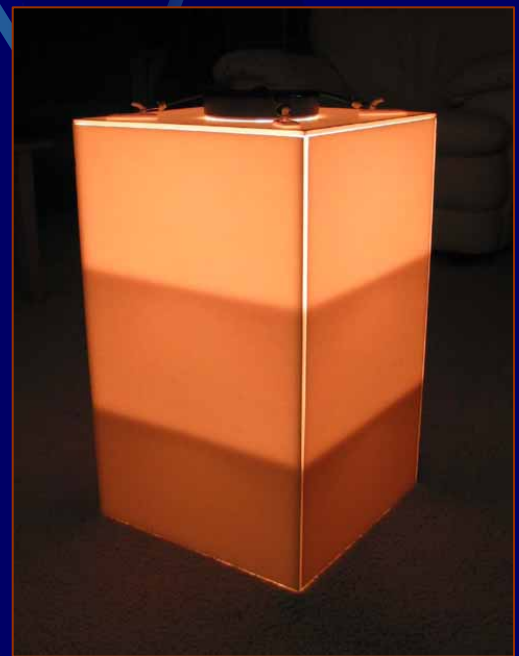
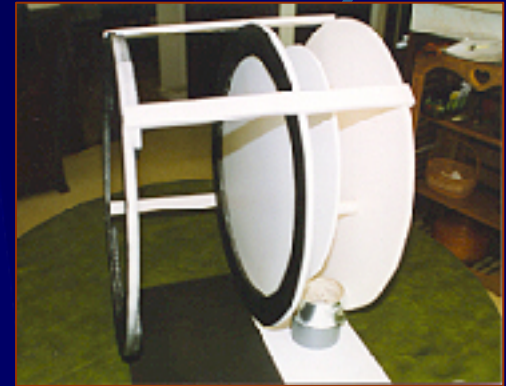
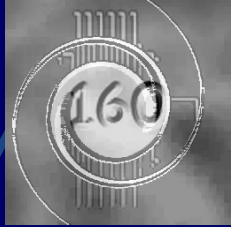
- I flat field si possono ottenere anche con apparati realizzati ad hoc per questo scopo
- **Vantaggi:**
 1. Si possono realizzare i flat quando si vuole
 2. Si possono impostare a piacimento i parametri
 - Luminosità
 - Tempo di posa
- **Accorgimento:**
 1. Si devono utilizzare sorgenti luminose con spettro continuo (come le lampade a incandescenza)



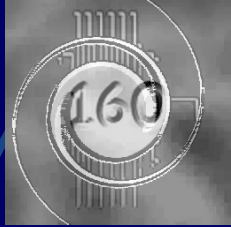
Altri apparati (1)



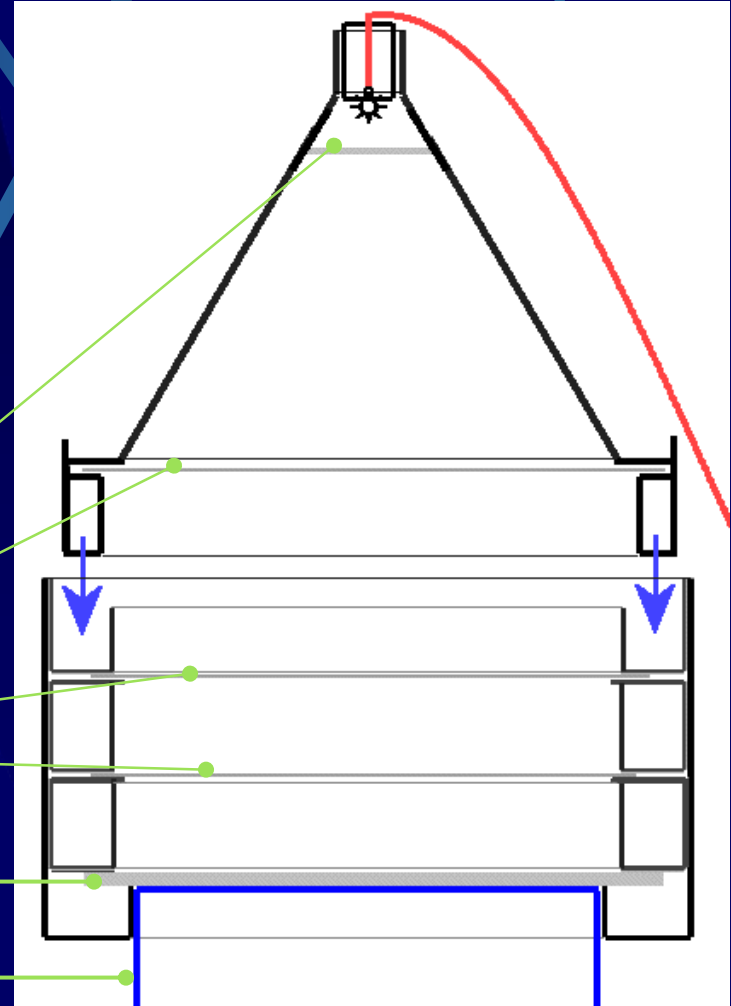
Altri apparati (2)



Il mio vecchio dispositivo



Struttura leggera
in cartoncino: va
adattata al
paraluce del
telescopio.

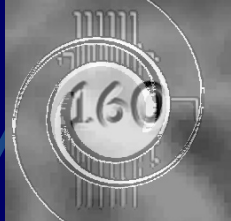


Fogli di carta traslucida

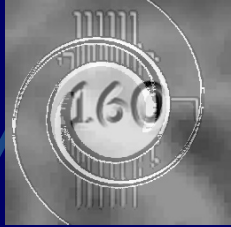
Lastra di plexiglass

Paraluce del telescopio

Altri particolari

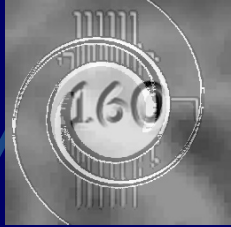


Il sistema attuale



- Gli apparati che utilizzo attualmente sono costituiti da
 - Un cilindro con due superfici traslucide in vetronite (da 0,2-0,3 mm);
 - Un disco in plexiglass (405 mm dia e 2 mm di spessore)





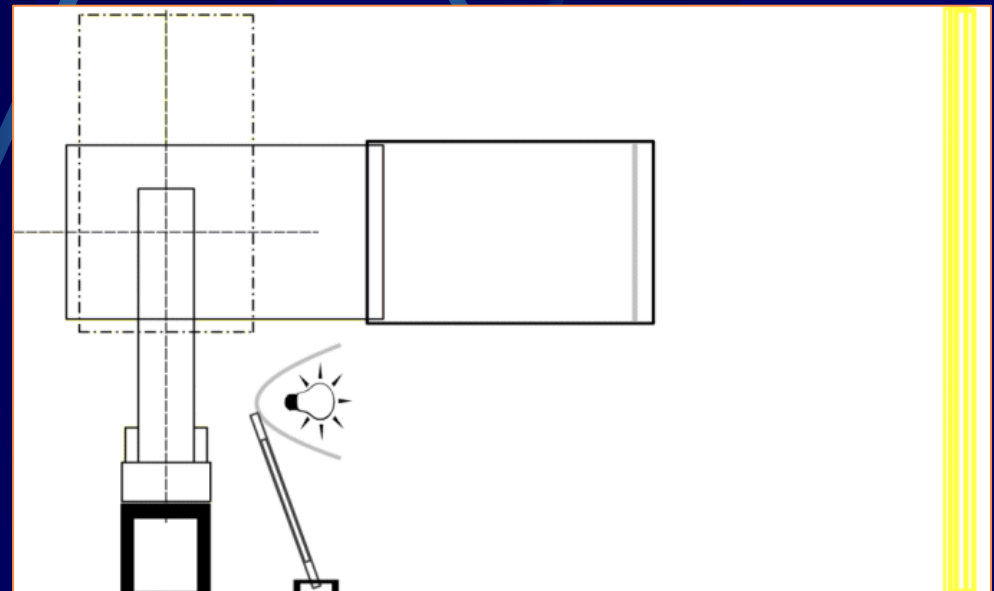
Semplificazione del metodo

● Sequenza:

- Disco di plexiglass alla sommità del paraluce;
- Posizione orizzontale verso parete (chiara);
- Lampada di fianco al telescopio illumina la parete;
- Intensità di illuminazione per avere una durata di almeno 5 sec della singola posa.

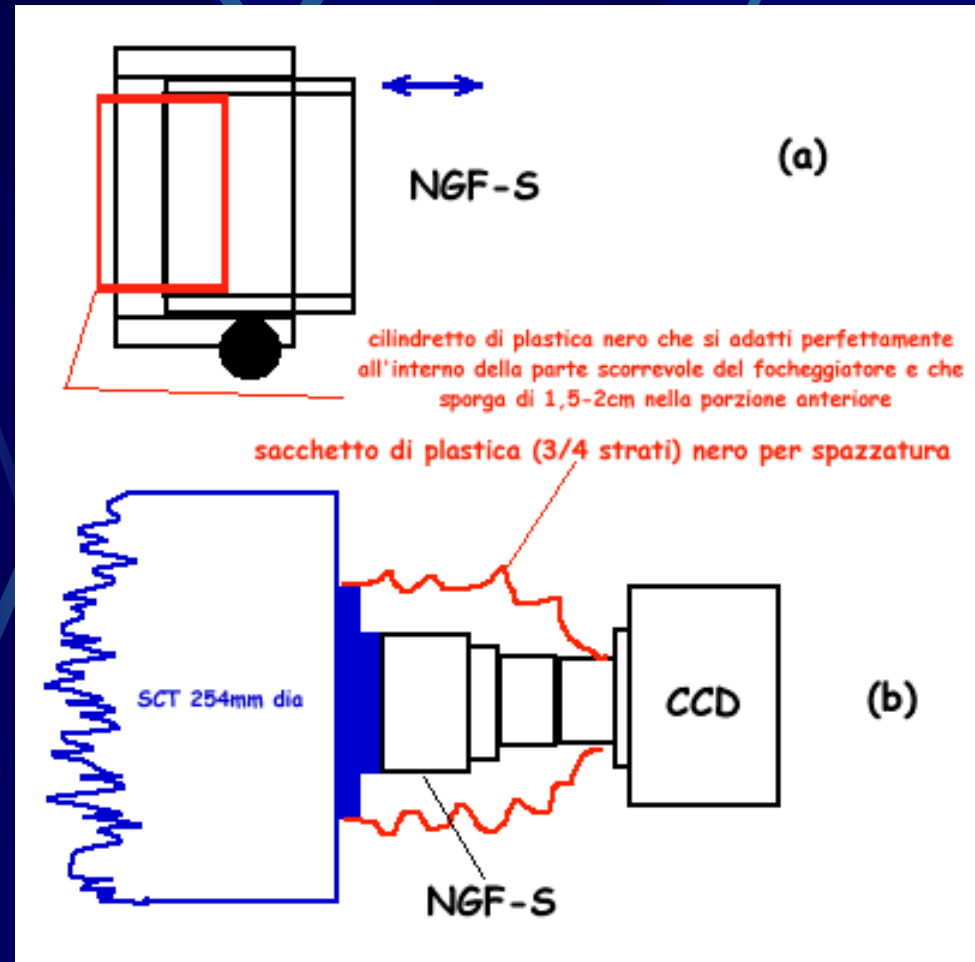
● Occorre fare attenzione a:

- Luce laterale (da paraluce, da attacco camera ccd, ecc);
- Uniformità di illuminazione del campo inquadrato.



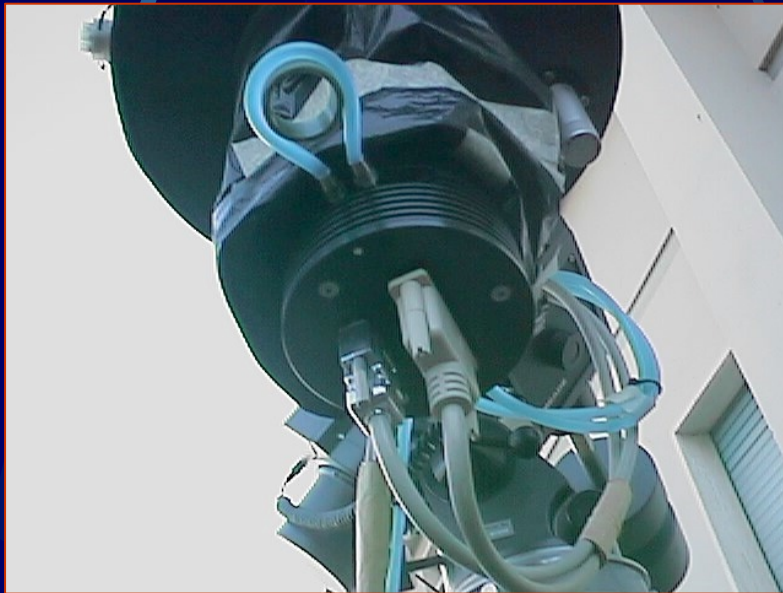
Analisi

- Come si verificano le infiltrazioni di luce laterale?
 - Cause principali:
 - Il focheggiatore (NGF-S) è permeabile alla luce;
 - Insufficiente opacizzazione del paraluce;
 - Squilibrio introdotto dall'apparato di flat field per illuminazione laterale.



Interventi

- Attuazione degli accorgimenti per limitare le infiltrazioni di luce laterale



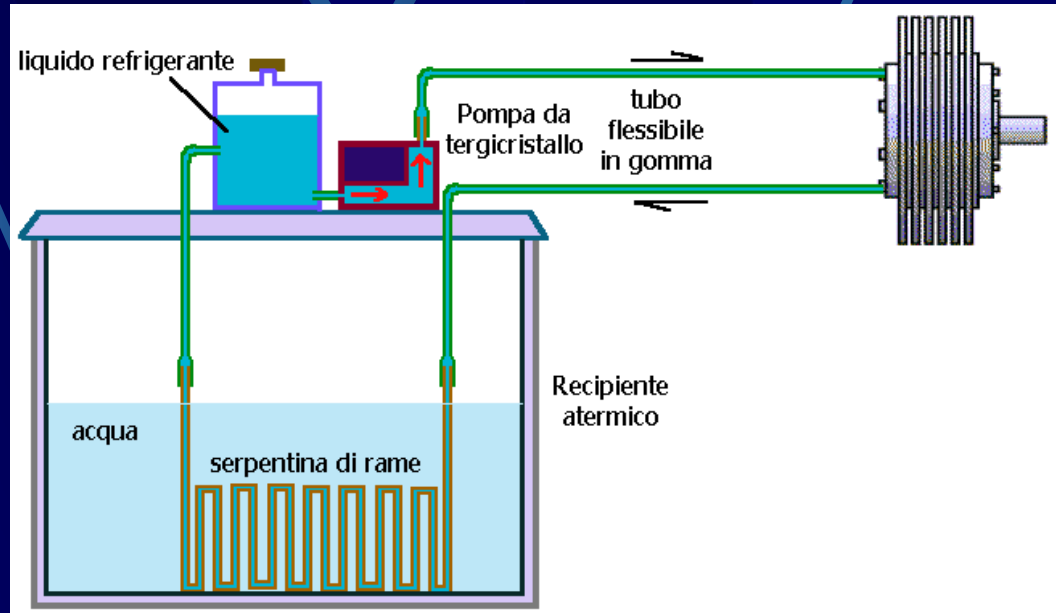
Stabilizzazione della temperatura del sensore CCD

● Perché?

- raggiungere con facilità temperature mediamente basse ($-20 \div -25^{\circ}\text{C}$) al sensore CCD;
- ripetibilità nel tempo delle riprese
 - Costanza del rumore termico e conseguentemente del rapporto S/N.
- Uso per lunghi periodi di tempo delle stesse riprese di calibrazione (dark, bias e flat-field).

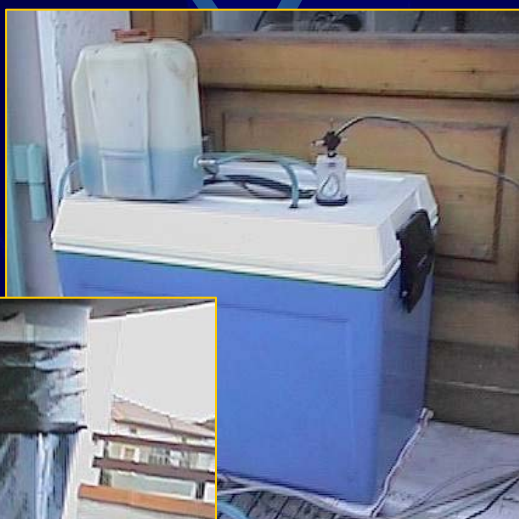
Il mio primo sistema

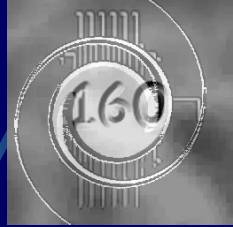
- Refrigerazione a circolazione di liquido
- La Hi-SIS 22 è già predisposta
 - Occorrente:
 - Recipiente atermico;
 - Scambiatore di calore (serpentina);
 - Pompa.



Primo sistema (altri particolari)

- In funzione ... con il Meade SSC -10" e l'Hi-SIS 22





La realizzazione dell'attuale sistema

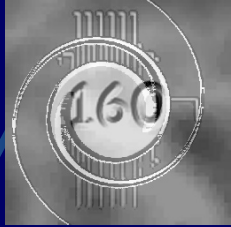
- Realizzato per ottimizzare le prestazioni e minimizzare la quantità di ghiaccio necessaria per il funzionamento
 - Quantità minima di acqua nello scambiatore
 - Mantenimento mediante cella termoelettrica (Peltier)

L'assemblaggio

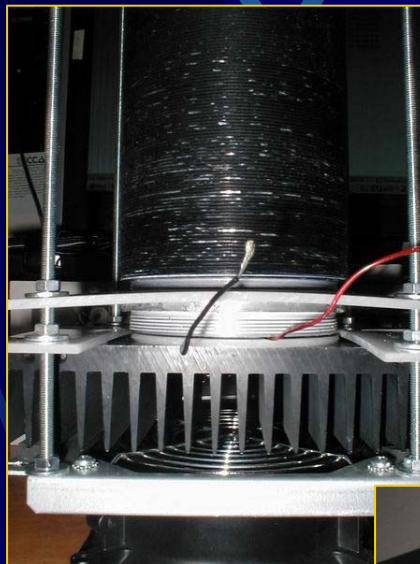
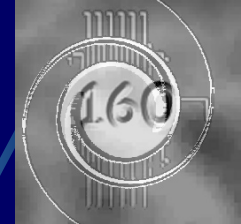
- Quelle che seguono sono le fasi di montaggio del nuovo apparato di refrigerazione
- La camera ccd è adesso la SBIG ST-9XE.



Assemblaggio (2)



Assemblaggio (3)

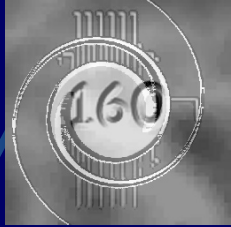


Assemblaggio (4)



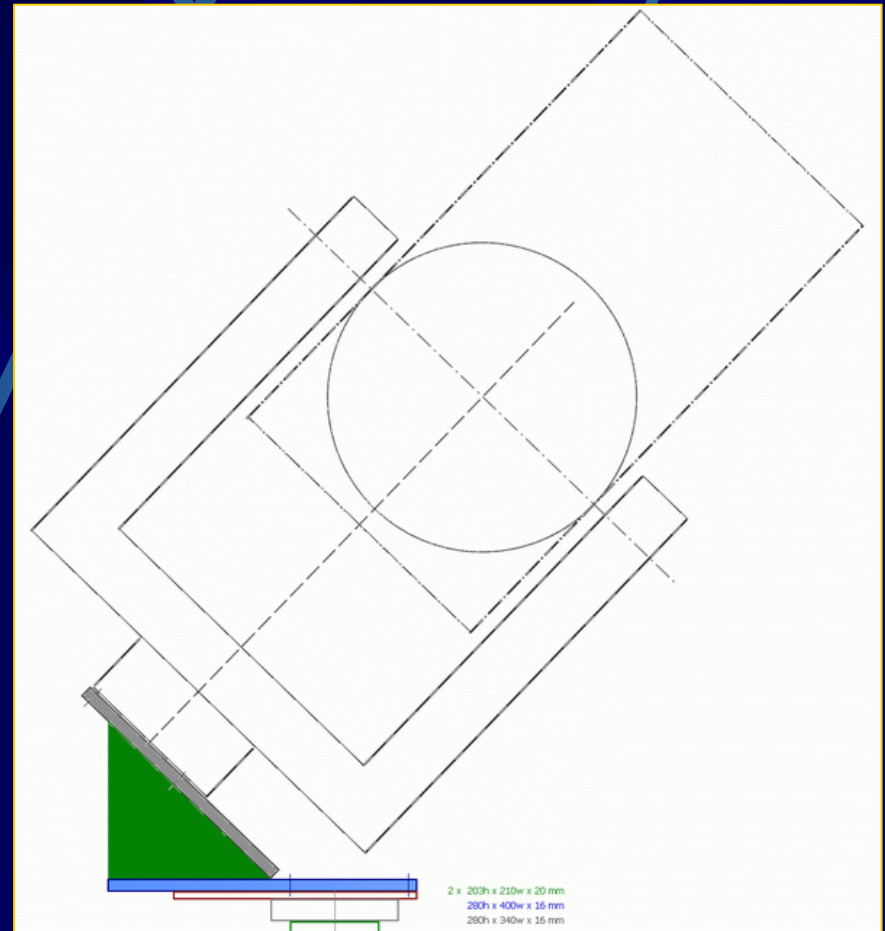
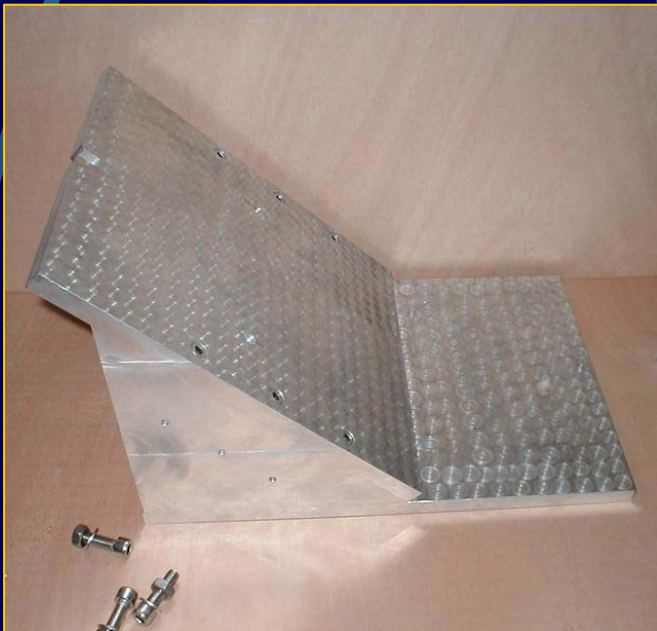
In funzione (5)





Testa equatoriale iper-rigida

- Realizzata con lastre d'alluminio da 16 e 30mm di spessore.



Testa equatoriale



Paraluce superleggero

- in vetronite



Paraluce in funzione

