



# TAOS II 相機控制系統 開發、組裝、與測試

王伯洲 & OIR 實驗室

2023/11/21

第十屆海峽兩岸天文望遠鏡與觀測前沿技術研討會



# ASIAA TAOS2 相機系統開發成員

管理：王祥宇、Matthew Lehner

機械結構：陳心躍、黃炳杰

光學系統：周瞿毅、張蔭昌

冷真空系統：張蔭昌、凌鴻緒

硬體電路設計：王伯洲、許書輔

韌體電路設計：王伯洲、張智威

系統軟體／應用程式：張智威、王伯洲、黃鍾凱

影像測試：凌鴻緒、黃鍾凱、王伯洲

系統組裝測試：張蔭昌、黃鍾凱、凌鴻緒、王伯洲

網路系統：張智威、嚴葦玲



# TAOS2 任務

## ➤ 目標：

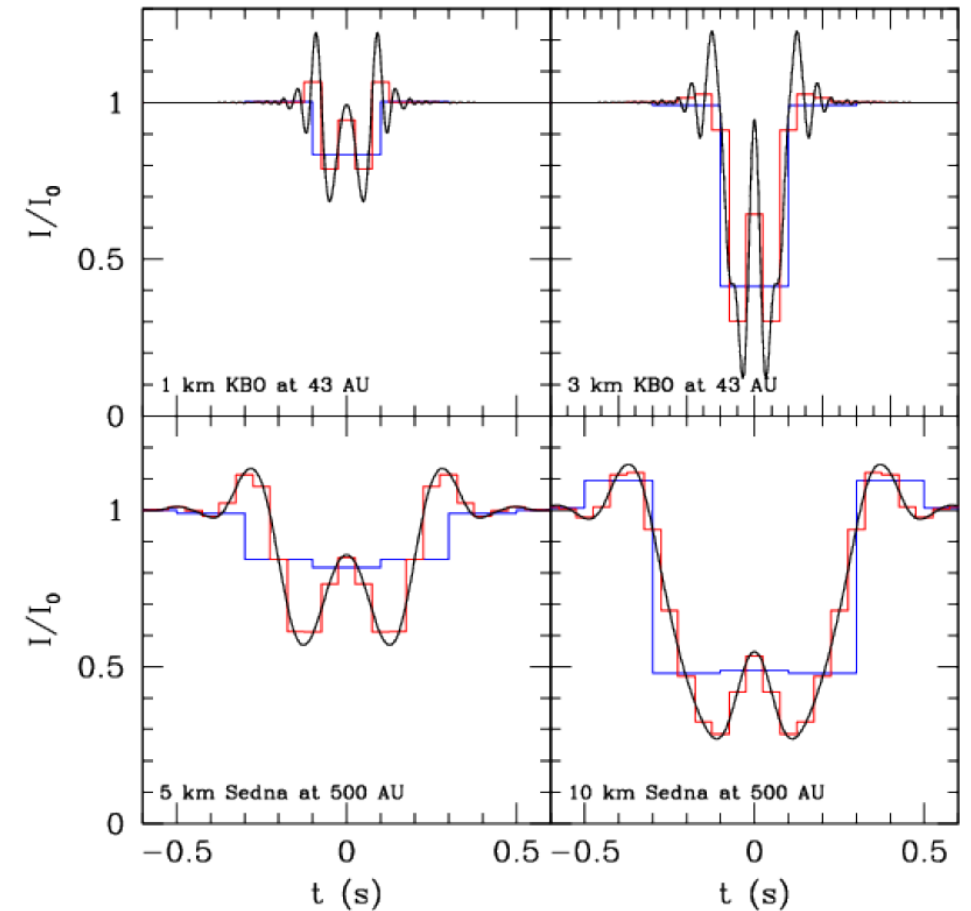
TAOS II (海王星外自動掩星普查計劃，Transneptunian Automated Occultation Survey) 的科學目標是觀測海王星外直徑最小在 0.5 公里的小型天體，以探討太陽系與彗星形成等機制。

## ➤ 方法：

因觀測對象體積過小，無法在地球上直接看到，但可透過「掩星」事件，亦即小型天體在飛過一般可見星體前方，造成星光有明暗變化的現象來間接偵測到小型天體的存在。

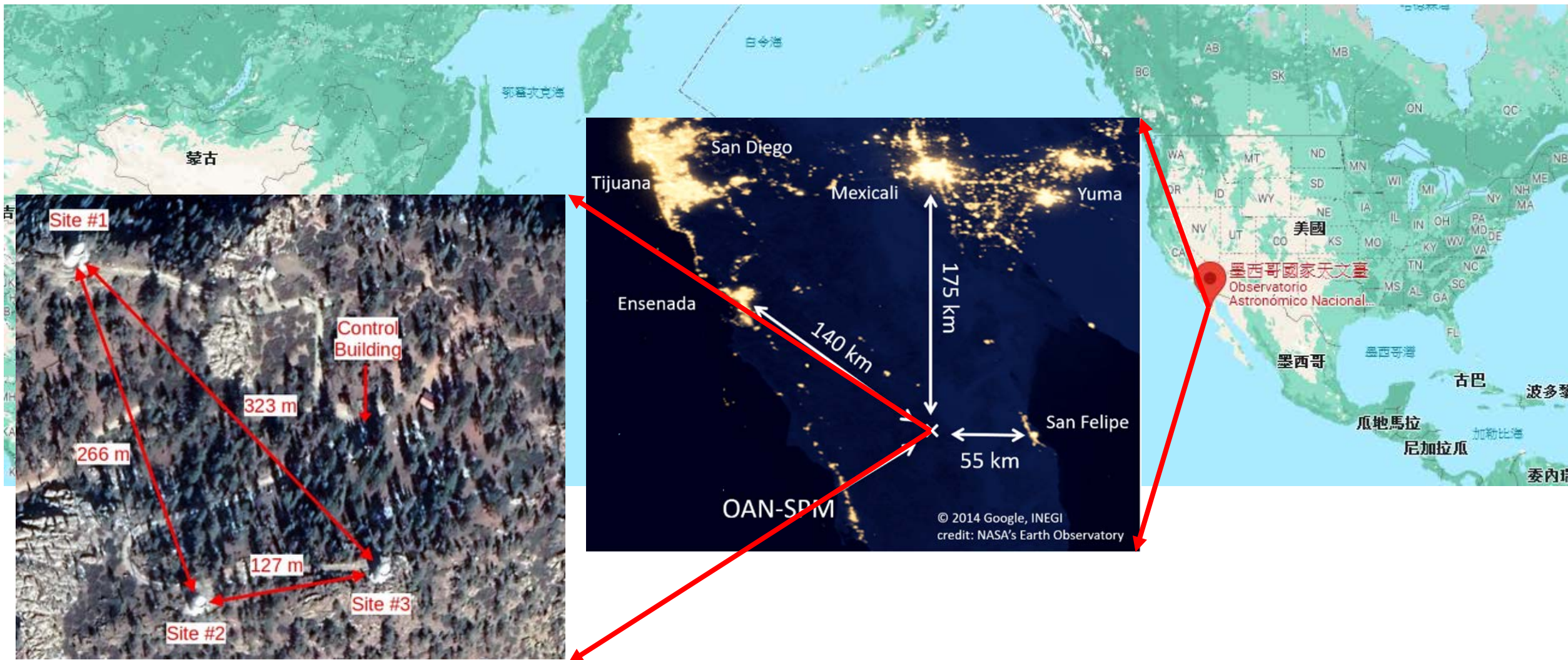
## ➤ 觀測需求：

- 同時監看至少 10,000 顆亮星
  - => 使用多個影像感測器組成的陣列來取得大視野
- 20 Hz 的影像取樣率
  - => 整幅影像只讀出有興趣的像素 (子視窗讀出模式)
  - => CMOS 影像感測器





# TAOS2 觀測站 OAN – SPM (1)



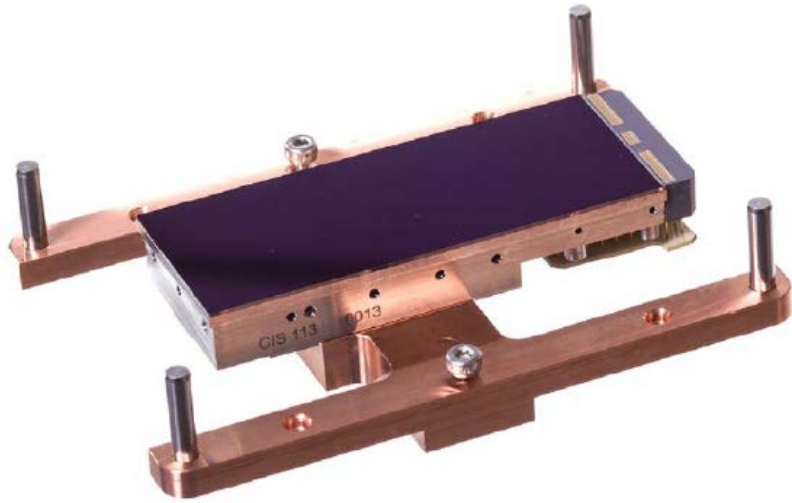


# TAOS2 觀測站 OAN – SPM (2)





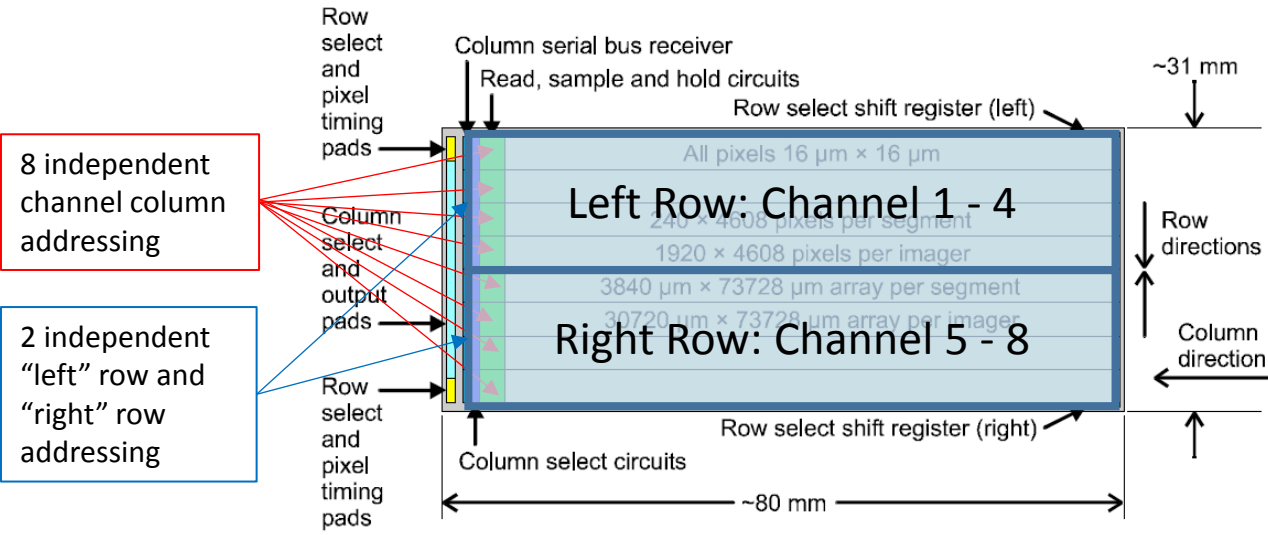
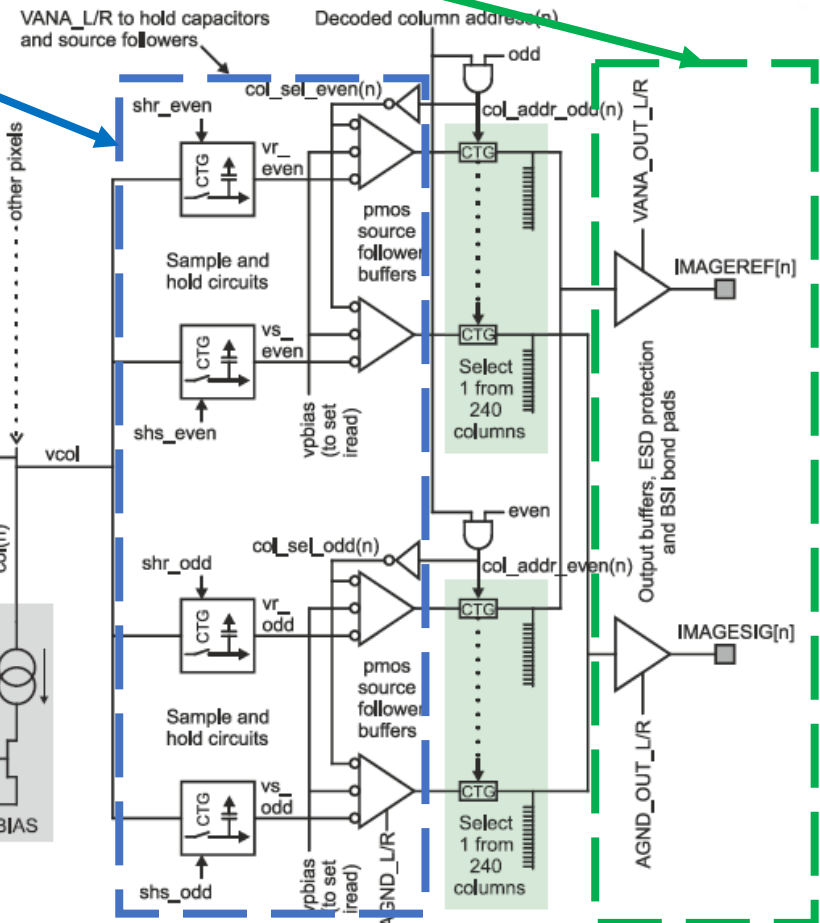
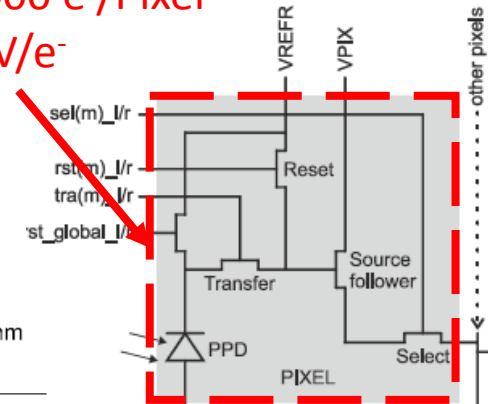
# TAOS2 CMOS 感測器 : e2v CIS113



## Odd-even Sampling Circuits

## Correlated Double Sampling

5T-Pixel  
 $Q_{SAT} : 15,000 e^-/\text{Pixel}$   
 $CVF: 90 \mu\text{V}/e^-$



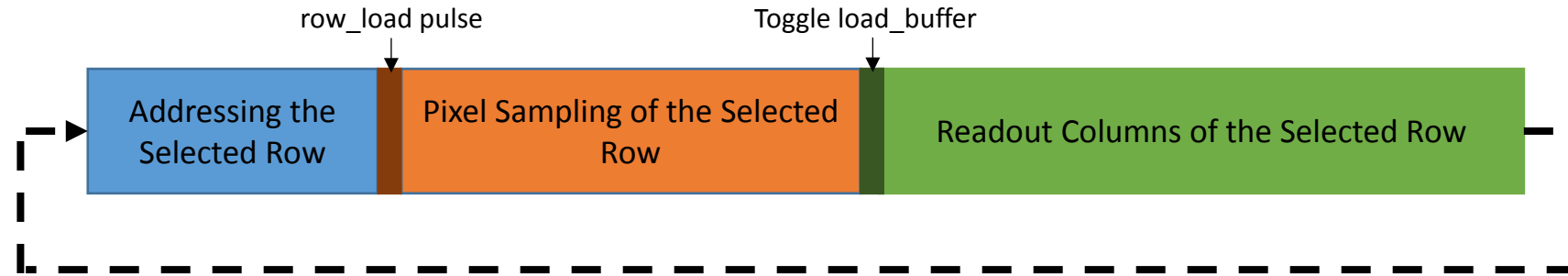
8 independent channel column addressing

2 independent "left" row and "right" row addressing

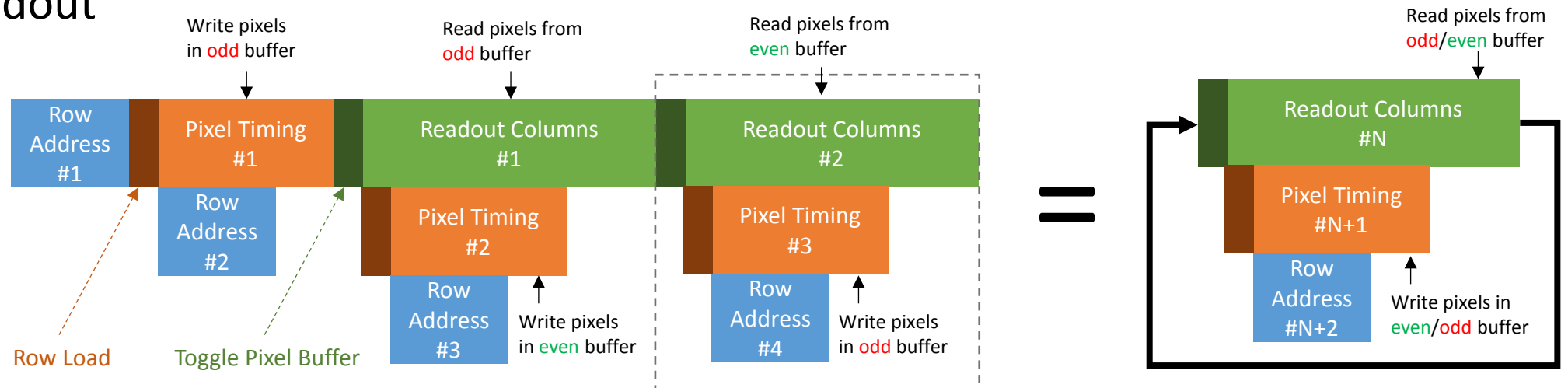


# CIS113 像素讀出模式

## Basic Readout

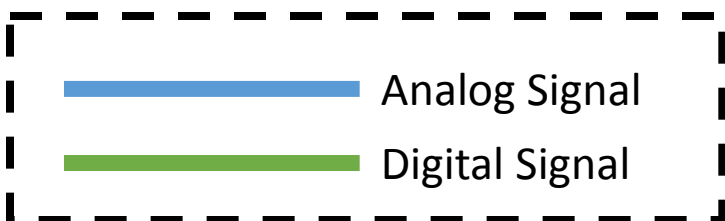
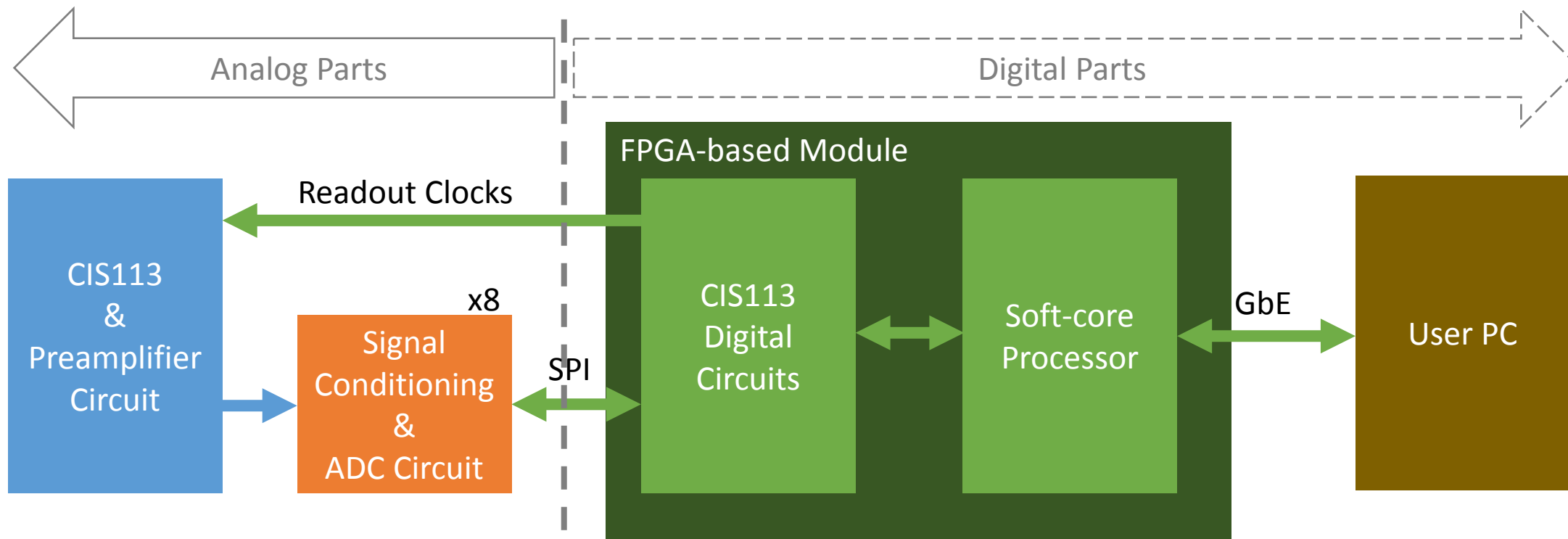


## Pipeline Readout



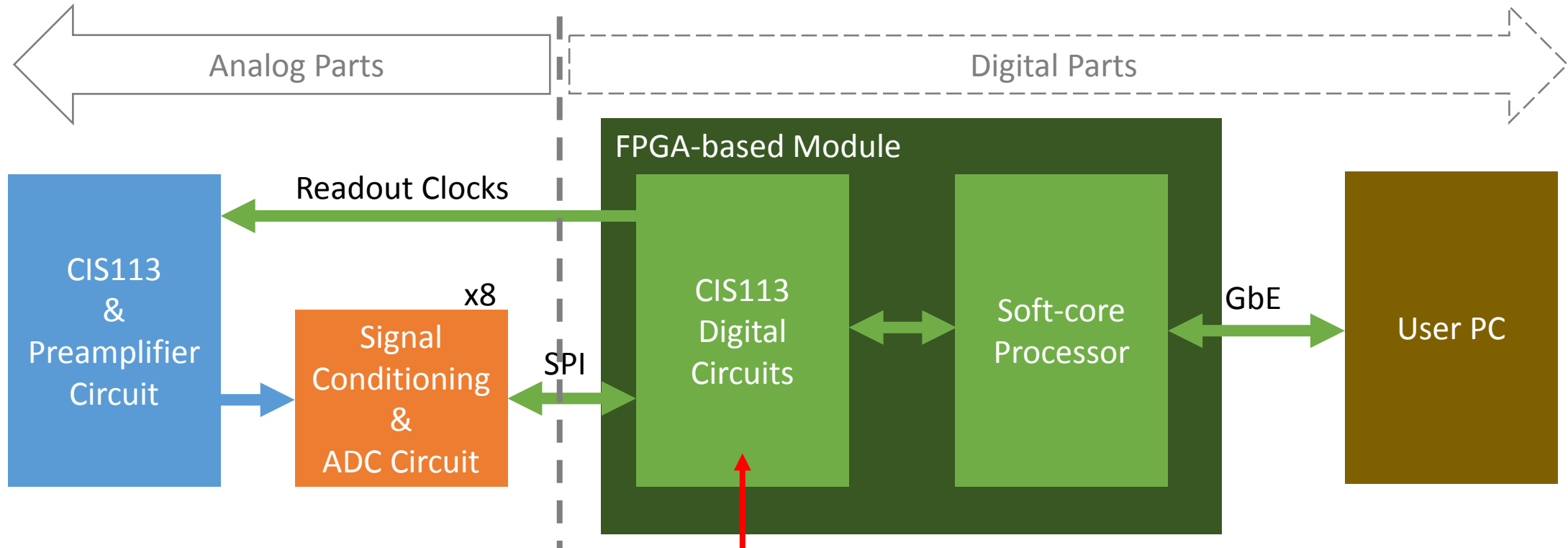


# CIS113 控制系統架構





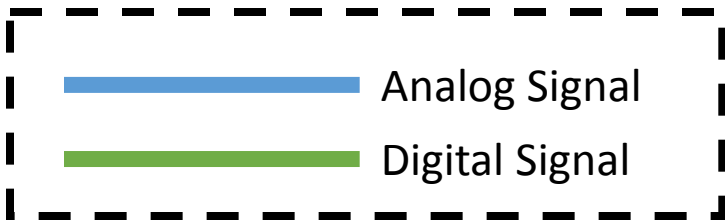
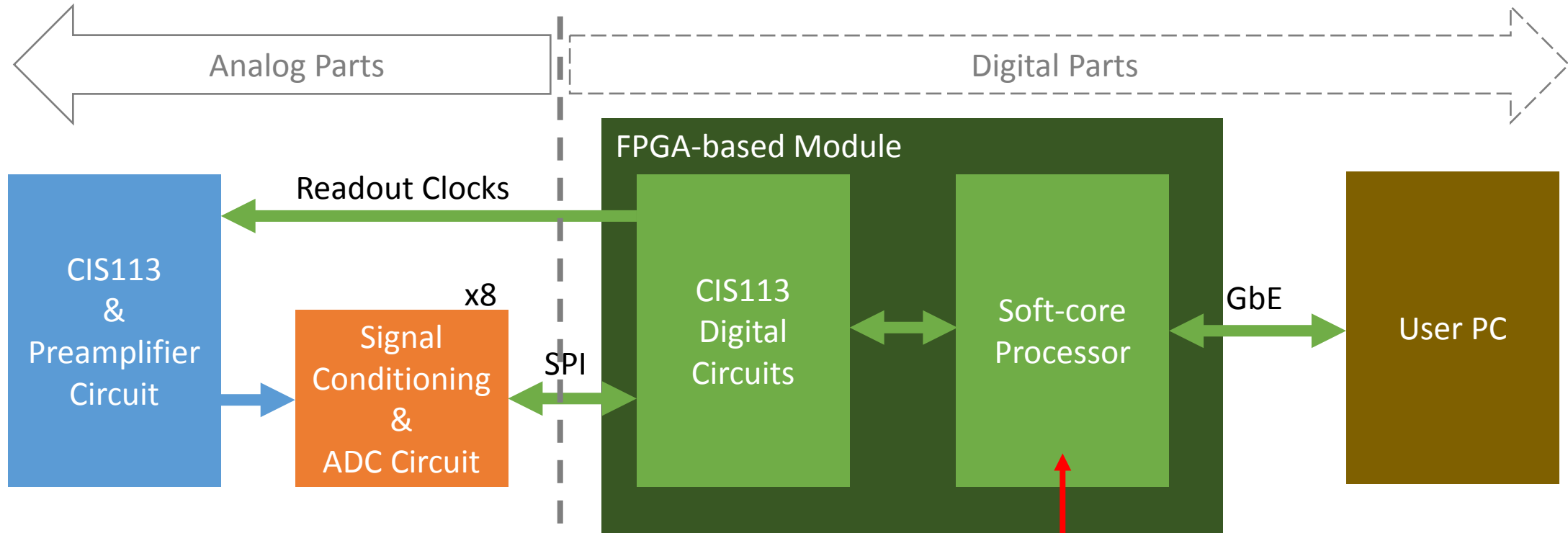
# CIS113 控制系統架構



- 執行來自 Embedded OS 的指令
- 產生讀出 CIS113 影像的時鐘訊號
- 產生 ADC 運作控制時鐘與接收 ADC 轉換後的像素數位數據
- 依運作模式 (full frame mode / sub window mode) 處理接收的像素數據



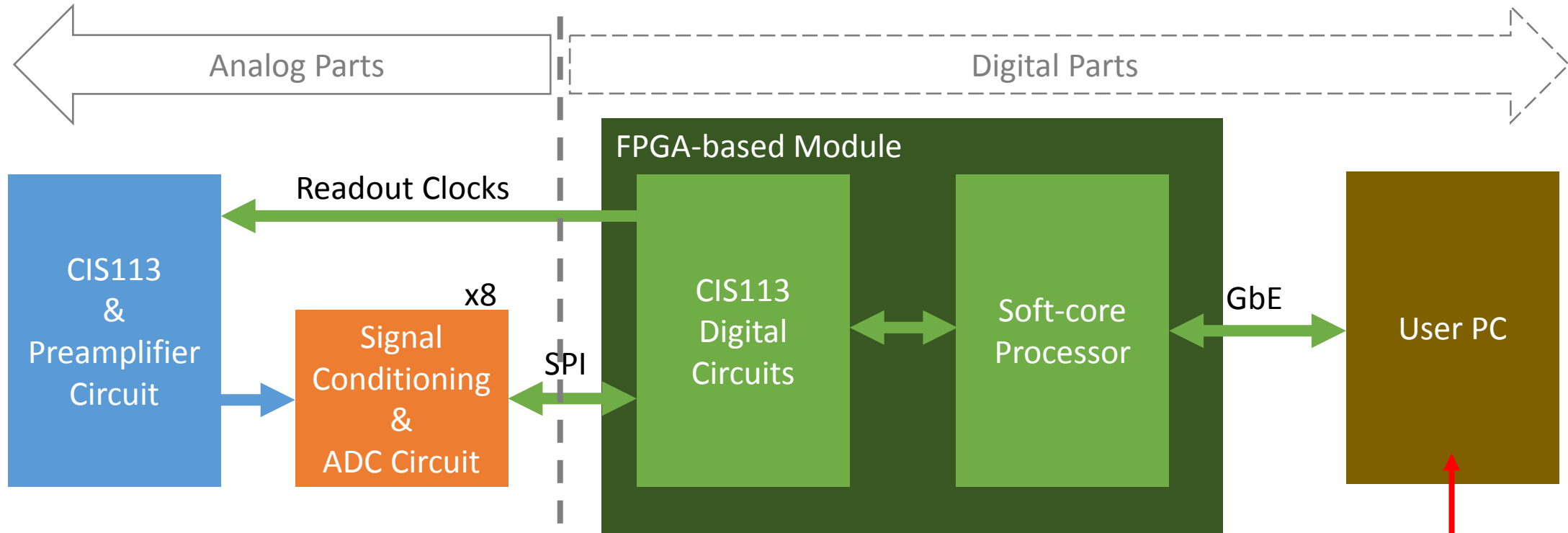
# CIS113 控制系統架構



- 執行來自 PC 端的指令
- 派送指令到指定的數位邏輯電路模塊
- 定量將儲存在 FPGA module 記憶體の影像數據傳送到 PC 端



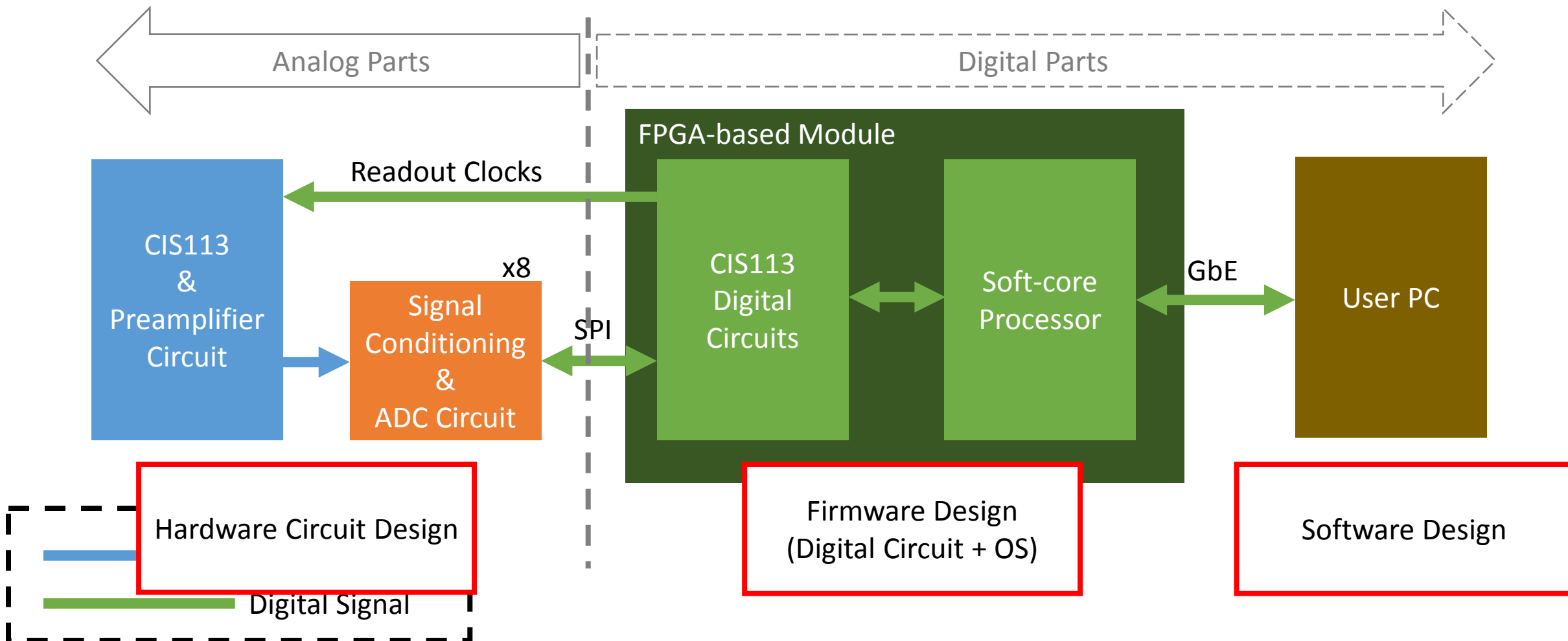
# CIS113 控制系統架構



- Sub windows 座標資訊計算與編碼
- 指令的編碼與傳送
- 接收來自 FPGA module 的影像資料
- 監視 CIS113 控制系統的運作狀態



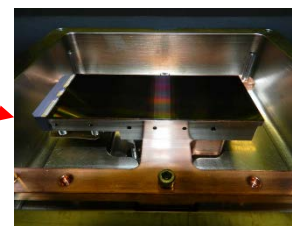
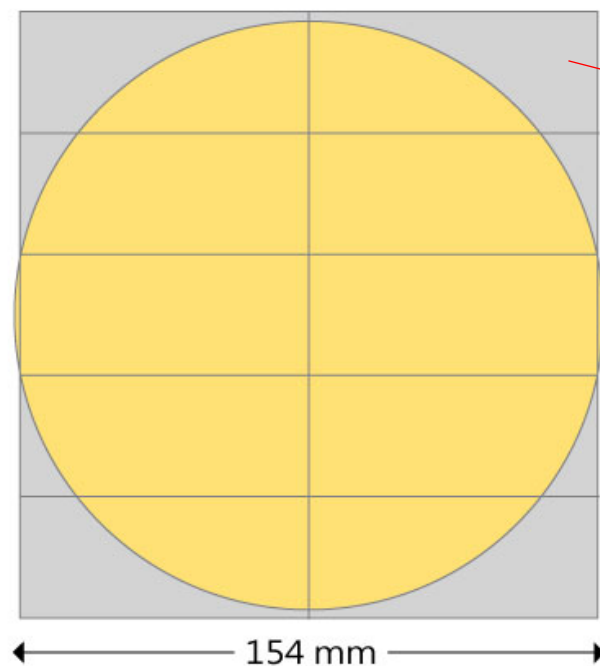
# CIS113 控制系統架構



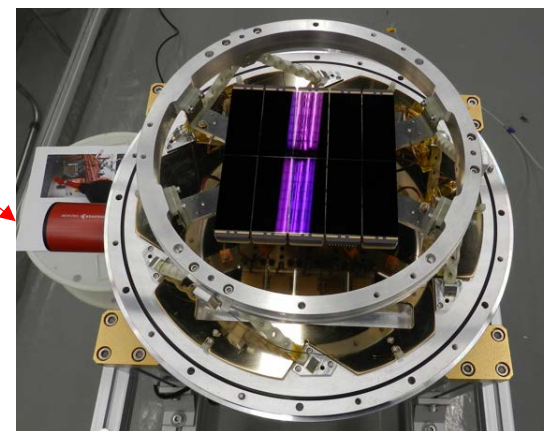
# TAOS2 望遠鏡



- 1.3 meter diameter primary mirror
- Cassegrain focus
- F/4 wide field
- 2.3 square degree field onto a circle of 154 mm diameter at the focal plane

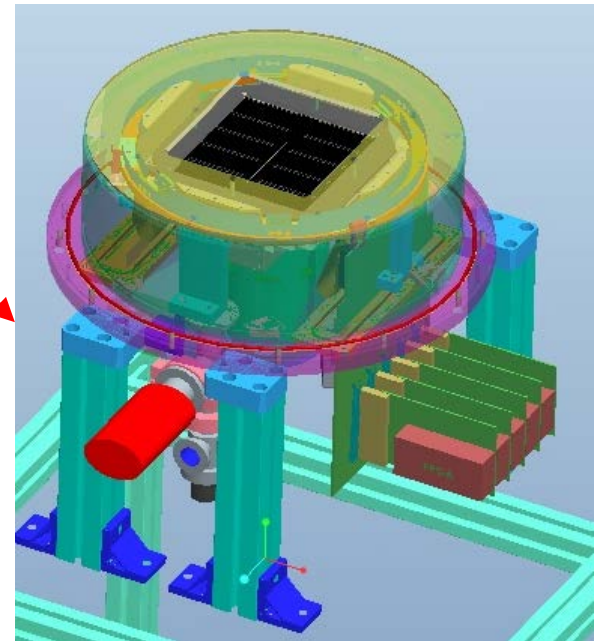
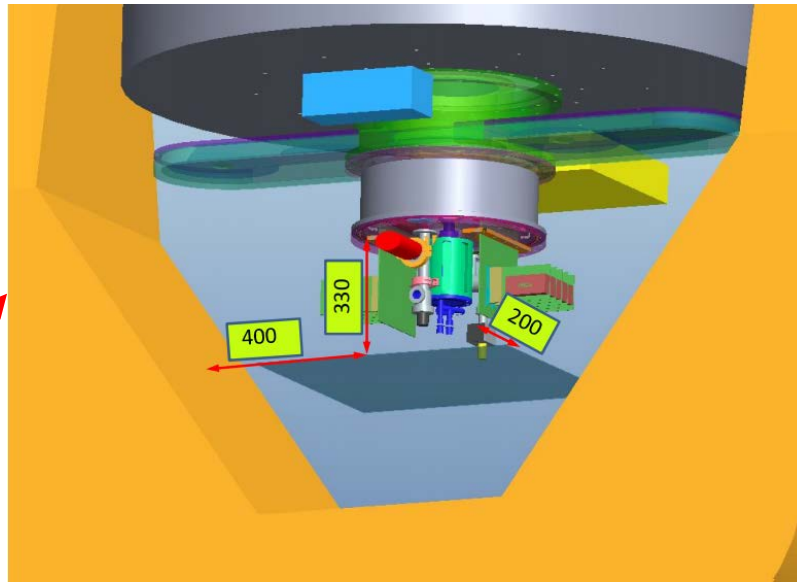


CIS113 Dimension:  
80 mm x 31 mm



需要拼裝 2x5 CIS113 感測器陣列來涵  
蓋望遠鏡 154 mm 焦平面

# TAOS2 望遠鏡：相機控制系統空間限制

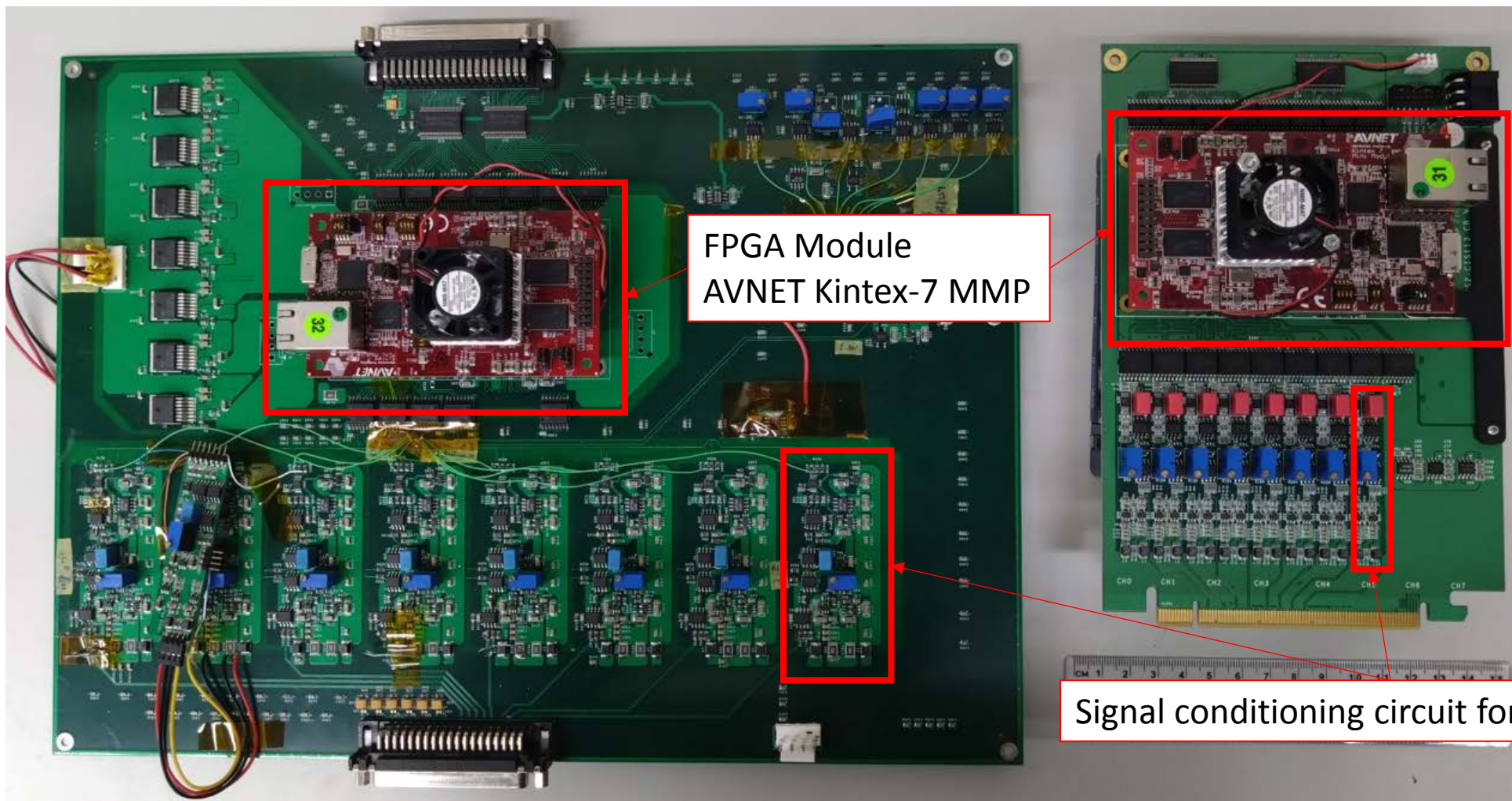




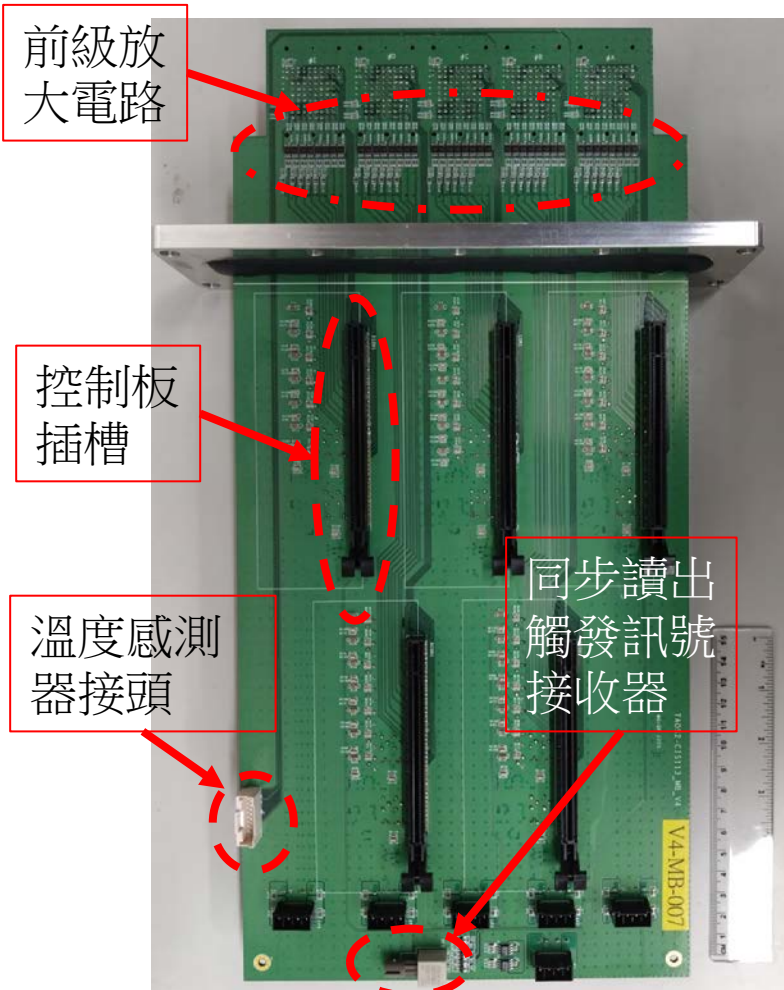
# TAOS2 相機電路板：CIS113 控制板

Control Board (version 2; 4 Layers PCB)

Control Board (Version 4; 8 Layers PCB)



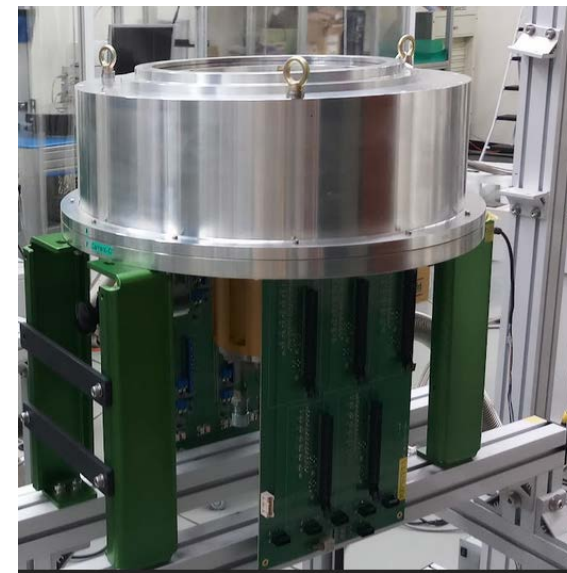
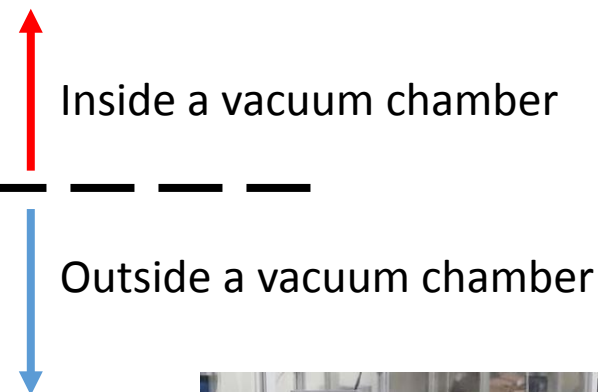
# TAOS2 相機電路板：主板 & 軟排線 (1)



主板正面 (8 Layers)

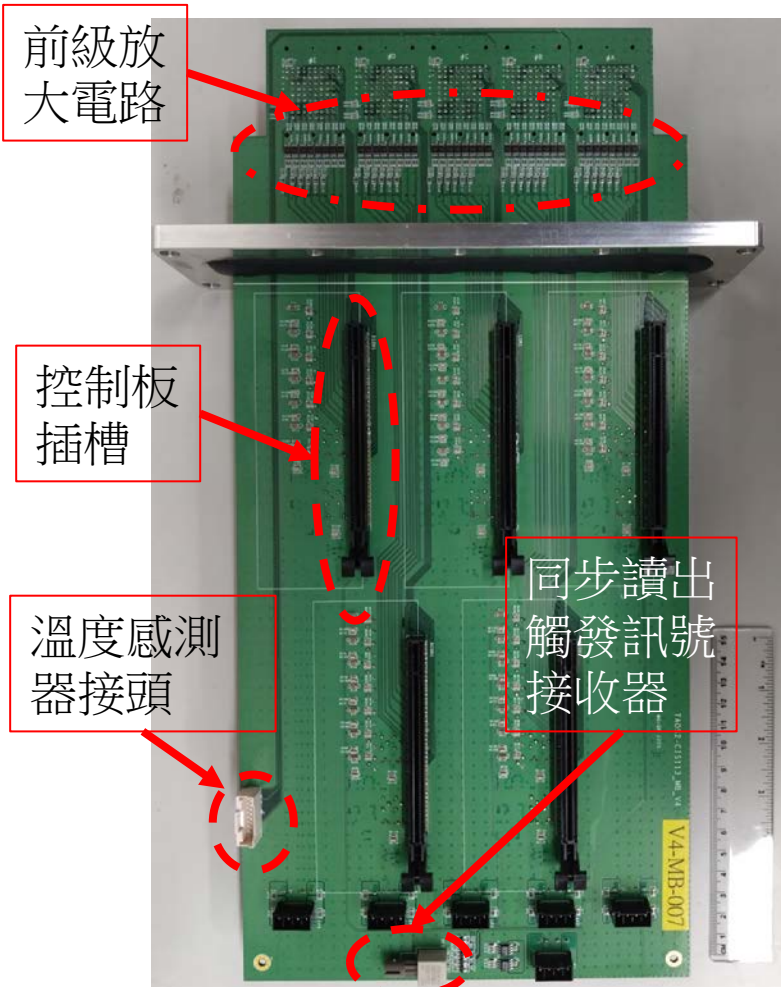


主板背面 (8 Layers)

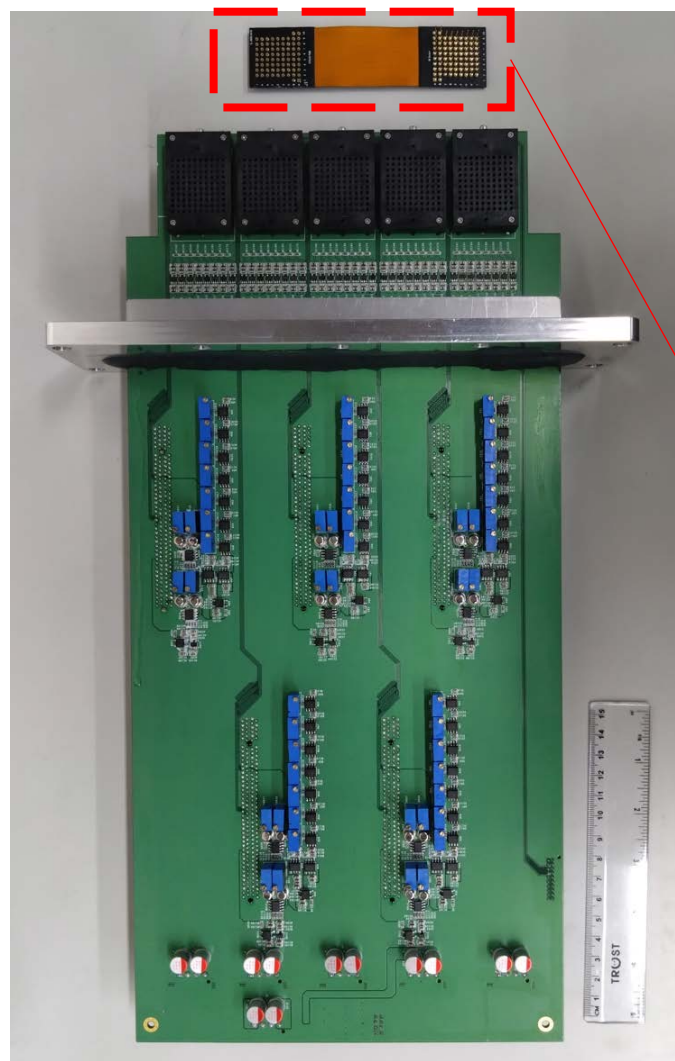




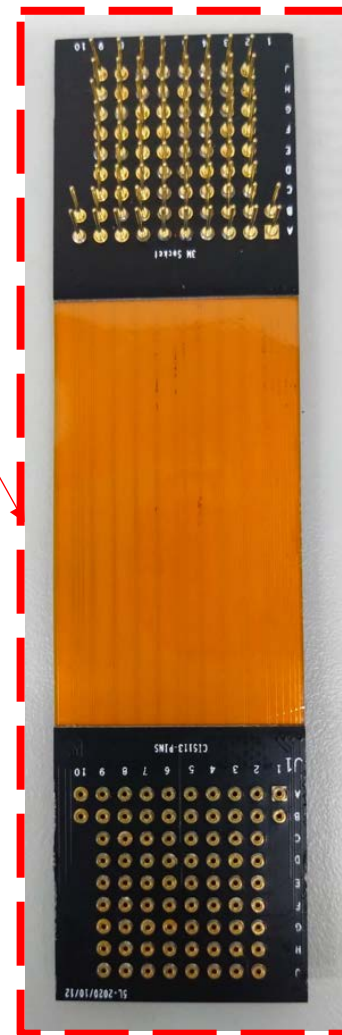
# TAOS2 相機電路板：主板 & 軟排線 (2)



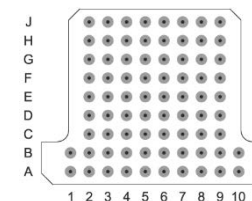
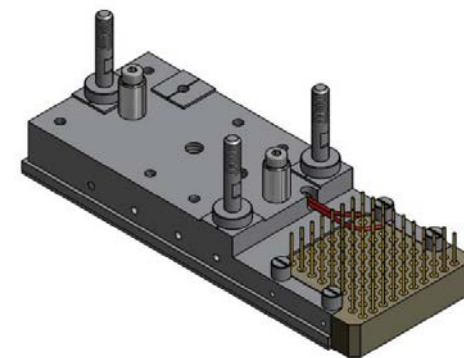
主板正面 (8 Layers)



主板背面 (8 Layers)

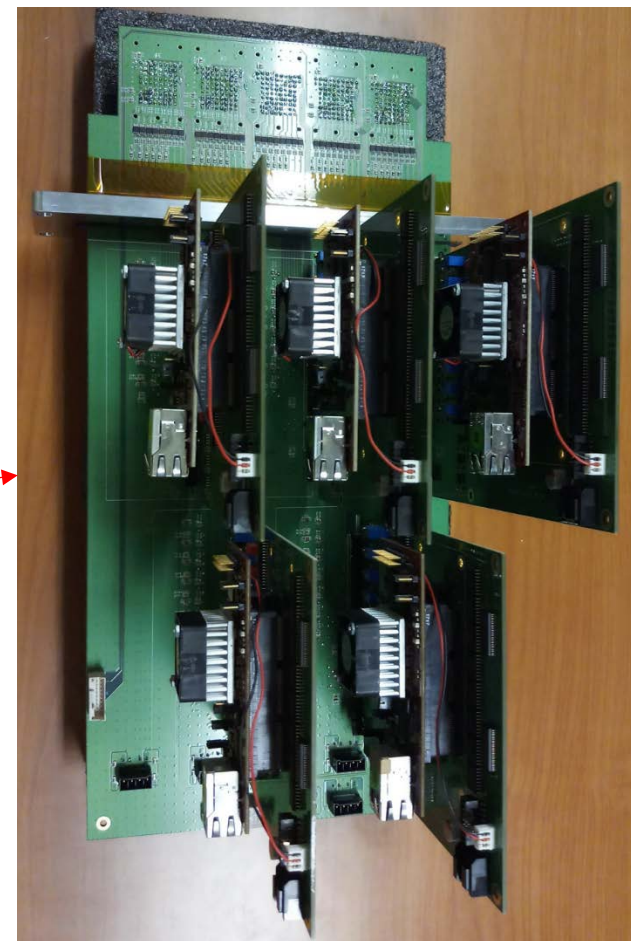
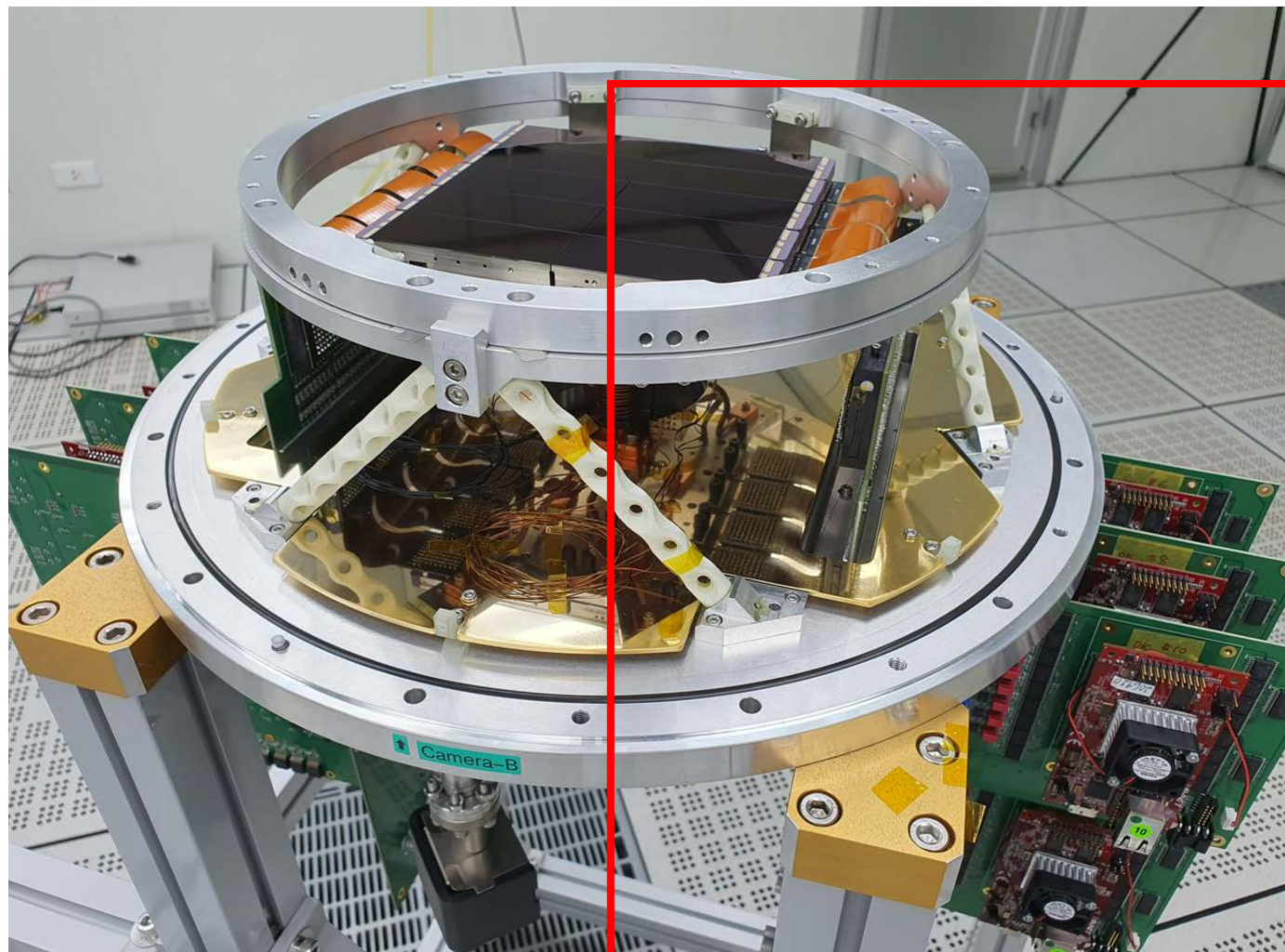


軟排線 (6 Layers)

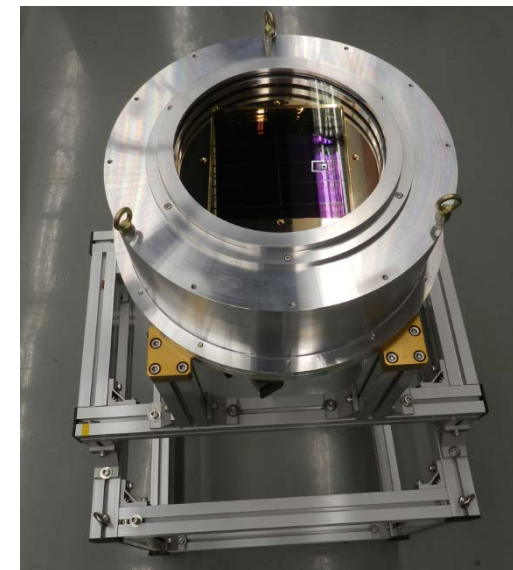


76 pins

# TAOS2 相機感測控制系統總成

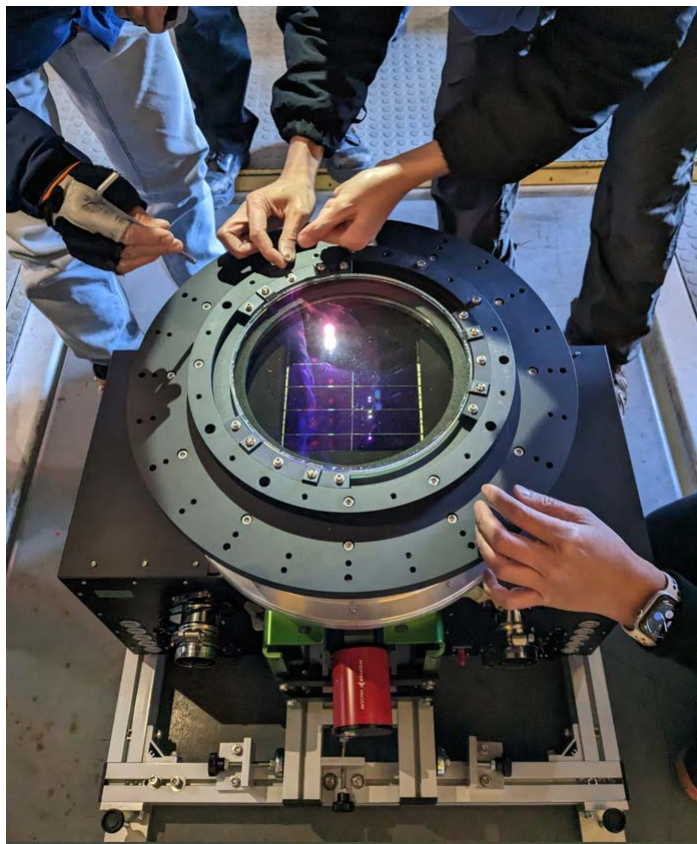


# TAOS2 相機





# TAOS2 相機安裝 @ OAN-SPM (1)

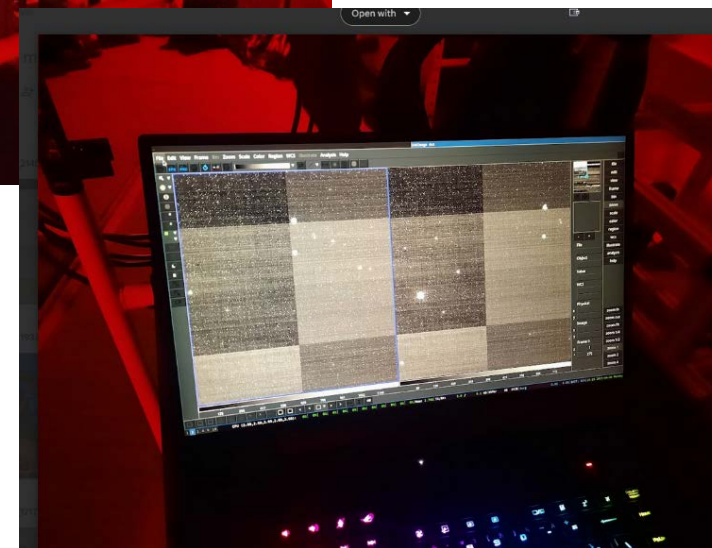
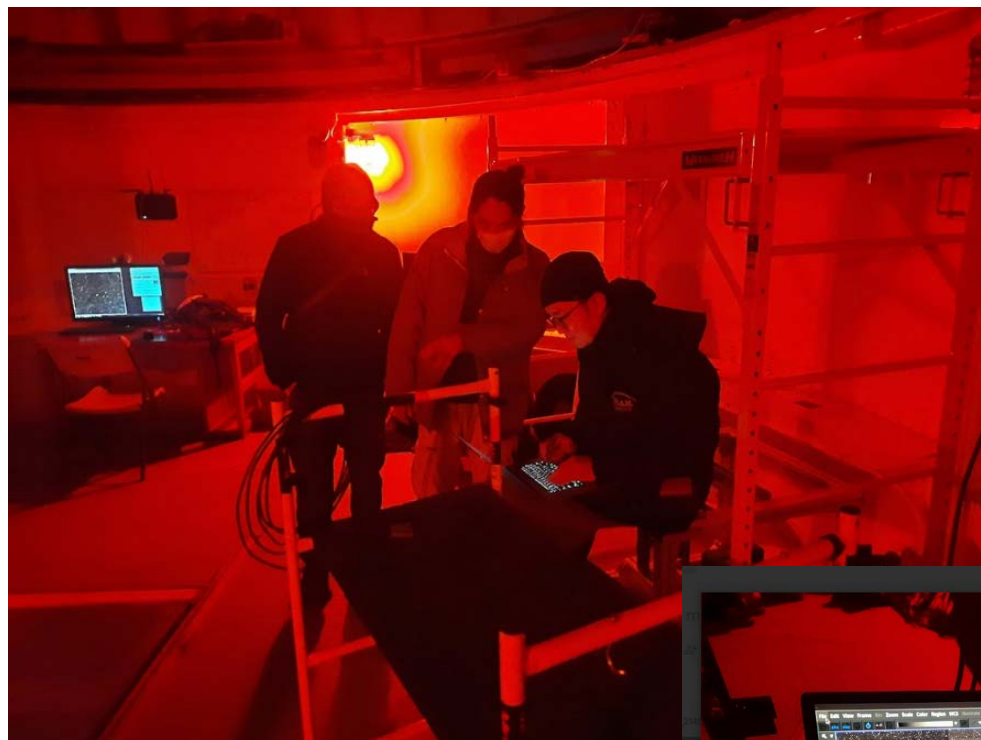
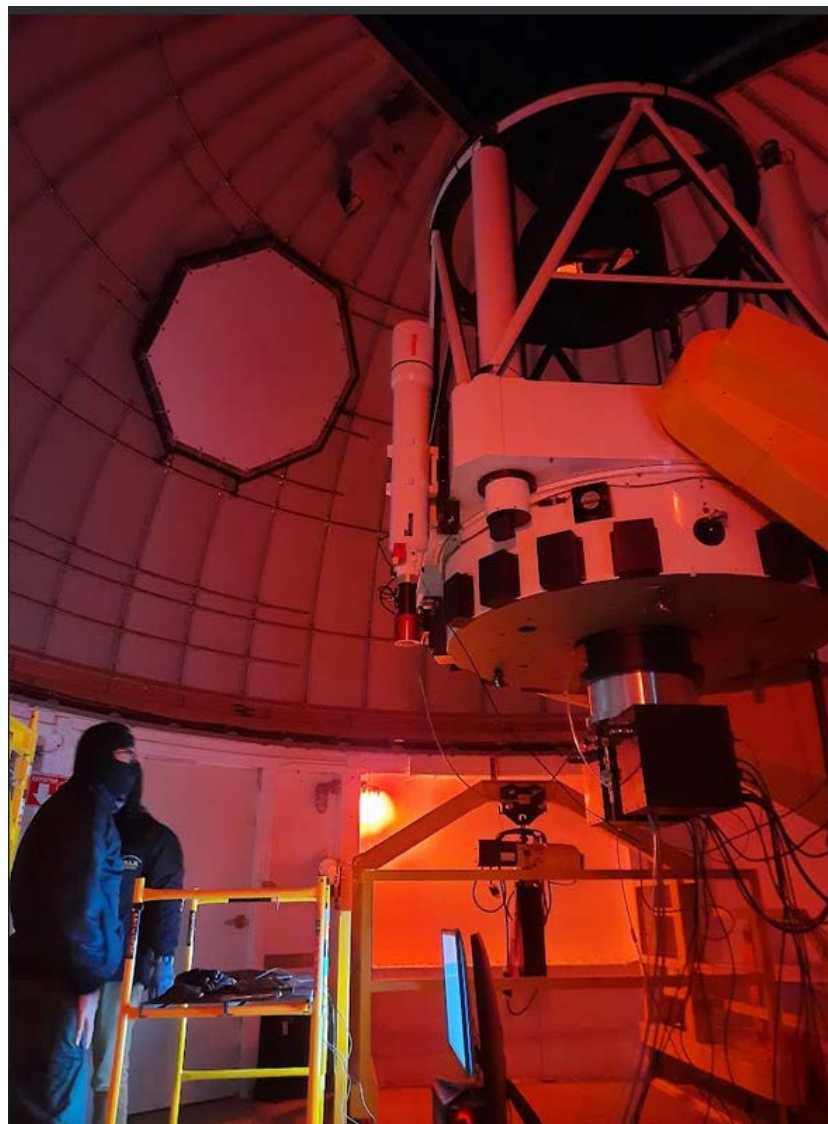




# TAOS2 相機安裝 @ OAN-SPM (2)



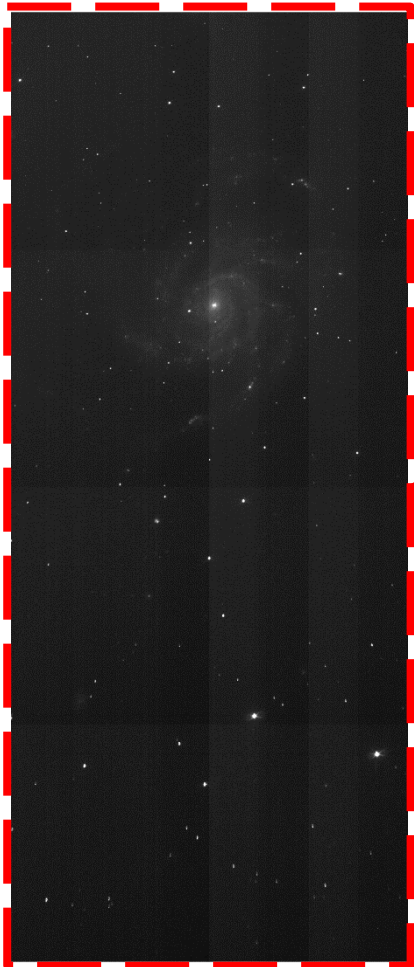
# 全幅影像試拍測試



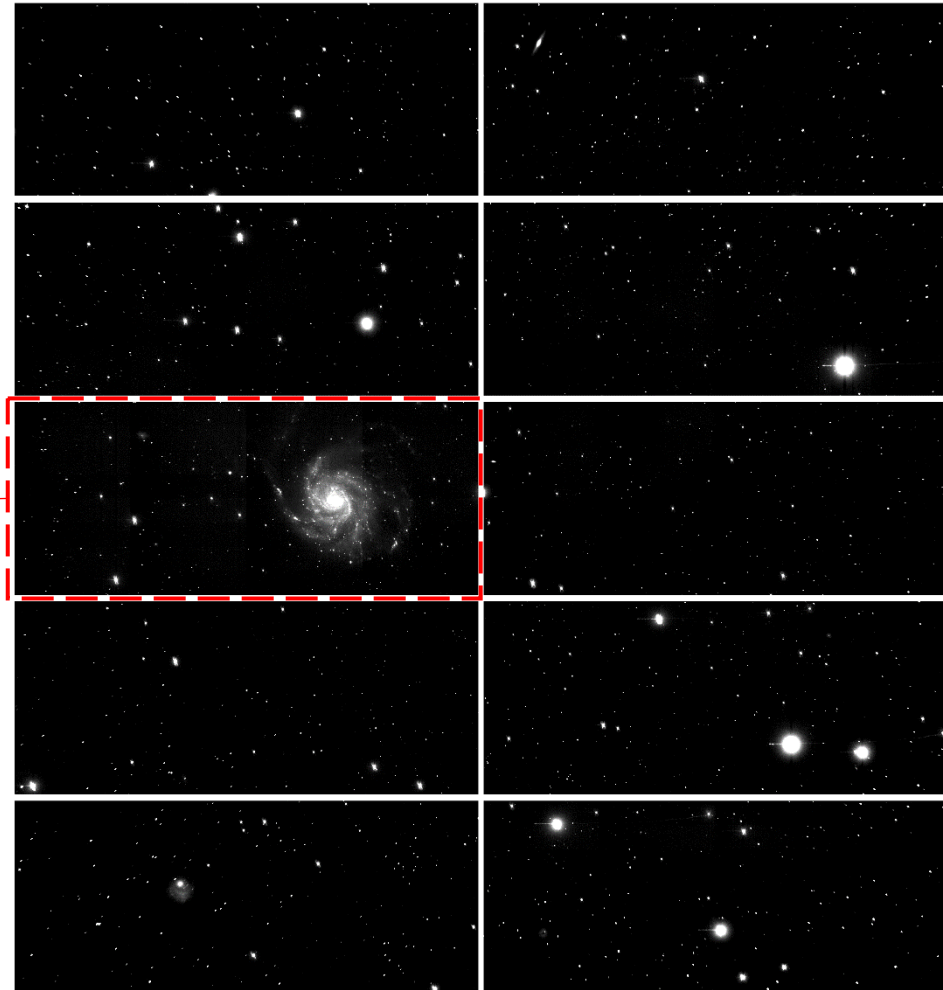


# 全幅影像測試：M101 @ Site #2

Raw Image of Single CIS113



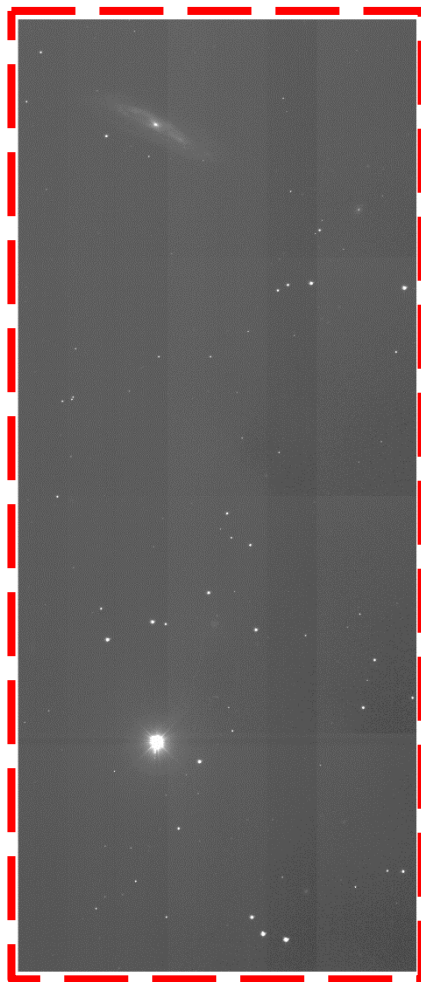
Dark Subtracted Images (10x CIS113)



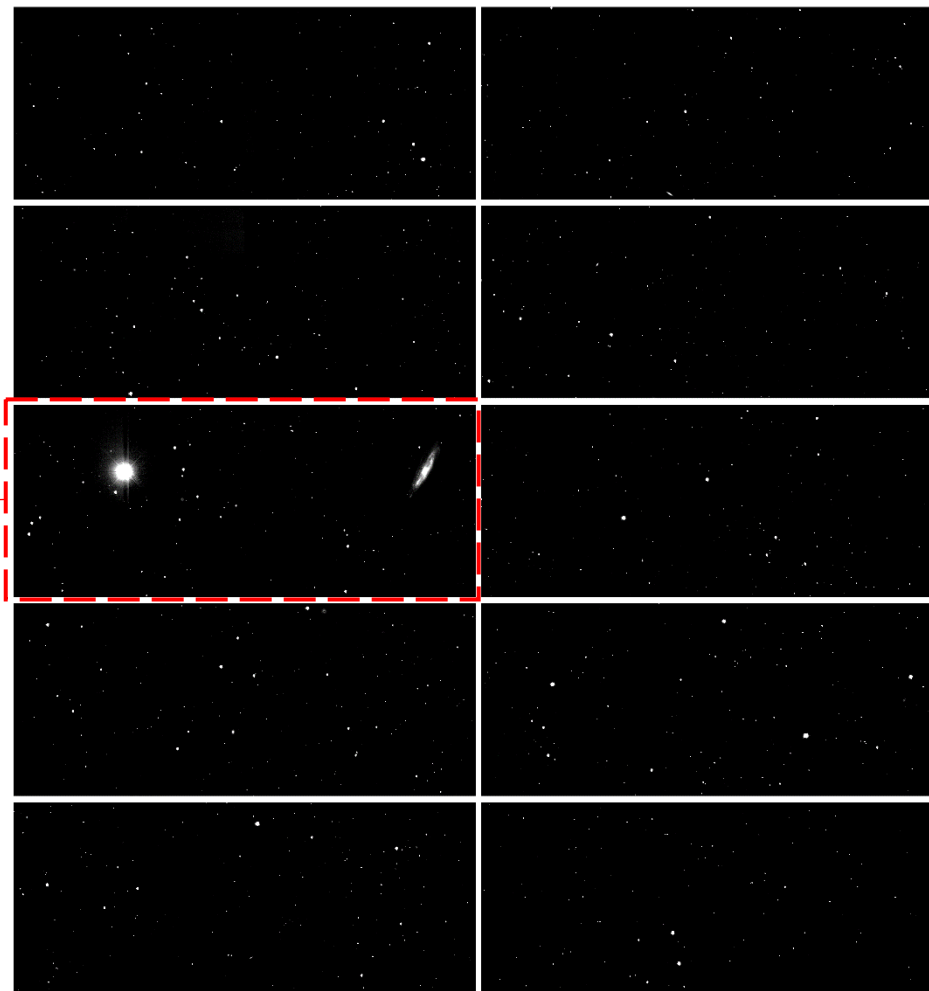


# 全幅影像測試：M98 @ Site #3

Raw Image of Single CIS113



Dark Subtracted Images (10x CIS113)





# TAOS2 觀測資料通訊架構





# Summary

- 三台 TAOS2 相機於 2023/03 運送至墨西哥國家天文臺，並於 2023/04 完成於 TAOS2 望遠鏡的試安裝與初步影像擷取測試。
- 目前進行中的工作：
  - 修復相機 #1 冷媒汙染問題。
  - 除錯在運行 Sub-window 模式出現的時序讀出問題。
  - 開發運行在 FPGA module 的嵌入式 Linux OS 來取代現在的 bare metal OS，以獲得穩定與足夠的資料傳輸率。
  - 開發科學用控制軟體 (multiple CIS113 controlling) 取代目前測試用的工程版軟體 (single CIS113 controlling)。
  - 調整與維護望遠鏡光學系統。



END